

Jurnal KULTIVASI

Amalia, A.C. · S. Mubarak · A. Nuraini Respons anggrek dendrobium terhadap perbedaan naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh	127-134
Karamina, H. · E. Indawan · F.I.K. Agustina Efektivitas perbedaan konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan planlet pisang cavendish dengan teknik <i>Thin Cells Layer</i>	135-140
Umiyati, U. · D. Kurniadie · S. Rahmawati The effect of weed control methods on weed growth in lowland rice cultivation under different cropping systems	141-151
Anjarsari, I.R.D. Rekayasa budidaya dan penanganan pascapanen untuk meningkatkan kualitas teh Indonesia sebagai minuman fungsional kaya antioksidan	152-158
Widarawati, R. · T.A.D. Haryanto · R.F. Rahayuniati Respon perkecambahan biji aren terhadap larutan pupuk organik cair dan waktu perendaman	159-165
Nuraini, A. · E. Aprilia · Murgayanti · A.P. Wulandari Pengaruh konsentrasi <i>Benzylaminopurine</i> terhadap pertumbuhan eksplan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo secara <i>in vitro</i>	166-172
Putra, S. · Y. Ferry · R. Harni Pengendalian penyakit busuk buah kakao menggunakan <i>Trichoderma viride</i> dan pupuk Kalium	173-180
Yuniarti, A.R. · E. Rokhminarsih · Purwanto Uji kemampuan bakteri diazotrof asal perakaran bawang merah dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah	181-189
Syarifain, R.I. · M.R. Rashaun · E.D. Anggrainy · T. Simarmata Formulasi pembawa rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat, serta aplikasinya di pembibitan kelapa sawit yang diberi komposisi dan dosis amelioran yang berbeda	190-201
Asrijal · A. Upe Pengaruh dosis pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung terhadap koefisien sidik lintas karakter komponen hasil bawang merah varietas Bima	202-211
Amien, S. · Q. Aini · N. Wicaksana Effect of paclobutrazol on growth and root morphology of 12 crossed stevia <i>in vitro</i>	212-222
Putri, E.A.D. · H.A.M. Fajri · F. Iswari · F.A. Muhammad · R. Fauziah · R. Budiarto The impact of color of artificial LED lighting on microgreen: a review	223-230
Yuwariah, Y. · D. N. Putri · D. Ruswandi · F.Y. Wicaksono, D. Esperanza Karakter agronomi beberapa jagung hibrida Padjadjaran dan hubungannya dengan hasil di dataran medium	231-238
Fauziah, A.A. · N. Setiari · E. Saptiningsih Analysis effect of shade level on the physiological and anatomical characteristics of hybrid <i>Phalaenopsis</i> orchid at the acclimatization stage	239-242

JURNAL *KULTIVASI*

Volume 21 Nomor 2 Agustus 2022

ISSN: 1412-4718, eISSN: 2581-138x

PENASIHAT/ ADVISOR

Ketua Peragi Komda Jawa Barat
Dekan Fakultas Pertanian

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Departemen Budidaya Pertanian
Universitas Padjadjaran
Jajang Sauman Hamdani

DEWAN REDAKSI/ EDITORIAL BOARD

Ketua/Editor in Chief

Tati Nurmala

Editor

Tati Nurmala, Fiky Yulianto Wicaksono, Muhamad Kadapi,
Yudithia Maxiselly, Kusumiyati, Ruminta (Unpad)
Trias Sitaresmi (BB Padi)
Asep Hidayat (ITB)
Rosi Widarawati (Unsoed)

Reviewer

Yuyun Yuwariah, Anne Nuraini, Mira Ariyanti, Sumadi,
Suseno Amien, Mochamad Arief Soleh, Wawan Sutari,
Rahmat Budiarto, Santi Rosniawaty, Erni Suminar (Unpad)
Karlina Syahrudin (Balitser)
Hidayati Karamina (Unitri)
Estria Furry Pramudyawardani (BB Padi)
Figriah (Politani Samarinda)
Liberty Chaidir (UIN Sunan Gunung Djati)
Memet Hakim (Peragi Komda Jabar)
RA Diana (Universitas Lampung)
Rawee (Prince of Songkla University)
Sulassih (IPB University)
Vira Irmasari (Politeknik Citra Widya Edukasi)

Proofreading Editor

Rahmat Budiarto

STAF TEKNIS (TECHNICAL STAFF)

Deden Junjuran
Sugeng Praptono

DIKELOLA OLEH/ MANAGED BY :

Departemen Budidaya Pertanian Faperta Unpad
dan Peragi Komda Jabar

DITERBITKAN OLEH/ PUBLISHED BY :

Unpad Press

Terbit Tiga Kali Setahun
Setiap Bulan April, Agustus, dan Desember

ALAMAT REDAKSI & PENERBIT/ EDITORIAL & PUBLISHER'S ADDRESS

Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Gedung Budidaya Pertanian Lt. 3
Jl. Raya Jatinangor Km 21
Ujungberung Bandung - 40600
Telp. (022) 7796320
Website : jurnal.unpad.ac.id/kultivasi
Email: jurnal.kultivasi@unpad.ac.id

PENGANTAR REDAKSI

Menyambung nomor sebelumnya, nomor ini memuat beberapa artikel menarik mengenai penelitian-penelitian di bidang budidaya tanaman, juga terdapat artikel ulasan mengenai peningkatan antioksidan dalam teh serta budidaya *microgreen* dalam ruangan tertutup. Nomor ini juga memuat artikel dalam bahasa Inggris yang lebih banyak daripada nomor sebelumnya, sebagai upaya kami untuk menembus indeksasi internasional bereputasi. Tak henti-hentinya kami mengucapkan terimakasih pada para penulis, editor, juga reviewer yang telah bekerja keras untuk menyajikan artikel yang berkualitas dan terbit tepat waktu. Dukung terus kami dengan berpartisipasi memajukan jurnal ini, baik sebagai penulis, editor, reviewer, maupun pembaca.

Bandung, 15 Agustus 2022

Tim editor

PETUNJUK PENULISAN NASKAH UNTUK JURNAL KULTIVASI

Penulisan menggunakan struktur sebagai berikut:

Judul

Judul tidak boleh lebih dari 20 kata. Judul ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris

Abstract

Artikel harus memuat abstract yang dituliskan dalam bahasa Inggris dengan format tulisan sebagai berikut, huruf Book Antiqua 10 point dan 25 mm margin kanan dan kiri. Abstract merupakan paragraf tunggal dan bukan merupakan bagian dari teks utama. Isi Abstract diharuskan memuat dasar pemikiran, bahan, metoda dan informasi yang penting dari hasil penelitian dengan tanpa menyertakan nomor table, gambar dan atau formula-formula matematika yang bukan hasil dari penelitian. Selain itu, diupayakan untuk membuat kesimpulan utama sehingga manfaat dari penelitian dapat dimunculkan pada abstract ini. Saran-saran pun dapat dimuat dalam abstract namun harus mempertimbangkan jumlah kata yang tidak boleh melebihi dari 250 kata.

Keywords: kata kunci(1), kata kunci(2), kata kunci(3), kata kunci(n). Maksimum 5 kata kunci, dituliskan dalam bahasa Inggris

Sari. Artikel harus memuat sari yang dituliskan dalam bahasa Indonesia dengan format tulisan seperti pada abstract. Isi sari memuat informasi yang sama dengan abstract.

Kata kunci: kata kunci(1), kata kunci(2), kata kunci(3), kata kunci(n). Maksimum 5 kata kunci, dituliskan dalam bahasa Indonesia

Pendahuluan

Format tulisan menggunakan huruf Book Antiqua ukuran 10 point, spasi tunggal dan format paragraf menggunakan rata kiri dan kanan (*justified*). Bagian pendahuluan memuat latar belakang, tujuan dan maksud penelitian, serta hipotesis yang dibangun. Penulis dapat menuliskan dan mendeskripsikan telaahan tulisan-tulisan terkini yang menjadi dasar pemikiran penelitiannya, sehingga kontribusi penelitiannya dapat terungkap dengan metoda pilihan peneliti pada latar

belakang. Tujuan dan maksud penelitian harus dibahas dengan jelas. Penyusunan hipotesis harus sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti

Bahan dan Metode

Bahan dan Metode diperlukan dalam penulisan manuskrip hasil riset. Format tulisan menggunakan huruf Book Antiqua ukuran 10 point, spasi tunggal dan format paragraf menggunakan rata kiri dan kanan (*justified*). Penulisan persamaan atau formula matematika disarankan menggunakan Microsoft Equation yang tersedia pada Microsoft Word.

Bahan dan Metode berisi penjelasan mengenai bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan, waktu, tempat, teknik dan rancangan percobaan serta analisis statistika. Bahan penelitian dituliskan secara singkat yang hanya memuat bahan utama dari penelitian, sedangkan metoda penelitian dapat ditulis lebih terperinci. Jika metode yang digunakan sudah diketahui sebelumnya maka pustakanya harus dicantumkan.

Hasil dan Pembahasan

Format tulisan menggunakan huruf Book Antiqua ukuran 10 point, spasi tunggal dan format paragraf menggunakan rata kiri dan kanan (*justified*). Pembahasan merupakan tinjauan hasil penelitian secara singkat dan jelas serta merujuk pada tinjauan pustaka terkait.

Hasil dan Pembahasan untuk artikel hasil penelitian diuraikan secara singkat dibantu dengan tabel atau grafik/gambar yang informatif, sementara untuk telaahan literatur (*article review*) mengembangkan pemikiran berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya. Judul tabel atau gambar ditulis tebal (*bold*). Judul tabel ditulis sebelum tabel sementara judul gambar ditulis setelah gambar. Keterangan Tabel atau Gambar ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan huruf Book Antiqua ukuran 9 point. Keterangan dalam bahasa Inggris ditulis dengan huruf miring (*italic*). Tabel atau gambar diberi nomor dan dituliskan secara berurutan.

Sitasi menggunakan *Harvard style* dengan contoh sebagai berikut: author1, 2002; author2, 2004; author3, 2008. Referensi dengan penulis yang sama menggunakan huruf a, b, c, dengan mengurutkan sesuai tahun terbitnya.

Contoh penulisan Tabel:

Tabel 1. Pengaruh berbagai kombinasi zat retardan terhadap bobot ubi mikro yang terbentuk.

Perlakuan	Bobot Ubi Mikro (g)
A	0,033 a
B	0,021 ab
C	0,009 bc
D	0,005 c
E	0,011 bc
F	0,011 bc
G	0,013 bc
H	0,013 bc
I	0,012 bc
J	0,012 bc
K	0,011 bc
L	0,004 c

Keterangan: Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang dan pada kolom yang samamenunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Contoh pencantuman gambar:



Gambar 4. Preparasi perlakuan pada cawan petri.

Kesimpulan

Kesimpulan merupakan keputusan dari penelitian yang dilakukan dan saran tindak lanjut untuk bahan pengembangan penelitian selanjutnya. Format tulisan menggunakan huruf Book Antiqua ukuran 10 point, spasi tunggal dan format paragraf menggunakan rata kiri dan kanan (*justified*).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada sponsor ataupun pihak-pihak yang mendukung penelitian secara singkat. Format tulisan menggunakan huruf Book Antiqua ukuran 10 point, spasi tunggal dan format paragraf menggunakan rata kiri dan kanan (*justified*).

Daftar Pustaka

Minimal terdapat 10 buah referensi. Daftar Pustaka mencantumkan semua pustaka terkait berikut semua keterangan yang lazim dengan tujuan memudahkan penelusuran bagi pembaca yang mem-butuhkan. Hanya mencantumkan pustaka yang sudah diterbitkan baik berupa textbook ataupun artikel ilmiah. Menggunakan sistem penulisan nama penulis artikel yang berlaku internasional (nama belakang sebagai entri meskipun nama tersebut bukan menunjukan nama keluarga).

Format penulisan buku: Nama Belakang Pengarang, Inisial tahun terbit, Judul buku (setiap huruf awal pada kata ditulis menggunakan huruf kapital, kecuali kata sambung/kata depan; Edisi jika edisinya lebih dari satu), Tempat diterbitkan, Penerbit.

Format penulisan Artikel/Jurnal: Nama belakang pengarang, inisial Tahun Publikasi, Judul artikel (hanya huruf di awal judul yang menggunakan huruf kapital, kecuali pada nama tempat, varietas, dan orang). Nama jurnal menggunakan, Nomor volume (ditulis vol.) (nomor jurnal dalam volume): Nomor halaman

Contoh penulisan pustaka berupa buku:

Gunawan, L.W. 1995. Teknik Kultur In Vitro dalam Hortikultura. Penebar Swadaya. Jakarta.

Contoh penulisan pustaka berupa artikel jurnal:

Huang, S.Q., Bin, J.H., Li, Z.P. 2002. Effects of methyl jasmonate and ABA on the growth of root and hypocotyls of peanut seedling. J. Plant Physiol. Mol. Biol. (28): 351-356.

Hoque, M. E. 2010. In vitro tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). POJ, 3(1): 7-11.

DAFTAR ISI

Amalia, A.C. · S. Mubarak · A. Nuraini Respons anggrek dendrobium terhadap perbedaan naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh	127-134
Karamina, H. · E. Indawan · F.I.K. Agustina Efektivitas perbedaan konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan planlet pisang cavendish dengan teknik <i>Thin Cells Layer</i>	135-140
Umiyati, U. · D. Kurniadie · S. Rahmawati The effect of weed control methods on weed growth in lowland rice cultivation under different cropping systems	141-151
Anjarsari, I.R.D. Rekayasa budidaya dan penanganan pascapanen untuk meningkatkan kualitas teh Indonesia sebagai minuman fungsional kaya antioksidan	152-158
Widarawati, R. · T.A.D. Haryanto · R.F. Rahayuniati Respon perkecambahan biji aren terhadap larutan pupuk organik cair dan waktu perendaman	159-165
Nuraini, A. · E. Aprilia · Murgayanti · A.P. Wulandari Pengaruh konsentrasi <i>Benzylaminopurine</i> terhadap pertumbuhan eksplan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo secara <i>in vitro</i>	166-172
Putra, S. · Y. Ferry · R. Harni Pengendalian penyakit busuk buah kakao menggunakan <i>Trichoderma viride</i> dan pupuk Kalium	173-180
Yuniarti, A.R. · E. Rokhminarsih · Purwanto Uji kemampuan bakteri diazotrof asal perakaran bawang merah dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah	181-189
Syarifain, R.I. · M.R. Rashaun · E.D. Anggrainy · T. Simarmata Formulasi pembawa rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat, serta aplikasinya di pembibitan kelapa sawit yang diberi komposisi dan dosis amelioran yang berbeda	190-201
Asrijal · A. Upe Pengaruh dosis pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung terhadap koefisien sidik lintas karakter komponen hasil bawang merah varietas Bima	202-211
Amien, S. · Q. Aini · N. Wicaksana Effect of paclobutrazol on growth and root morphology of 12 crossed stevia <i>in vitro</i>	212-222
Putri, E.A.D. · H.A.M. Fajri · F. Iswari · F.A. Muhammad · R. Fauziah · R. Budiarto The impact of color of artificial LED lighting on microgreen: a review	223-230
Yuwariah, Y. · D. N. Putri · D. Ruswandi · F.Y. Wicaksono, D. Esperanza Karakter agronomi beberapa jagung hibrida Padjadjaran dan hubungannya dengan hasil di dataran medium	231-238
Fauziah, A.A. · N. Setiari · E. Saptiningsih Analysis effect of shade level on the physiological and anatomical characteristics of hybrid <i>Phalaenopsis</i> orchid at the acclimatization stage	239-242

Amalia, A.C. · S. Mubarak · A. Nuraini

Respons anggrek dendrobium terhadap perbedaan naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh

Sari. Tanaman anggrek banyak digemari oleh masyarakat karena keanekaragamannya. Jenis anggrek yang paling populer adalah *Dendrobium sp.* Namun pertumbuhan tanaman anggrek cenderung lambat karena masa juvenil yang lama dan proses fotosintesis yang rendah. Oleh karena itu, upaya percepatan proses pertumbuhan sangat diperlukan. Salah satunya adalah aplikasi naungan dan zat pengatur tumbuh (ZPT). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persentase naungan dan jenis ZPT terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan *Dendrobium*. Percobaan dilaksanakan pada bulan Oktober 2020 hingga Januari 2021 di Screenhouse, Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat. Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok, terdiri dari sepuluh taraf perlakuan kombinasi antara naungan dan ZPT, yaitu A = naungan 70%, tanpa ZPT; B = naungan 70% + IAA 90 ppm; C = naungan 70% + thidiazuron (TDZ) 50 ppm, D = naungan 70% + GA₃ 150 ppm; E = naungan 70% + Paclobutrazol 100 ppm; F = naungan 30%, tanpa ZPT; G = naungan 30% + IAA 90 ppm; H = naungan 30% + TDZ 50 ppm; I = naungan 30% + GA₃ 150 ppm, dan J = naungan 30% + Paclobutrazol 100 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan naungan 70% dapat meningkatkan beberapa komponen pertumbuhan *Dendrobium*, antara lain tinggi tanaman, jumlah *pseudobulb*, lebar daun, panjang daun, dan kandungan klorofil. Aplikasi TDZ juga berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah *pseudobulb*, dan kandungan klorofil *Dendrobium sp.*

Kata kunci: Anggrek *Dendrobium* · GA₃ paklobutrazol · IAA · Naungan · Thidiazuron · Zat pengatur tumbuh

Response of dendrobium orchids to difference shades and plant growth regulator applications

Abstract. Orchid plants are widely popular by society because of its rich diversity. The most popular type of orchid is *Dendrobium*. However, the growth of orchid plants tend to be slow because of a long juvenile period and a low photosynthesis process. Therefore, the efforts to accelerate the growth process is needed. One of them is the application of shade and plant growth regulator (PGR). This research aimed to obtain the best percentage of shade and types of PGR to increase *Dendrobium* growth. Experiment was carried out from October 2020 until Januari 2021 at Screenhouse, Experimental Station, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang, West Java. Experiment was arranged in Randomized Block Design, consisted of ten levels of combination treatments between shade and PGR, namely A = shading 70%, no PGR; B = shading 70% + IAA 90 ppm; C = shading 70% + thidiazuron (TDZ) 50 ppm, D = shading 70% + GA₃ 150 ppm; E = shading 70% + Paclobutrazol 100 ppm; F = shading 30%, no PGR; G = shading 30% + IAA 90 ppm; H = shading 30% + TDZ 50 ppm; I = shading 30% + GA₃ 150 ppm, and J = shading 30% + Paclobutrazol 100 ppm. The result showed that the use of 70% shade could increase several growth components of *Dendrobium*, including plant height, number of pseudobulb, leaf width, leaf length, and chlorophyll content. The TDZ application also had a significant effect on the number of leaves, number of pseudobulb, and chlorophyll content of *Dendrobium sp.*

Keywords: *Dendrobium* orchid · GA₃ Paclobutrazol · IAA · Plant growth regulator · Shade · Thidiazuron

Diterima : 6 Agustus 2021, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.35029>

Amalia, A.C.¹ · S. Mubarak² · A. Nuraini²

¹ Prodi Magister Agronomi, Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

² Departement Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor West Java 45363

Korespondensi: syariful.mubarak@unpad.ac.id

Pendahuluan

Tanaman hias merupakan tanaman hortikultura non pangan yang memiliki nilai estetika yang tinggi dan memberikan daya tarik tersendiri untuk orang yang melihatnya. Menurut Lakamisi (2010), tanaman hias memiliki nilai ekonomi sehingga banyak digunakan sebagai penghias ruangan baik di dalam maupun di luar ruangan. Tanaman hias saat ini banyak disukai oleh semua kalangan masyarakat dengan kebutuhan yang berbeda-beda. Salah satu tanaman hias yang banyak digemari dari masa ke masa oleh masyarakat, yaitu tanaman anggrek, karena memiliki ragam jenis dan nilai ekonomi yang cukup tinggi.

Tanaman anggrek merupakan tumbuhan berbunga yang memiliki jenis terbanyak dan tersebar di seluruh belahan dunia baik tropis maupun subtropis. Tanaman ini memiliki spesies yang begitu banyak, lebih dari 26.000 spesies tersebar di seluruh dunia dan 6.000 spesies di antaranya berada di hutan-hutan Indonesia (Fandani *et al.*, 2018). Tanaman anggrek di Indonesia tersebar luas dari pulau Sumatera hingga Papua. Jenis anggrek terbanyak berada di Pulau Kalimantan dan Papua, yaitu sekitar 2.500-3.000 spesies (Siregar, *et al.* 2005).

Anggrek *Dendrobium* merupakan anggrek yang paling populer di kalangan masyarakat. Anggrek ini lebih banyak dijadikan tanaman hias bunga potong. Menurut Kementerian Pertanian (2007), jenis anggrek yang paling banyak digemari oleh masyarakat adalah jenis *Dendrobium* sekitar 34%, diikuti dengan *Oncidium Golden Shower* sekitar 26%, *Cattleya* sekitar 20%, *Vanda* sekitar 17%, serta anggrek lainnya 3%. Anggrek *Dendrobium* dimanfaatkan untuk rangkaian bunga karena selain memiliki warna dan bentuk yang beragam, anggrek ini juga memiliki tangkai bunga yang lentur sehingga mudah untuk dirangkai. Kelebihan lain dari anggrek *Dendrobium* adalah memiliki masa kesegaran yang relatif lama dan produktivitasnya yang tinggi (Widiastoety *et al.*, 2010).

Anggrek termasuk tanaman yang memiliki kelangsungan hidup yang cukup lama, sehingga dapat dikaitkan dengan karakter pertumbuhannya yang cenderung lambat. Kebanyakan anggrek memiliki masa juvenil yang panjang dan laju pertumbuhan yang lambat. Selain itu, kapasitas untuk melakukan

proses fotosintesis juga terbilang rendah (Zhang *et al.*, 2018). Untuk mempercepat pertumbuhan tanaman, beberapa rekayasa budidaya perlu dilakukan, diantaranya dengan pengaturan pencahayaan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT).

Penggunaan naungan merupakan salah satu upaya yang perlu diperhatikan karena cahaya matahari merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam fotosintesis. Selain itu, karakter dari tanaman anggrek *Dendrobium* sp. ini merupakan tanaman epifit, yang optimal tumbuh pada tempat yang tidak terkena matahari penuh. Intensitas cahaya yang optimal untuk tanaman anggrek *Dendrobium* sp adalah sekitar 50% hingga 60% (Solvía, 2010). Cahaya matahari sangat penting dalam proses fotosintesis yang berdampak pada partisi fotosintat di dalamnya (Munarso *et al.*, 2019). Fotosintat ini sangat dibutuhkan pada tanaman yang masih mengalami pertumbuhan vegetatif seperti tanaman anggrek.

Pemanfaatan ZPT dalam budidaya tanaman adalah upaya yang paling sering dilakukan untuk mengatur pertumbuhan suatu tanaman. ZPT adalah senyawa organik bukan nutrisi yang dapat memodifikasi proses fisiologis pada tanaman (Harms and Oplinger, 2019). Pemberian ZPT biasanya dalam konsentrasi sangat rendah, yang dapat menghambat enzim atau sistem kerja enzim spesifik dan membantu mengatur proses metabolisme pada tanaman. Tanaman anggrek dalam melangsungkan proses pertumbuhannya memerlukan peranan ZPT untuk membantu proses pertumbuhan menjadi lebih cepat.

Penelitian pada tanaman anggrek dengan kombinasi perlakuan pengaturan pencahayaan dan pemberian ZPT ini masih terbilang jarang dilakukan, namun, ada beberapa penelitian yang hanya meneliti dari unsur pencahayaannya saja atau dari aplikasi ZPT-nya saja. Seperti pada penelitian Hidayah *et al.* (2019) pemberian naungan 70% berpengaruh nyata lebih tinggi terhadap pertambahan tinggi tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Penelitian ini menggunakan anggrek *Dendrobium* yang berasal dari Malang dengan umur 1 tahun setelah aklimatisasi (fase pra remaja). Persentase naungan untuk mengatur intensitas pencahayaan yang digunakan, yaitu 30% dan 70%, sedangkan aplikasi ZPT menggunakan auksin (IAA), sitokinin (TDZ), giberelin (GA₃), dan paklobutrazol.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan pada *screen house* yang bertempat di Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, yang memiliki ketinggian tempat 730 meter di atas permukaan laut (m dpl). Waktu percobaan dilaksanakan dari bulan Oktober 2020 sampai dengan bulan Januari 2021.

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan antara lain: tanaman anggrek *Dendrobium* sp. yang berumur 1 tahun setelah aklimatisasi (fase pra remaja); paranet dengan persentase 30% dan 70%; zat pengatur tumbuh (ZPT) IAA 90 ppm, TDZ 50 ppm, GA₃ 150 ppm, dan paklobutrazol 100 ppm; media tanam berupa arang kayu, batang pakis, dan sabut kelapa; pupuk *Growmore* 20:20:20.

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan, antara lain: penggaris atau meteran, *termohyrometer*, kertas label, *handsprayer* pot plastik, alat dokumentasi, serta alat tulis.

Rancangan percobaan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), terdiri atas sepuluh taraf kombinasi perlakuan naungan dan aplikasi ZPT. Adapun susunan tarafnya adalah sebagai berikut: A = Naungan 70%, tanpa ZPT, B = Naungan 70% + IAA 90 ppm, C = Naungan 70% + TDZ 50 ppm, D = Naungan 70% + GA₃, E = Naungan 70% + Paklobutrazol 100 ppm, F = Naungan 30%, tanpa ZPT, G = Naungan 30% + IAA 90 ppm, H = Naungan 30% + TDZ 50 ppm, I = Naungan 30% + GA₃, dan J = Naungan 30% + Paklobutrazol 100 ppm. Terdapat 10 perlakuan yang dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, sehingga diperoleh 30 satuan unit percobaan, dengan masing-masing percobaan terdiri atas tiga unit tanaman. Total tanaman dalam penelitian ini sebanyak 60 tanaman. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan Uji Jarak Berganda *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf nyata 5% (Gomez dan Gomez, 1995).

Hasil dan Pembahasan

Waktu Munculnya Bunga. Parameter pengamatan waktu munculnya bunga ini bukan termasuk dalam pengamatan utama, melainkan pengamatan penunjang yang dilakukan pada

akhir pengamatan, yaitu pada 10 minggu setelah perlakuan. Kemunculan bunganya pun masih berupa tandan bakal bunga, belum sampai bunga mekar sempurna. Satu-satunya tandan bunga yang tumbuh, yaitu pada perlakuan pemberian naungan 70% dan aplikasi ZPT thidiazuron (Gambar 1).



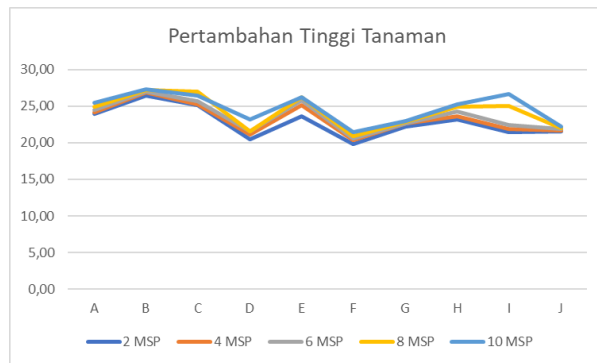
Gambar 1. Kemunculan Tandan Bakal Bunga pada Tanaman Anggrek

Anggrek merupakan tanaman yang memiliki tipe fotoperiodisme berhari pendek (*short day plant*). Tanaman anggrek dapat berbunga jika mendapatkan fotoperiode yang lebih rendah daripada fotoperiode kritisnya (Sutoyo, 2011). Fotoperiode ini tentunya bergantung pada panjang periode gelapnya. Dengan kata lain, tanaman anggrek lebih cepat berbunga jika hanya mendapatkan pencahayaan yang singkat atau dalam kondisi gelap.

Hormon TDZ selain dapat menginduksi beberapa variabel pertumbuhan tanaman juga dapat menginduksi kuncup bunga tanaman anggrek. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zhang *et al.* (2019), bahwa sitokinin jenis TDZ dapat meningkatkan laju pembungaan anggrek *Dendrobium wardianum* dengan membentuk kuncup bunga sebesar 84,3% dibandingkan kontrol yang tidak menghasilkan pembungaan.

Pertambahan Tinggi Tanaman.

Berdasarkan hasil analisis statistik, terdapat pengaruh yang nyata antara pemberian naungan dan aplikasi ZPT terhadap tinggi tanaman anggrek. Pengaruh naungan dan aplikasi ZPT pada pertambahan tinggi tanaman anggrek *Dendrobium* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertambahan tinggi tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Perlakuan naungan dan aplikasi ZPT memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman anggrek dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan pemberian naungan 70% dan aplikasi IAA (B) menunjukkan pertambahan tinggi tanaman yang paling nyata, yaitu 27,17 cm pada umur tanaman 8 MSP. Pertumbuhan tanaman yang baik bergantung pada aktivitas fotosintesis yang terjadi di dalamnya. Intensitas cahaya termasuk komponen utama dari fotosintesis yang dapat menentukan suatu tanaman mengalami produktivitas yang tinggi (Anni *et al.*, 2013).

Kondisi cahaya yang rendah memaksimalkan kerja hormon auksin dalam pemanjangan sel pada tanaman. Pertumbuhan batang akan terhambat oleh adanya cahaya, sehingga pada keadaan cahaya yang lebih rendah batang lebih cepat memanjang (Ningsih, 2019). Pada kondisi cahaya yang normal hormon auksin tersebar secara merata ke seluruh bagian tanaman. Bagian tanaman yang terkena cahaya yang lebih teduh terjadi akumulasi hormon auksin, sehingga sel-sel tumbuhan pada sisi tersebut semakin tumbuh lebih panjang dan membelok ke arah cahaya (Journey North, 2003).

Pertambahan Jumlah Daun. Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata pada perlakuan naungan dan aplikasi ZPT terhadap pertambahan jumlah daun tanaman anggrek *Dendrobium*. Pengaruh persentase naungan dan aplikasi ZPT pada jumlah daun tanaman anggrek *Dendrobium* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertambahan jumlah daun tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)				
	2 MSP	4 MSP	6 MSP	8 MSP	10 MSP
A	8,33 abc	9,83 abc	10,17 abc	10,33 ab	13,83 a
B	8,33 abc	8,83 abc	9,33 abc	10,00 ab	13,17 a
C	8,00 ab	10,30 abc	10,83 abc	12,50 ab	18,33 a
D	7,17 ab	7,83 ab	8,33 ab	9,33 ab	9,83 a
E	9,50 bc	19,17 abc	11,33 abc	12,83 ab	17,67 a
F	8,83 abc	9,67 abc	10,00 abc	10,67 ab	15,17 a
G	8,83 abc	9,83 abc	11,17 abc	11,83 ab	17,50 a
H	11,33 c	12,33 c	12,83 c	13,50 c	16,67 a
I	6,17 a	7,33 a	7,50 a	8,83 a	13,17 a
J	9,83 bc	11,67 bc	12,00 bc	12,67 ab	19,00 a

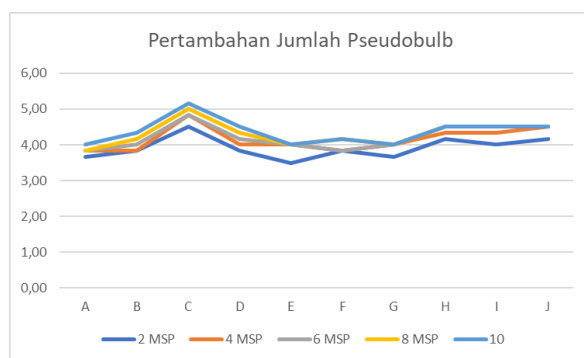
Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa perlakuan naungan 30% dan aplikasi TDZ menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman anggrek *Dendrobium*. Hal tersebut karena pada kondisi naungan yang lebih terang ternyata proses fotosintesis berjalan dengan optimal, sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik dibandingkan dengan kondisi naungan yang lebih redup.

Cahaya matahari yang diterima oleh tanaman akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, begitu pula dengan banyaknya jumlah daun yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Suci dan Heddy (2018), terjadi peningkatan jumlah daun seiring dengan meningkatkan intensitas cahaya pada tanaman puring dan sebaliknya semakin rendah intensitas cahaya maka jumlah daun semakin menurun.

Hormon TDZ memiliki peranan dalam beberapa peristiwa biologis tanaman, seperti dapat mencegah pemecahan purin yang berfungsi sebagai derivat dari hormon sitokinin untuk mengatur proses pembelahan sel dalam tanaman (Guo *et al.*, 2011). Hormon TDZ memiliki peran dalam menginduksi pembentukan tunas suatu tanaman, sehingga berbanding lurus dengan jumlah daun suatu tanaman (Rizky *et al.*, 2010). Hormon TDZ memiliki aktivitas yang lebih kuat dibandingkan dengan jenis hormon sitokinin lainnya seperti dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis di dalam tanaman sehingga pertumbuhan tanaman berjalan dengan optimal ditandai dengan bertambahnya jumlah daun (Zhang *et al.*, 2019).

Pertambahan Jumlah *Pseudobulb*. Tanaman anggrek jenis *Dendrobium* termasuk jenis anggrek yang pola pertumbuhan simpodial. Pola pertumbuhan ini memiliki titik tumbuh yang lebih dari satu, dengan ditandai munculnya batang baru dari tunas baru yang muncul pada dasar batang utama (Purnamasari *et al.*, 2016). Batang dari anggrek jenis ini disebut dengan *Pseudobulb* karena mempunyai bentuk yang menggelembung sebagai tempat cadangan makanan disimpan. Pengaruh naungan dan aplikasi ZPT pada jumlah *pseudobulb* tanaman anggrek memberikan pengaruh nyata pada awal penelitian, yang dapat dilihat pada Gambar 4.

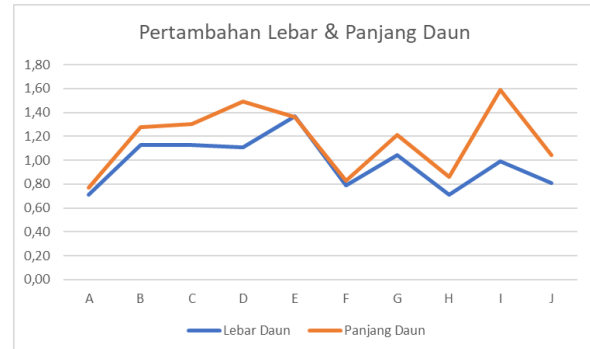


Gambar 4. Pengaruh naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertambahan jumlah *Pseudobulb* tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Pertambahan jumlah pseudobulb terlihat lebih nyata pada perlakuan pemberian TDZ. Zat pengatur tumbuh ini memiliki fungsi utama menstimulasi hormon sitokinin endogen maupun eksogen pada tanaman, yang digunakan untuk pembelahan sel pada jaringan meristematik (Restanto *et al.*, 2018; Taiz and Zeiger, 2002). Pertumbuhan pseudobulb pada tanaman anggrek juga termasuk bagian dari meristematik karena berasal dari titik tumbuh batang tanaman yang aktif melakukan pembelahan sel.

Pertambahan jumlah *pseudobulb* cenderung terlihat pertambahannya pada awal penelitian, sedangkan pada akhir penelitian tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hal ini dapat terjadi karena faktor kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembaban. Selama penelitian berlangsung, suhu dalam *screen house* mengalami penurunan tiap bulannya dan diikuti dengan kelembaban udara yang mengalami peningkatan.

Pertambahan Lebar dan Panjang Daun *Pseudobulb* Baru. Berikut penambahan lebar dan panjang daun *pseudobulb* baru pada tanaman anggrek *Dendrobium* yang diamati selama penelitian disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertambahan jumlah *Pseudobulb* tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Berdasarkan Gambar 5, hasil analisis statistik perlakuan naungan dan ZPT terhadap lebar dan panjang daun pseudobulb baru tanaman anggrek *Dendrobium* yang diteliti tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Pengukuran panjang dan lebar daun dilakukan pada daun pertama yang tumbuh pada pseudobulb baru, sehingga dalam pengamatan di minggu selanjutnya pengukuran kurang efektif karena tumbuh daun baru sedangkan daun pertama yang diukur tidak lagi mengalami pertumbuhan yang signifikan.

Perbedaan yang terdapat pada daun yang baru dan lama tumbuh dapat terjadi karena faktor persaingan dalam mendapatkan nutrisi maupun cahaya matahari. Daun yang sudah lama tumbuh akan berkurang aliran nutrisinya karena ada daun baru yang lebih membutuhkan nutrisi untuk tumbuh. Selain itu, cahaya matahari juga lebih mudah didapatkan pada daun yang baru tumbuh karena berada di atas daun lama, sehingga paparan cahaya matahari tertutup oleh daun baru. Peristiwa tersebut juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Wijayanto dan Nurunnajah (2012), bahwa persentase penutupan tajuk pohon mahoni muda lebih jarang dibandingkan dengan mahoni tua. Cahaya matahari yang didapat berbeda ternyata mengalami perbedaan juga dalam ketersediaan klorofil yang terkandung di dalam daun. Pada daun muda konsentrasi

klorofil lebih meningkat dibandingkan dengan konsentrasi klorofil pada daun tua (Kost, 2011).

Kandungan Klorofil Daun. Pertumbuhan suatu tanaman bergantung pada proses fotosintesis yang terjadi di dalam tanaman. Fotosintesis merupakan proses biokimia yang menghasilkan karbohidrat dari bahan anorganik yaitu karbondioksida dan air (CO_2 dan H_2O) menjadi senyawa organik yaitu karbohidrat dan oksigen (O_2) dengan bantuan cahaya matahari (Pertamawati, 2010). Fotosintesis ini melibatkan energi berupa cahaya matahari dan berlangsung pada organisme fotosintetik (Campbell and Farrell, 2009). Fotosintesis lebih banyak terjadi pada tumbuhan yang memiliki zat hijau daun, yaitu disebut klorofil. Klorofil ini menyerap energi dari cahaya matahari untuk memfasilitasi berlangsungnya proses fotosintesis pada tumbuhan. Dapat dikatakan, bahwa kandungan klorofil pada tumbuhan sangat bergantung pada cahaya matahari dan ada juga pengaruh hormon yang dapat meningkatkan kandungan klorofil daun (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh naungan dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap kandungan klorofil daun tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Perlakuan	Indeks Klorofil (CCI)
A	39,58 a
B	30,66 a
C	56,16 b
D	42,53 ab
E	36,32 ac
F	22,40 a
G	22,17 a
H	20,45 a
I	30,04 a
J	36,35 ab

Keterangan: Angka yang ditandai dengan huruf yang berbeda menyatakan berbeda nyata menurut Uji Lanjut Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 2, kandungan klorofil daun terbanyak pada tanaman anggrek *Dendrobium* yang diamati terdapat pada perlakuan pemberian naungan 70% dan aplikasi TDZ, yaitu sebesar 56,16 CCI. Umumnya kandungan klorofil pada tanaman *shade plant* akan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya intensitas naungan. Hal tersebut dikarenakan klorofil tanaman pada naungan yang lebih rendah mempunyai jumlah grana yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman *sun plant* (Sirait, 2008). Pada penelitian ini, tanaman anggrek termasuk ke dalam

tanaman *shade plant* yang melakukan penyesuaian dirinya terhadap naungan yang rendah.

Naungan 70% merupakan aplikasi penggunaan naungan yang tepat karena memiliki intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan tanaman anggrek *Dendrobium*. Intensitas cahaya yang semakin meningkat tidak berarti juga akan meningkatkan kandungan klorofil pada daun karena pada intensitas cahaya yang tinggi cenderung bersifat merusak klorofil daun (fotodestruktif) (Rohmana *et al.*, 2018). Pada intensitas cahaya yang tinggi, klorofil daun akan rusak dikarenakan temperatur daun yang meningkat sehingga stomata pun menjadi menutup dan aktivitas fotosintesis juga terganggu.

Kandungan klorofil lebih banyak didapat pada tanaman anggrek *Dendrobium* yang diaplikasikan TDZ dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 7). TDZ termasuk ke dalam jenis hormon sitokinin yang memiliki berbagai peran dalam meningkatkan proses metabolisme di dalam tanaman. Salah satu peran TDZ, yaitu meningkatkan aktivitas fotosintesis suatu tanaman (Dinani *et al.*, 2018). Suatu tanaman yang memiliki aktivitas fotosintesis yang baik dapat terlihat dengan warna daunnya yang hijau karena mengandung klorofil yang optimal. TDZ juga memiliki fungsi dalam menghambat degradasi klorofil sehingga dapat mencegah menguningnya daun atau penuaan pada daun (Hatamzadeh *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik simpulan dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

- 1) Pemberian naungan berbeda dan aplikasi berbagai zat pengatur tumbuh menunjukkan peningkatan pada beberapa komponen pertumbuhan tanaman anggrek *Dendrobium* sp.
- 2) Perlakuan pemberian naungan 70% memberikan pengaruh yang nyata berdasarkan uji Duncan terhadap komponen pertumbuhan tanaman anggrek *Dendrobium* sp., yaitu pada tinggi tanaman, jumlah *pseudobulb*, dan kandungan klorofil. Aplikasi ZPT TDZ juga berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah *pseudobulb*, dan kandungan klorofil pada tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami berikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anni, I.A.E., E. Saptiningsih, dan S. Haryanti. 2013. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) di Bandung, Jawa Tengah. *Jurnal Biologi*, 2(3): 31-400.
- Campbell, M.K. and S.O. Farrell. 2009. *Biochemistry* (Sixth Edition). Canada: Thomson Corporation.
- Dinani, E.T., M.R. Shukla, C.E. Turi, J.A. Sullivan, and P.K. Saxena. 2018. Thidiazuron: Modulator of Morphogenesis In Vitro. Thidiazuron: from urea derivative to plant growth regulator. Springer Press. Singapore.
- Fandani, H.S., S.N. Mallomasang, dan I.N. Korja. 2018. Keanekaragaman jenis anggrek pada beberapa penagkaran di Desa Ampera dan Desa Karunia Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Jurnal Warta Rimba*, 5(3).
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. (Diterjemahkan oleh Endang Sjamsuddin dan Yustika S Baharsjah). Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Guo, B., B.H. Abbasi, A. Zeb, L.L. Xu, and Y.H. Wei. 2011. Thidiazuron: A multi-dimensional plant growth regulator. *African Journal of Biotechnology*, 10 (45): 8984-9000.
- Harms, C.L. and E.S. Oplinger. 2019. *Plant Growth Regulators: Their Use in Crop Production*. North Central Region Extension Publication 303.
- Hatamzadeh, A., S. Rezvanypour, and M.H. Asil. 2012. Postharvest life of alstroemeria cut flowers is extended by thidiazuron and enzyadenine. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, Vol. 3(1): 41-53.
- Hidayah, S.N., Karno, dan F. Kusmiyati. 2019. Respons tanaman anggrek (*Dendrobium* sp.) terhadap pemberian paklobutrazol dan jenis naungan yang berbeda. *J. Agro Complex*, 3(1): 24-31.
- Journey North. 2003. *How Plants Grow: Auxin's Not a Toxin*. Madison: Annenberg Media. Tersedia online di <https://journeynorth.org/tm/tulips/AuxinsGrowth> (diakses pada 16 Pebruari 2021).
- Kementerian Pertanian. 2007. *Prospek dan Arah Pengembangan Anggrek* (Edisi Kedua). Tersedia online di <http://www.litbang.pertanian.go.id/>. (diakses pada 31 Maret 2020. 17 hlm.
- Kost, E. 2011. *Change in Leaf Morphology, Photosynthesis, and Nitrogen Content in Two Coastal Shrubs*. Theses and Dissertations. Virginia: VCU Scholars Compass.
- Lakamisi, H. 2010. *Prospek agribisnis tanaman hias dalam pot (Potplant)* (Edisi 2). *Jurnal Imiah Agribisnis dan Perikanan*, 3.
- Munarso, J., E. Karmawati, B. Prastowo, A. Wahyudi, S. Damanik, dan M. Rizal. 2019. *Keseimbangan Source-Sink untuk Mendukung Produktivitas Jarak Pagar*. Info Perkebunan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Ningsih, R.S.M. 2019. Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kacang merah. *Jurnal Agrosiwagati*, 7(1).
- Pertamawati. 2010. Pengaruh fotosintesis terhadap pertumbuhan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) dalam lingkungan fotoautotrof secara in vitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(1): 31-37.
- Purnamasari, L., R. Yolanda, dan R. Karno. 2016. Jenis-jenis anggrek epifit (orchidaceae) di desa koto tinggi kecamatan rambah kabupaten rokan hulu. *Jurnal Penelitian*, 2(1).
- Restanto, D.P., B. Kriswanto, M.N. Khozim, dan S. Soeparjono. 2018. Kajian thidiazuron (TDZ) dalam induksi PLB anggrek *Phalaenopsis* sp. secara in vitro. *Agritop*, 16(1): 176-185.
- Rizky, W.H., A. Nuraini, E. Suminar, dan K. Syahrudin. 2010. Growth and development of protocorm like bodies hybrid dendrobium orchids on ms medium with cytokinin and auxin combination. *International Seminar on Horticulture to Support Food Security*: 210-216.
- Rohmana, H.F., R. Soelistyono, dan N.E. Suminarti. 2018. Pengaruh umur batang bawah dan naungan terhadap keberhasilan grafting pada tanaman durian (*Durio zibethinus* Murr.) lokal. *Buana Sains*, 18(1): 21-28.

- Sirait, J. 2008. Luas daun, kandungann klorofil, dan laju pertumbuhan rumput pada naungan dan pemupukan yang berbeda. *JITV*, 13(2): 109-116.
- Siregar, C., A. Listiawati, dan Purwaningsih. 2005. *Anggrek Spesies Kalimantan Barat Vol. 1*. Pontianak: Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pariwisata Kalimantan Barat (LP3-KB).
- Solvia, N. 2010. *Budidaya Anggrek*. Balai Penelitian Tanaman Hias (Balithi). Kementerian Petanian Cianjur.
- Suci, C.W. dan S. Heddy. 2018. Pengaruh intensitas cahaya terhadap keragaan tanaman puring (*Codiaeum variegatum*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(1): 161-169.
- Sutoyo. 2011. Fotoperiode dan pembungaan tanaman. *Buana Sains*, 11(2): 137-144.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology* 3rd Edition. Sinauer Associates. English.
- Widiastoety, D., N. Solvia, dan M. Soedarjo. 2010. Potensi anggrek dendrobium dalam meningkatkan variasi dan kualitas anggrek bunga potong. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3).
- Wijayanto, N. dan Nurunnajah. 2012. Intensitas cahaya, suhu, kelembaban, dan perakaran lateral mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) di RPH Babakan Madang, BKPH Bogor, KPH Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(1): 8-13.
- Zhang, S., Y. Yang, J. Li, J. Qin, W. Zhang, W. Huang, and H. Hu. 2018. Physiological diversity of orchids. *Plant Diversity*, 40: 196-207.
- Zhang, D., Y. Liao, S. Lu, C. Li, Z. Shen, G. Yang, and J. Yin. 2019. Effect of thidiazuron on morphological and flowering characteristics of *Dendrobium* 'Surya Sunshine' potted plants. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 47(4): 1-12.

Karamina, H. · E. Indawan · F.I.K. Agustina

Efektivitas perbedaan konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan planlet pisang cavendish dengan teknik *Thin Cells Layer*

Sari. Pisang merupakan komoditi dengan produksi paling tinggi di antara buah-buahan lainnya. Salah satu pisang yang diminati ialah Pisang Cavendish (*Musa acuminata* L.), namun pembibitan secara konvensional kurang memenuhi permintaan pasar. Salah satu alternatif untuk meningkatkan jumlah bibit pisang Cavendish adalah dengan perbanyak tanaman secara in vitro. Teknik *thin cell layer* (TCL) merupakan teknik dalam kultur jaringan dengan mengiris tipis bagian tanaman yang dapat memperbanyak jumlah tunas planlet pisang Cavendish. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi BAP yang cocok untuk pertumbuhan planlet pisang Cavendish dengan menggunakan teknik TCL. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perbandingan konsentrasi BAP yang digunakan $B_0 = 0$ mg/mL, $B_1 = 1$ mg/mL, $B_2 = 2$ mg/mL, $B_3 = 3$ mg/mL, $B_4 = 4$ mg/mL. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pemberian BAP terhadap pertumbuhan planlet pisang Cavendish. Konsentrasi BAP yang paling efektif untuk pertumbuhan pisang cavendish adalah 4 mg/mL dengan hasil hari muncul tunas 2 hari, panjang tunas 1,07 cm, jumlah tunas terbanyak 3,06 tunas, persen hidup sebesar 76%, persen mati sebesar 24%. Pengamatan morfologi pada planlet pisang Cavendish yang ditanam pada media konsentrasi BAP 4 mg/mL menunjukkan pertumbuhan paling optimal.

Kata kunci : BAP · Pisang cavendish · TCL

Effectiveness of differences bap concentrations on the growth of cavendish banana planlets with thin cells layer technique

Abstract. Banana is the commodity with the highest production among other fruits. One of the most popular bananas is the Cavendish banana (*Musa acuminata* L.), but its conventional nurseries do not meet market demand. In vitro propagation is an alternative method to increase the number of Cavendish bananas seedlings. Thin cells layer (TCL) is a technique in tissue culture by thinly slicing plant parts that can increase the number of shoots of Cavendish banana plantlets. This study used a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 5 replications. Comparison of BAP concentration used $B_0 = 0$ mg/mL, $B_1 = 1$ mg/mL, $B_2 = 2$ mg/mL, $B_3 = 3$ mg/mL, $B_4 = 4$ mg/mL. The results showed that there was an effect of giving BAP on the growth of Cavendish banana plantlets. The most effective concentration of BAP for supporting the growth of Cavendish banana plantlet was 4 mg/mL with 2 days of shoot emergence, 1.07 cm of shoot length, 3.06 shoots, 76% of life percentage, 24% of dead percentage. Morphological observations of Cavendish banana plantlets grown on 4 mg/mL BAP concentration media showed the most optimal growth.

Keywords : BAP · Cavendish banana · TCL

Diterima : 21 Agustus 2021, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.35373>

Karamina, H. · E. Indawan · F.I.K. Agustina
Prodi Agroteknologi Universitas Tribhuwana Tunggaladewi
Jl. Telagawarna, Tlogomas Malang Jawa Timur 65144
Korespondensi: hidayatikaramina@yahoo.com

Pendahuluan

Pisang Cavendish (*Musa acuminata* L.) merupakan salah satu tanaman budidaya paling penting untuk masyarakat yang hidup di daerah tropis dan subtropis. Pisang di Indonesia merupakan komoditi pertanian dengan produksi paling tinggi di antara buah-buahan lainnya dengan total produksi pada tahun 2015 mencapai 7.229.266 ton dengan peningkatan sebesar 6,36% dari tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2014). Tingkat konsumsi ini akan mengalami kenaikan seiring dengan pertambahan jumlah penduduk Indonesia. Keunggulan lain pisang cavendish ini adalah ukuran buah yang lebih besar dan mempunyai tandan sekitar 10 tandan.

Permintaan akan pisang yang terus meningkat perlu diantisipasi dengan teknik budidaya yang baik guna memenuhi permintaan pasar domestik dan internasional. Perbanyak bibit pisang secara konvensional dengan menggunakan anakan atau bonggol relatif lebih lama yang menghasilkan 2-3 tunas dari satu induk sehingga dibutuhkan suatu cara alternatif yang tepat untuk meningkatkan produksi pisang cavendish.

Cara pemisahan anakan dari satu induk pisang ini hanya memperoleh sekitar 5 – 10 anakan per tahun (Suyanti dan Supriyadi, 2008). Usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi yaitu dengan perbanyak menggunakan cara kultur jaringan secara *in vitro*. Kultur jaringan merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengisolasi bagian suatu tanaman, mulai dari organ hingga sel untuk kemudian dikembangkan dalam media yang aseptik sehingga akan tumbuh menjadi tanaman baru dengan organ yang lengkap (Karjadi dan Buchory, 2007).

Teknik pemotongan eksplan menggunakan teknik *Thin Cells Layer* (TCL) merupakan salah satu teknik untuk memperbanyak pisang cavendish saat ini. TCL memiliki metode dimana organ diiris tipis 0,1–0,5 mm yang dihasilkan dari potongan organ. Organ yang dipilih merupakan organ embrionik seperti batang (hipokotil/epikotil), akar, daun, organ bunga, kotiledon, dan embrio, yang dalam penyiapan multiplikasi konvensional ditanam secara menyeluruh (Rout *et al.*, 2006, Dobránszka and Teixeira-da-Silva 2011). Berdasarkan teknik dari arahan potongan, irisan tipis ini dapat dilakukan dengan cara melintang

dan/atau memanjang. Pada hasil dari irisan eksplan terdiri atas sel yang berasal dari berbagai jaringan. Sementara itu, TCL hanya berisi satu jenis jaringan saja, seperti *monolayer* sel epidermis (Teixeira-da-Silva and Dobranszki 2013).

Dalam hal jumlah planlet yang dihasilkan, teknik TCL lebih efektif dibandingkan dengan penanaman eksplan dalam ukuran yang besar. Hal tersebut dikarenakan ekplan dengan irisan yang tipis, memudahkan proses difusi media ke dalam jaringan (Agisimanto, 2015).

Zat pengatur tumbuh 6-benzyladenine (BAP) adalah sitokinin tipe adenin yang meningkatkan pembelahan sel dan pembesaran pada sel kultur jaringan yang mampu merangsang pertumbuhan tunas planlet. Sampai saat ini, penelitian BAP dalam teknik TCL pisang Cavendish masih belum optimal. Berdasarkan paparan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi BAP terhadap organogenesis pisang Cavendish dengan teknik TCL (*Thin Cells Layer*).

Bahan dan Metode

Penelitian ini mulai di laksanakan pada bulan September sampai bulan November 2020. mulai tahap inkubasi sampai perlakuan BAP dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Filant Crop Tlekung, Kota Batu.

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan pemberian berbagai konsentrasi BAP pada tanaman Cavendish secara *in vitro*. Faktor BAP dengan 5 taraf atau perlakuan B_0 : 0 mg/mL, B_1 : 1 mg/mL, B_2 : 2 mg/mL, B_3 : 3 mg/mL, B_4 : 4 mg/mL Setiap perlakuan di ulang sebanyak 5 kali, jadi total terdapat 25 botol 1 botol diisi 5 planlet tanaman. Adapun tahapan dari penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Penanaman pada media Pre-Treatment I
Planlet pisang cavendish dengan tinggi 3 cm dikupas satu lapis pada LAF dengan menggunakan alat steril dan ditanam pada media pre-treatment I, masing-masing botol diisi 10 tanaman dan diinkubasi selama 2 minggu.
2. Penanaman pada media Pre-Treatment II
Planlet pisang cavendish yang sudah melalui pre-treatment I dikupas satu lapis

pada LAF dengan menggunakan alat steril dan ditanam pada media pre-treatment II, setiap botol diisi 10 tanaman dan diinkubasi selama 4 hari.

3. Penanaman pada media perlakuan

Planlet pisang cavendish yang sudah melalui pre-treatment II dipotong tipis dengan menggunakan teknik TCL (*Thin Cell Layer*) setiap botol perlakuan diisi 5 irisan masing-masing perlakuan konsentrasi BAP 1 mg/mL, 2 mg/mL, 3 mg/mL, dan 4 mg/mL sejumlah 125 botol.

Pengamatan dilakukan pada hari muncul tunas, jumlah tunas, panjang tunas, persen hidup, dan persen mati. Data hasil pengamatan yang didapat dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila sidik ragam memberikan pengaruh yang nyata, dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Hari muncul tunas (Hari). Hasil uji DMRT pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada konsentrasi BAP yang digunakan sebagai media tanam pisang Cavendish dilihat dari parameter hari muncul tunas. Hasil pengaruh konsentrasi BAP pisang Cavendish terhadap hari muncul tunas tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Efektivitas konsentrasi BAP terhadap hari muncul tunas pisang Cavendish (Hari)

Perlakuan	Hari muncul tunas (Hari)
B_0 (0 mg/mL)	42 b
B_1 (1 mg/mL)	2,6 a
B_2 (2 mg/mL)	2,2 a
B_3 (3 mg/mL)	2,2 a
B_4 (4 mg/mL)	2,0 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%

Hari muncul tunas pisang Cavendish dengan perlakuan perbedaan konsentrasi BAP tampak pada (Tabel 1). Hal ini dipengaruhi oleh penambahan BAP pada media tanam *planlet* pisang Cavendish yang dapat mempercepat pembentukan tunas mikro secara signifikan. Penambahan BAP dengan konsentrasi 4 mg/mL mendorong pertumbuhan tercepat tunas mikro pada pisang Cavendish, yaitu dengan rata-rata 2 hari. Pada planlet dengan

konsentrasi BAP 0 mg/mL atau kontrol tidak muncul tunas sampai akhir pengamatan 42 hari. Hal ini dikarenakan pada teknik TCL setelah dilakukan *pre-treatment* dibutuhkan sitokinin untuk mendorong pembentukan tunas mikro seperti yang dikemukakan oleh Campbell and Reece (2014). Dalam kultur jaringan, sitokinin tidak dapat bekerja sendiri. Rasio sitokinin dan auksin yang diberikan harus dapat mengontrol diferensiasi sel. Hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa kemunculan tunas mikro semakin cepat dengan adanya peningkatan konsentrasi BAP yang ditambahkan sampai konsentrasi 4 mg/mL.

Jumlah Tunas (Tunas). Hasil Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi BAP pada pisang Cavendish dilihat dari parameter jumlah tunas. Hasil pengaruh konsentrasi BAP pisang Cavendish terhadap jumlah tunas tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektivitas konsentrasi BAP terhadap jumlah tunas pisang Cavendish (Tunas)

Perlakuan	Jumlah tunas
B_0 (0 mg/mL)	0,00 a
B_1 (1 mg/mL)	0,56 b
B_2 (2 mg/mL)	1,73 b
B_3 (3 mg/mL)	2,20 c
B_4 (4 mg/mL)	3,06 d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan konsentrasi BAP 0 atau kontrol tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain dikarenakan sampai akhir pengamatan tidak ada yang tumbuh. Perlakuan konsentrasi BAP 1 mg/mL dan 2 mg/mL tidak berbeda nyata antar perlakuan. Hasil paling optimal dicapai oleh konsentrasi BAP 4 mg/mL dengan jumlah tunas tumbuh terbanyak, yaitu 3,06 tunas.

Jumlah tunas menunjukkan bahwa konsentrasi BAP berpengaruh terhadap pertumbuhan planlet pisang Cavendish, Pertumbuhan planlet pada kultur jaringan dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu genotip tanaman, media tanam, lingkungan tumbuh, dan kondisi planlet. Perbedaan komposisi media, komposisi zat pengatur tumbuh dan jenis media yang digunakan akan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan regenerasi planlet yang dikulturkan. Kusuma dalam Maryani dan Zamroni (2005) menyatakan bahwa

zat pengatur tumbuh sitokinin lebih berperan dalam pembelahan sel dan morfogenesis.

Hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa konsentrasi BAP berpengaruh pada parameter jumlah tunas. Penambahan BAP 2 mg/mL menghasilkan rata-rata tunas tumbuh 1,73 tunas, sedangkan BAP 4 mg/mL memiliki jumlah tunas terbanyak dengan rata-rata 3,06 tunas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rainiyati *et al.* (2007), bahwa semakin tinggi konsentrasi sitokinin yang diberikan maka jumlah tunas yang terbentuk akan semakin bertambah, namun pembentukan masing-masing tunas dapat terhambat sehingga penentuan konsentrasi yang tepat sangat perlu diperhatikan untuk menghasilkan multiplikasi tunas pisang yang maksimal.

Panjang Tunas (cm). Hasil Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa terdapat pengaruh terhadap konsentrasi BAP pada pisang Cavendish dilihat dari parameter panjang tunas. Hasil pengaruh konsentrasi BAP pisang Cavendish terhadap panjang tunas tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektivitas konsentrasi BAP terhadap panjang tunas pisang Cavendish

Perlakuan	Panjang tunas (cm)
B_0 (0 mg/mL)	0,00 a
B_1 (1 mg/mL)	0,74 b
B_2 (2 mg/mL)	0,81 b
B_3 (3 mg/mL)	0,90 bc
B_4 (4 mg/mL)	1,07 c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi BAP 0 atau kontrol berbeda nyata dengan perlakuan lain dikarenakan sampai akhir pengamatan tidak ada yang tumbuh. Perlakuan konsentrasi BAP 1 mg/mL dengan panjang tunas 0,74 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan BAP 2 mg/mL dengan panjang tunas 0,81. Hasil paling optimal dicapai oleh konsentrasi BAP 4 mg/mL dengan panjang tunas yaitu 1,07 cm, namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi BAP 3 mg/mL yaitu 0,90 cm.

Pertumbuhan tinggi planlet dengan perlakuan perbedaan konsentrasi BAP sampai pada akhir pengamatan 42 hari ditunjukkan pada Tabel 3 diatas. Hal ini disebabkan karena adanya respon pada planlet pisang Cavendish.

Mok *et al.* (2002) melaporkan bahwa 6-benzyladenine (BAP) adalah sitokinin tipe adenin yang meningkatkan pembelahan sel dan pembesaran pada sel kultur jaringan yang mampu merangsang pertumbuhan tunas planlet. Tinggi planlet merupakan salah satu variabel penting dalam pengamatan multiplikasi tanaman. Hal tersebut dikarenakan panjang tunas dipengaruhi oleh pemberian BAP dengan konsentrasi yang berbeda. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, panjang tunas terbaik ditunjukkan pada konsentrasi pemberian BAP 4 mg/mL dengan rata-rata tinggi planlet 1,07 cm. Data ini memperlihatkan bahwa penambahan konsentrasi BAP pada media memberikan pengaruh pada tinggi planlet tanaman pisang Cavendish.

Persen Hidup (%). Hasil Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa adanya pengaruh terhadap konsentrasi BAP pada pisang Cavendish di lihat dari parameter persen hidup. Hasil pengaruh konsentrasi BAP pisang Cavendish terhadap persen hidup tampak pada Tabel 4.

Tabel 4. Efektivitas konsentrasi BAP terhadap persen hidup pisang Cavendish

Perlakuan	Persen hidup (%)
B_0 (0 mg/mL)	0 a
B_1 (1 mg/mL)	32 b
B_2 (2 mg/mL)	40 b
B_3 (3 mg/mL)	64 c
B_4 (4 mg/mL)	76 d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi BAP 0 atau kontrol berbeda nyata di karenakan sampai akhir pengamatan tidak ada yang tumbuh. Perlakuan BAP 1 mg/mL dengan hasil persen hidup 32% tidak berbeda nyata dengan perlakuan BAP 2 mg/mL dengan persen hidup 40%. Hasil paling optimal dicapai oleh konsentrasi BAP 4 mg/mL dengan persen hidup sebesar 76%.

Persen hidup planlet pisang Cavendish dengan perbedaan konsentrasi BAP dipengaruhi oleh butuhnya ZPT dengan dosis lebih tinggi untuk mengoptimalkan hasil TCL (*thin call layer*) pada planlet pisang Cavendish. Penelitian Desi *et al.* (2018) melaporkan bahwa parameter menginduksi propagul tanaman pisang cavendish yang paling baik adalah konsentrasi BAP 3 mg/mL, sementara

hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa konsentrasi BAP berpengaruh pada parameter persen hidup, dengan penambahan BAP 1 mg/mL dengan persen hidup 32%, sedangkan penambahan BAP 4 mg/mL dengan persen hidup 76%. Reddy *et al.* (2014), menyatakan bahwa hormon pengatur tumbuh seperti sitokinin dapat mengatur proses fisiologis tanaman walaupun dengan pemberian konsentrasi rendah. Hal ini disebabkan karena aktivitas sitokinin yang terkait dengan proses pertumbuhan dan perkembangan dalam siklus sel, khususnya untuk melakukan metabolisme asam nukleat dan sintesis protein.

Persen Mati (%). Hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa adanya pengaruh pada konsentrasi BAP terhadap pisang Cavendish dilihat dari parameter persen mati. Hasil pengaruh konsentrasi BAP pisang Cavendish terhadap persen mati tampak pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap persen mati pisang Cavendish

Perlakuan	Persen mati (%)
B_0 (0 mg/mL)	100 d
B_1 (1 mg/mL)	68 c
B_2 (2 mg/mL)	60 c
B_3 (3 mg/mL)	36 b
B_4 (4 mg/mL)	24 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi BAP 0 atau kontrol berbeda nyata dikarenakan sampai akhir pengamatan tidak ada yang tumbuh 100%. Perlakuan konsentrasi BAP 1 mg/mL dengan persen mati 68% tidak berbeda nyata dengan perlakuan BAP 2 mg/mL dengan hasil persen mati 60%, BAP 3 mg/mL dengan hasil persen mati 36%, untuk hasil paling optimal konsentrasi BAP 4 mg/mL dengan persen mati terendah 24%.

Persen mati planlet pisang Cavendish dengan perbedaan konsentrasi BAP dipengaruhi oleh adanya irisan TCL (*thin cell layer*) yang *browning* sehingga planlet tidak bisa tumbuh. Onuoha *et al.* (2011) menjelaskan bahwa pada jaringan pisang mengandung komponen enzim fenolik terutama enzim polifenol oksidase yang secara alami merupakan fitoauksin yang penting pada pisang.

Hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa konsentrasi BAP berpengaruh terhadap pertumbuhan pisang Cavendish. Konsentrasi

BAP 4 mg/mL dengan persen mati 24% menunjukkan adanya interaksi antara planlet dengan BAP yang membuat rendahnya persen mati. Eady and Lister (1998) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh yang digunakan juga tergantung interaksi antara hormon endogen dan eksogen. Tingginya pertumbuhan planlet terjadi dikarenakan adanya interaksi yang tepat antara hormon endogen serta eksogen. Zulkarnain (2014) menyatakan bahwa sitokinin merupakan senyawa yang dapat meningkatkan pembelahan sel dan inisiasi pucuk pada tanaman serta mengatur pertumbuhan tanaman.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian BAP berpengaruh terhadap pertumbuhan planlet pisang Cavendish meliputi hari muncul tunas (hari), jumlah tunas (tunas), panjang tunas (cm), persen hidup (%), persen mati (%). Konsentrasi BAP yang paling optimal untuk pertumbuhan tunas pisang Cavendish secara *in vitro* adalah 4 mg/mL dengan jumlah tunas 3,06 tunas, hari muncul tunas 2 hari, panjang tunas 1,07 cm, persen mati 24% dan persen hidup 76%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Tribhuwana Tungadewi yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian dan Filant Crop Tlekung, Kota Batu yang sudah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Kultur Jaringan.

Daftar Pustaka

- Agisimanto, D. 2015. Thin Cell Layer mempercepat pembuatan populasi genotip unggul hortikultura. *Iptek Hortikultura*, 11: 67-72.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Tabel Dinamis [WWW Document]. URL <http://www.bps.go.id/site/pilihdata>. Diakses pada 11 Februari 2021.
- Campbell N.A. and J.B. Reece. 2014 *Biologi* Jilid 2. Edisi 8. Erlangga. Jakarta.

- Desi. L.R. 2018. Multiplikasi mata tunas pisang cavendish in vitro pada berbagai konsentrasi benziladenin. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(3): 16-21.
- Dobranszka, J. and J.A. Teixeira-da-Silva. 2011. Adventitious shoot regeneration from leaf thin cell layers in apple. *Scientia Horticulturae*, 127: 460-463.
- Eady, C.C. and C.E. Lister. 1998. A Comparison of Four Selective Agents for use with *Allium cepa* L. Immature Embryos and Immature Embryo Derived Cultures. *Plant Cell Reports*, 18: 117-121.
- Karjadi, A.K. dan A. Buchory. 2007. Pengaruh Penambahan Auksin dan Sitokinin terhadap Pertumbuhan Tunas Bawang Putih. *Jurnal Hortikultura*, 17(4): 314-320.
- Maryani, Y. dan Zamroni. 2005. Penggandaan Tunas Krisan Melalui Kultur Jaringan. *Ilmu Pertanian*. Vol 12(1) : 51-55.
- Mok, M.C., R.C. Martin., and D.W.S. Mok. 2002. Cytokinins: biosynthesis metabolism and perception. *In Vitro Cell Dev. Biolog. Plant.*, 36(2): 102-107.
- Onuoha, I.C., C.J. Eze., C.I.N. Unamba. 2011. In vitro prevention in plaintain culture. *Online Journal of Biological Sciences*, 11(1): 13-17.
- Rainiyati., D.M., Gusniawati, dan Jaminarni. 2007. Perkembangan Pisang Raja Nangka (*Musa* sp.) secara kultur jaringan dari eksplan anakan dan meristem bunga. *Jurnal Agronomi*, 11(1): 35-39.
- Reddy, D.R.D., D. Suvarna, and D.M. Rao. 2014. Effects of 6-Benzyl Amino Purine (6-BAP) on In Vitro Shoot Multiplication of Grand Naine (*Musa* sp.). *Int. J. advanced Biotech. & Research*, 5(1): 36-42.
- Rout, G.R., A. Mohapatra, and S.M. Jain. 2006. Tissue culture of ornamental pot plant: A critical review on present scenario and future prospects. *Biotechnology Advances*, 24: 531-60.
- Suyanti dan A. Supriyadi. 2008. Pisang budidaya pengolahan dan prospek pasar, Penerbar Swadaya, Jakarta.
- Teixeira-da-Silva, J.A. and J. Dobranszki. 2013. Plant thin cell layers: A 40-year celebration. *Journal Plant Growth Regulator*, 32: 922-943.
- Zulkarnain. 2009. Kultur Jaringan Tanaman Solusi Perbanyak Tanaman Budi Daya. Bumi Aksara. Jakarta

Umiyati, U. · D. Kurniadie · S. Rahmawati

The effect of weed control methods on weed growth in lowland rice cultivation under different cropping systems

Abstract. The cropping system in rice cultivation is varied, such as Transfer Planting (Tapin) and Direct Seed Planting (Tabela). The Tabela system has many advantages over the Tapin system, but in this system, the weed population is higher compared to the Tapin system. This study aims to determine the effect of control methods on weed growth in rice cultivation under different cropping systems (Tapin and Tabela). The research was conducted in Babadan Village, Gunung Jati Sub-district, Cirebon Regency, West Java. The method used was a split plot design with 6 treatments and 4 replications. The main plot in this experiment is the weed control method (P) which consisted of 3 levels (p1 = chemically, p2 = manually control by hand weeding, p3 = without weed control). The sub-plot is the planting system (S) with 2 levels (s1 = Tabela and s2 = Tapin). If the results showed a significant difference, then it was analyzed further with the Least Significance Different (LSD) test at 5%. The results showed that chemical weed control with the *Cyhalofop-butyl* 100g/L herbicide at a dose of 1.5 L/ha was able to suppress the growth of *Echinochloa crus-galli*, *Leptochloa chinensis*, *Ludwigia octovalvis* and *Fimbristylis miliacea* weeds until 6 weeks after application on both Tapin and Tabela rice cropping systems without causing phytotoxicity effects.

Keywords: Cyhalofop-butyl Herbicide · Direct seed planting (Tabela) · Rice yield · Transfer Planting (Tapin) · Weed · Weeding

Pengaruh metode pengendalian gulma terhadap pertumbuhan gulma pada budidaya tanaman padi sawah dalam sistem tanam yang berbeda

Sari. Pada budidaya tanaman padi terdapat sistem tanam yang sering dilakukan yaitu secara Tanam Pindah (Tapin) dan Tanam Benih Langsung (Tabela). Tiap sistem tanam memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada sistem Tabela, populasi gulma cukup tinggi dibandingkan dengan sistem Tapin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode pengendalian terhadap pertumbuhan gulma pada budidaya padi pada sistem tanam yang berbeda (Tapin dan Tabela). Penelitian dilakukan di Desa Babadan, Kecamatan Gunung Jati, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah rancangan petak terbagi dengan 6 perlakuan dan empat ulangan. Petak utama dalam percobaan ini adalah metode pengendalian gulma (P) yang terdiri dari 3 taraf (p1 = kimiawi, p2 = pengendalian manual dengan penyiangan, p3 = tanpa pengendalian gulma). Anak petak adalah sistem tanam (S) dengan 2 taraf (s1 = Tabela dan s2 = Tapin). Jika hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan, selanjutnya dianalisis lebih lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian gulma secara kimiawi dengan herbisida *Cyhalofop - butyl* 100g/L dosis 1,5 L/ha mampu menekan pertumbuhan gulma *Echinochloa crus-galli*, *Leptochloa chinensis*, *Ludwigia octovalvis* dan *Fimbristylis miliacea* pada sistem pertanaman padi Tapin dan Tabela hingga 6 minggu setelah aplikasi tanpa menimbulkan efek fitotoksisitas.

Kata kunci: Gulma · Herbisida *Cyhalofop butyl* · Penyiangan · Tabela · Tapin · Hasil tanaman padi

Diterima : 30 Agustus 2021, Disetujui : 8 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.35513>

Umiyati, U.¹ · D. Kurniadie¹ · S. Rahmawati²

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor West Java 45363

² Undergraduate Programme of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor West Java 45363

Correspondence: uum.umiyati@unpad.ac.id

Introduction

Lowland rice cultivation can be done by direct seed planting (Tabela) and transfer planting (Tapin) cropping system. Tapin system is a simple cultivation method with a fairly low risk of yield loss. The weakness of the Tapin system is that the high water usage and labor required (Utami *et al.*, 2020; Jamilah, 2013). The Tabela system is a cropping system that can be applied in areas lacking water and labor, but able to increase crop yields per unit area. However, the problem on this system is the emergence of a relatively high population of weeds (Pitojo, 2006).

One of the factors causing rice yield loss is the presence of weeds (Sukman, 1991). If not controlled, weed growth can interfere the main plant due to competition in terms nutrients, water, light, and growing space. Weeds can also be an intermediate host for pests and diseases (Simanjuntak *et al.*, 2016). The decline in national rice production caused by weed disturbances is varied 15 - 42% in lowland rice and 47-87% in upland rice (Pitojo, 2006; Badan Pusat Statistik, 2021).

Weed control is an effort to suppress weed growth. There are several methods of weed control, including technical, manual, biological, chemical, and integrated control. Manual weeding is effective for suppressing weed control although it requires relatively more energy, cost, and time. A study conducted by Umiyati (2016) showed that rice plants treated with weed control had an average dry unhulled rice weight of 13.69 kg/plot while rice plants without weed control only produced an average dry yield weight of 11.34 kg/plot.

The chemical control method is a method of applying herbicides. Proficient and accurate herbicide application has more advantages when compared to manual weeding (Kurniadie *et al.*, 2020). One of herbicide type that can control weeds in lowland rice plants is herbicide with the active ingredient of *Cyhalofop-butyl*, which is a post-emergence herbicide and belongs to the Aryloxyphenoxypropionate (AOPP) group with the formula $C_{20}H_{20}FNO_4$. This herbicide functions by inhibiting ACCase (acetyl CoA carboxylase) (Weed Science, 2011; Sumekar, 2019). According to Umiyati *et al.* (2021), several herbicides, including *Cyhalofop - butyl*, are effective in controlling weeds in rice plants.

The purpose of this experiment is to determine the best weed control in suppressing weed growth in lowland rice cultivation with different cropping systems. Utami *et al.* (2020) revealed that differences in cropping systems along with the use of herbicides led to differences in the dominance and growth of weed in rice plants. Effective weed control simultaneously with the use of a cropping system is expected to suppress weed growth in order to increase crop yields in paddy fields.

Materials and Methods

The research was conducted from June - September 2021 in the rice field of Babadan Village, Gunung Jati District, Cirebon Regency, West Java. The research site was located at an altitude of 11 m above sea level with rainfall of about 259.61 mm/year and an average temperature of 28,22°C

The plot size was 3x4 m with a border width of 30 cm and a distance between plants of 1 m. The materials and tools used in the experiment were herbicides with *Cyhalofop-butyl* 100 g/L as the active ingredient, Ciherang rice variety, water as a herbicide solvent, Urea, TSP, and KCl fertilizers, semi-automatic sprayer with T-jet nozzle type, measuring glass, oven, scale, measuring tape, treatment board, camera, stationery, plastic bag, and hoe.

The design used was a split plot design with with 6 treatments and 4 replications. The main plot was the weed control method (P) which consisted of 3 levels, namely control using herbicides (p1), manual control (p2) which was carried out twice at 21 and 42 day after seeding (DAS), and without control (p3). The sub-plot was a rice planting system (S) which consisted of the Tabela (s1) and the Tapin System (s2). In total, there were 24 experimental plot units (**Table 1**). The herbicide used was a herbicide with *Cyhalofop-butyl* 100 g/L as the active ingredient. It was applied at 15 DAS using a semi-automatic sprayer with a T-jet nozzle pressured 1 kg/cm².

Observation of weed dry weight (WDW) growing in each experimental plot, at 3 and 6 week after herbicide application (WAA); rice plants including phytotoxicity (level of plant poisoning) of rice due to the herbicide performed at 1, 2, and 3 WAA; number of tillers at 1, 3 and 6 WAA; and the unhulled rice when the rice plants were harvested at 116 DAS.

Table 1. Herbicide treatment and dosage

Treatment		Description	Dosage and time
Main Plots: Metode Control Method (P)	Sub Plots: Cropping System (S)		
p1	s1	<i>Cyhalofop butyl</i> 100 g/L -Tabela	1.5 l/ha
	s2	<i>Cyhalofop - butyl</i> 100 g/L - Tapin	1.5 l/ha
p2	s1	Manual weeding - Tabela	21 and 42 DAP
	s2	Manual weeding - Tapin	21 and 42 DAP
p3	s1	No control - Tabela	-
	s2	No control - Tapin	-

Result and Discussion

Early Vegetation Analysis. Vegetation analysis aims to determine the weed biomass on a land. Weed vegetation analysis was carried out before the experiment by using the 0.5 x 0.5 m square method which was thrown 5 times on the experimental field. the results of the analysis can be seen in **Table 2**.

Based on table 2, it can be seen that 7 weeds were found on the land before the experiment started. The dominant weeds on the land were *Echinochloa sp* (30.76%), and the sub-dominant weeds were *Fimbristylis miliacea* (16.26), *Ludwigia octovalvis* (14.48%), and *Leptochloa chinensis* (12.97).

Weed control aims to control weed growth in such a way as to create an optimal environmental condition for the growth of the cultivated plants, so that the competitiveness of cultivated plants is higher than weeds, their growth is more controlled, and they are able to grow well so as to provide maximum results.

Table 2. Vegetation analysis results.

No.	Weed species	Group	SDR value (%)
1.	<i>Echinochloa crusgalli</i>	Grasses	30.76
2.	<i>Cyperus iria</i>	Sedges	9.58
3.	<i>Fimbristylis miliacea</i>	Sedges	16.26
4.	<i>Ludwigia octovalvis</i>	Broadleaf weed	14.48
5.	<i>Paspalum sp</i>	Narrow leaf weed	9.06
6.	<i>Leptochloa chinensis</i>	Grasses	12.97
7.	<i>Lersea hexandra</i>	Grasses	6.89
Total			100.00

Simatupang *et al.* (2015) revealed that the tolerance threshold of rice plants to weeds is if weed cover is below 30% when the rice plants are 45 days after planting. This means that if the

level of cover exceeds 30%, then weed control needs to be done to avoid competition that can reduce rice yields.

Weed Dry Weight after application treatments

Weed Dry Weight of *Echinochloa crus-galli*. *Echinochloa crus-galli* is the dominant grasses type weed that grows in the experimental field. The results of the analysis showed that there was no interaction between weed control (P1, P2, P3) and cropping system (S1, S2) on the dry weight of *Echinochloa crus-galli* weeds at observations 3 and 6 WAA (**Tables 3 and 4**).

Table 5 showed that at 3 and 6 weeks after herbicide application in the main plot (P) weed control both chemically using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100 g/L (p₁) or by weeding (p₂) was able to control *Echinochloa crus-galli* weeds. Judging from the time and energy used, weed control using the herbicide which was applied once at 15 days after planting (DAP) was more efficient than manual weeding treatment which was carried out twice (21 and 42 DAP). *Cyhalofop-butyl* herbicide belongs to the Aryloxyphenoxy-propionate (AOPP) which works by inhibiting ACCase (acetyl Co-A carboxylase) which causes weeds to die gradually due to fat loss (Weed Science, 2011).

Statistical results in sub-plots (planting system) did not show any significant difference between the table cropping system (s1) and the transplanting system (s2) on the dry weight of *Echinochloa crus-galli* weeds at both 3 and 6 WAA. This condition could occur because the number of *Echinochloa crus-galli* weeds in the Tabela system and the Tapin system was statistically the same, so it did not cause significantly different effects.

Table 3. *Echinochloa crus-galli* anova test table 3 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main Plots						
Replications (K)	3	4.628912	1.542971			
P	2	13.00539	6.502694	12.21273	5.143253	*
Error (P)	6	3.194713	0.532452			
Total	11	20.82901				
Sub Plots						
S	1	0.104783	0.104783	0.090958	5.117355	ns
PS	2	0.050345	0.025172	0.021851	4.256495	ns
Error (S)	9	10.37	1.151995			
Total	23	10.52308				

Table 4. *Echinochloa crus-galli* anova test table 6 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main plots						
Replications (K)	3	0.227054	0.075685			
P	2	7.319099	3.659549	6.016933222	5.14325285	*
Error (P)	6	3.64925	0.608208			
Total	11	11.1954				
Sub Plots						
T	1	0.353793	0.353793	0.220348422	5.117355029	ns
PT	2	0.774116	0.387058	0.241066642	4.256494729	ns
Error (T)	9	14.45	1.605605			
Total	23	15.57835				

Table 5. Average Weed Dry Weight of *Echinochloa crus - galli* during the Treatment of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 3 and 6 WAA

Treatment	Weed Dry Weight (g m ⁻²)	
	3 WAA	6 WAA
Weed Control Method		
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	1.86 a	3.34 a
P ₂ (Manual / Weeding)	4.99 a	4.33 a
P ₃ (No Treatment)	8.74 b	8.95 b
Cropping System		
Tabela (T ₁)	5.48 a	4.91 a
Tapin (T ₂)	4.91 a	6.18 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Weed Dry Weight of *Ludwigia octovalvis*.
The results showed that there was no interaction between weed control techniques (P₁, P₂, P₃) and cropping systems (S₁ and S₂) on the dry weight of *Ludwigia octovalvis* weeds at 3 and 6 WAA (Tables 6 & 7).

Table 8 shows that weed control using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100 g/L (P₁) gave a lower dry weight of weed *Ludwigia octovalvis* significantly different from the control treatment (P₃), while not significantly different from the manual weeding treatment (P₂) at 3 WAA.

Observations on 6 WAA, analysis showed that the weed control technique using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100 g/L (P₁) was significantly different from manual weeding (P₂) and without weed control (P₃). Referring to the research of Widayat and Sumekar (2019) which revealed that the use of the herbicide *Cyhalofop-butyl* was effective in controlling weeds *Ludwigia octovalvis* in lowland rice cultivation. In addition, *Ludwigia octovalvis* weed is a broadleaf weed with a wider leaf surface. Apriyadi *et al.* (2013) revealed that broadleaf plants can receive more

sprayed herbicides than narrowleaf plants that have protected meristem tissue.

The results of the analysis on sub-plots, dry weight of weeds at 3 and 6 WAA, showed that the dry weight of weeds *Ludwigia octovalvis* in the Tablea system (S1) treatment was not significantly different from the Tapin system (S2).

Weed Dry Weight of *Fimbristylis miliacea*. The results of the analysis in Tables 9 and 10 show that there is no interaction between weed control methods (P1, P2, P3) and cropping

systems (S1 and S2) on the dry weight of *Fimbristylis miliacea* weeds at 3 and 6 WAA.

Table 11 shows that the results of observations on chemical weed control techniques using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100 g/L (P1) produced significantly different results from weed control treatments using weeding (P2) but not significantly different from treatments without weed control (P3) in suppressing the growth of *Fimbristylis miliacea* weeds at 3 WAA. *Fimbristylis miliacea* weed is a

Table 6. *Ludwigia octovalvis* anova test table 3 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main plots						
Replications (K)	3	4.093323	1.364441			
P	2	14.64411	7.322056	7.606171	5.143253	*
Error (A)	6	5.775881	0.962647			
Total	11	24.51332				
Sub Plots						
S	1	0.515413	0.515413	0.266931	5.117355	ns
PS	2	0.754282	0.377141	0.195321	4.256495	ns
Error (B)	9	17.38	1.930884			
Total	23	18.64765				

Table 7. *Ludwigia octovalvis* anova test table 6 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main plots						
Replications (K)	3	0.6294	0.2097999			
P	2	19.31842	9.6592107	14.4019774	5.143253	*
Error (A)	6	4.024119	0.6706864			
Total	11	23.97194				
Sub Plots						
S	1	2.16992	2.1699201	6.79578313	5.117355	ns
PS	2	0.766292	0.3831462	1.19994213	4.256495	ns
Error (B)	9	2.87	0.3193039			
Total	23	5.809948				

Table 8. Average Weed Dry Weight of *Ludwigia octovalvis* during the Treatment of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 3 and 6 WAA

Treatment	Weed Dry Weight (g m ⁻²)	
	3 WAA	6 WAA
Weed Control Method		
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	2.12 a	2.18 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	4.22 a	6.98 b
P ₃ (No Treatment)	11.11 b	12.88 c
Cropping System		
Tabela (T ₁)	6.25 a	6.30 a
Tapin (T ₂)	5.38 a	5.24 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

sedge weed where this group has deep rhizomes so it is quite difficult to control manually weeding. Manual weeding control is considered effective if all parts of the sedge weeds are lifted, so they cannot grow back (Mahfudz *et al.*, 2015). Observations on 6 WAA showed that weed control using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (P1) was significantly different from the treatment without control (P3), but not significantly different from the manual weeding treatment (P3). Weed control is very important to do to suppress the growth of weeds in rice

cultivation so as to reduce competition between weeds and cultivated plants. One form of association of weeds with cultivated plants is competition for nutrients as growth factors (Moenandir, 1993).

The results of observations on the treatment of the cropping system at 3 and 6 WAA showed that the dry weight of the weeds of *Fimbristylis miliacea* treated with the Tabela system (S1) was not significantly different from the treatment with the Tapin system (S2).

Table 9. *Fimbristylis miliacea* anova test table 3 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main plots						
Replications (K)	3	6.810237	2.270079	6.080313	5.143253	*
P	2	13.35348	6.676738			
Error (A)	6	6.588548	1.098091			
Total	11	26.75226				
Sub Plots						
S	1	0.228703	0.228703	0.506198	5.117355	ns
PS	2	0.73224	0.36612	0.810351	4.256495	ns
Error (B)	9	4.07	0.451804			
Total	23	5.027181				

Table 10. *Fimbristylis miliacea* anova test table 6 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main plots						
Replications (K)	3	0.807905	0.269302	10.94855	5.143253	*
P	2	11.37299	5.686497			
Error (A)	6	3.116303	0.519384			
Total	11	15.2972				
Sub Plots						
S	1	0.011217	0.011217	0.012513	5.117355	ns
PS	2	0.033027	0.016513	0.018421	4.256495	ns
Error (B)	9	8.07	0.896418			
Total	23	8.112002				

Table 11. The Average Weed Dry Weight Of *Fimbristylis Miliacea* During The Treatment Of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 3 and 6 WAA

Treatment	Weed Dry Weight (g m ⁻²)	
	3 WAA	6 WAA
Weed Control Method		
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	0.96 a	1.22 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	8.00 b	3.12 a
P ₃ (No Treatment)	3.31 ab	7.76 b
Cropping System		
Tabela (T ₁)	4.82 a	4.10 a
Tapin (T ₂)	3.36 a	3.97 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Weed Dry Weight of *Leptochloa chinensis*. The results of the analysis in **Tables 12 and 13** show that there is no interaction between weed control methods (P1, P2, P3) and cropping systems (S1 and S2) on the dry weight of *Leptochloa chinensis* weeds at 3 and 6 WAA.

Observations on the main plot (weed control method) showed that the weed control technique using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (P1) was more effective than manual weeding (P2) and without control (P3) in suppressing the growth of *Leptochloa chinensis* weeds both on 3 and 6 WAA (**Table 14**). The

effectiveness of herbicide with the active ingredient *Cyhalofop-butyl* 100g/L in controlling the weed *Leptochloa chinensis* in rice cultivation has been previously investigated, where this control can suppress weed growth up to 96% (Guntoro and Fitri, 2013). *Cyhalofop-butyl* herbicide is a selective herbicide that can inhibit fatty acid synthesis and is effective in controlling grass weeds (Fang *et al.*, 2020; Umiyati *et al.*, 2021).

In sub-plots, differences in lowland rice cropping systems did not affect the dry weight of *Leptochloa chinensis* weeds at 3 and 6 WAA (**Table 14**).

Table 12. *Leptochloa chinensis* anova test table 3 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main Plots						
Replications (K)	3	1.471465	0.490488			
P	2	21.658	10.829	13.65988	5.143253	*
Error (A)	6	4.756556	0.792759			
Total	11	27.88602				
Sub Plots						
S	1	0.499749	0.499749	0.942694	5.117355	ns
PS	2	0.511163	0.255582	0.482113	4.256495	ns
Error (B)	9	4.77	0.530128			
Total	23	5.782068				

Table 73. *Leptochloa chinensis* anova test table 6 weeks after application

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F value	F 5%	Note
Main Plots						
Replications (K)	3	0.481571	0.160524			
P	2	16.70373	8.351865	17.2921	5.143253	*
Error (A)	6	2.897924	0.482987			
Total	11	20.08323				
Sub Plots						
S	1	0.16875	0.16875	0.205998	5.117355	ns
PS	2	0.028796	0.014398	0.017576	4.256495	ns
Error (B)	9	7.37	0.819183			
Total	23	7.570191				

Table 14. The Average Weed Dry Weight Of *Leptochloa chinensis* During The Treatment Of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 3 and 6 WAA

Treatment	Weed Dry Weight (g m ⁻²)	
	3 WAA	6 WAA
Weed Control Method		
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	1.30 a	1.83 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	6.41 b	5.40 b
P ₃ (No Treatment)	12.19 c	11.18 c
Cropping System		
Tabela (T ₁)	7.02 a	6.61 a
Tapin (T ₂)	6.26 a	5.66 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Total weed dry weight. The results of the analysis showed that there was no interaction between weed control techniques (P1, P2, P3) and cropping systems (S1 and S2) on total weed dry weight at 3 and 6 WAA. Observations on the main plot (Table 15) showed that the weed control technique using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (P1) was more effective than manual weeding (P2) and without control (P3) in suppressing total weed growth in lowland rice fields. These results are in line with the research conducted by Widayat and Sumekar (2019) which explained that herbicides with the active ingredient *Cyhalofop-butyl* at a dose of 50-150 g/ha can control common weeds in rice fields in a transplanting system (tapin). The use of herbicides with the active ingredient *Cyhalofop-butyl* 100g/L was able to control weeds, especially grass groups in rice fields with the Tabela system.

Observation of subplots (cropping system) at 3 and 6 WAA showed that differences in lowland rice cropping systems did not affect the total dry weight of weeds. This condition could occur because in this experiment, weed growth in the plots with the Tabela (S1) cropping system was the same as weeds in the Tapin (S2) system. This

condition can occur because there is a period when the land is made inundated and messy so that it affects the growth of weeds. Stagnant water is needed to suppress the germination of weed seeds (Pane, 2003).

Observation of Phytotoxicity (Poisoning) in Rice Plants due to the *Cyhalofop-butyl* 100 g/L Herbicide. Toxicity levels (Table 16) were observed by visual assessment of plant populations in tiled plots at 1, 2, and 3 WAA. This toxicity assessment aimed to determine the effect of the application of the *Cyhalofop-butyl* 100g/L herbicide on rice plants. Based on the experimental results, it was found that the use of the herbicide *Cyhalofop butyl* 100g/L at a dose of 1.5 l/ha did not cause symptoms of poisoning to rice plants in both the Tabela system and the Tapin system. This was because the herbicide is a selective herbicide that is only toxic to certain plants or weeds. This selectivity is due to the differential effect of *Cyhalofop - butyl* for rice and weed targets. Rice plants have the ability to produce acetylase enzymes that can tolerate herbicides so the *Cyhalofop - butyl* do not have a negative or toxic impact on rice plants (Apriadi *et al.*, 2013; Zimdahl, 2018).

Table 15. The Average of total Weed Dry Weight During The Treatment Of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 3 and 6 WAA

Treatment Weed Control Method	Weed Dry Weight (g m ⁻²)	
	3 WAA	6 WAA
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	8.59 a	8.57 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	23.61 b	19.82 b
P ₃ (No Treatment)	33.00 c	40.78 c
Cropping System		
Tabela (T ₁)	23.57 a	24.13 a
Tapin (T ₂)	19.90 a	21.98 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Table 16. Observation of Rice Plants Poisoning due to the Effect of *Cyhalofop butyl* Herbicide

Treatment		Dosage	Observation		
			1 WAA	2 WAA	3 WAA
p ₁ s ₁	Cyhalofop-butyl 100 g/L - Tabela	1,5 l/ha	0.00	0.00	0.00
p ₁ s ₂	Manual (Weeding) - Tapin	21 and 42 DAP	0.00	0.00	0.00
P ₂ s ₁	No Treatment100 g/L - Tabela	-	0.00	0.00	0.00
P ₂ s ₂	Cyhalofop-butyl 100 g/L -Tapin	1,5 l/ha	0.00	0.00	0.00
P ₃ s ₁	Manual (Weeding) 100 g/L - tabela	21 and 42 DAP	0.00	0.00	0.00
P ₃ s ₂	No Treatment- Tapin	-	0.00	0.00	0.00

Observation of Rice Growth and Yield

Number of Tillers. Table 17 shows that there is no interaction between weed control and cropping systems on the number of tillers of rice plants at 1, 3, and 6 WAA. The main plots showed that the treatment of the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (p1) was not significantly different from the manual weeding treatment (p2) and was not significantly different from the treatment without weed control (p3). The results of the research conducted by Widayat and Sumekar, (2019) showed that the weed control method using the herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (p1) and weeding (p2) did not affect the growth of the number of tillers in rice plants. This is because the herbicide used is a selective herbicide that only affects the target weeds without disturbing the main crop.

Observations on sub-plots also showed the same thing, where differences in cropping systems did not affect the number of rice tillers at 1, 3, and 6 WAA. This condition can occur because the number of tillers is influenced by the genetics of the seeds used. This is in line with the results of research by Anhar *et al.* (2016) which states that the number of tillers and plant height of each variety is influenced by the nature of the varietal genes used.

Plant Height. The results of the analysis at 1, 3, and 6 WAA showed that there was no interaction between weed control (P1, P2, P3) and cropping systems (s1 and s2) on rice plant height (Table 18). Treatment of herbicide *Cyhalofop-butyl* 100g/L (p1) showed results that were not significantly different from weed control treatment using weeding (p2) and not significantly different from treatment without weed control (p3). This could be because the main elements needed to support plant growth were fulfilled so that the height of rice plants was higher than weeds and reduced competition. Plant height is also influenced by genetic factors where differences in genetic traits affect different characters or characteristics, so that genotype affects plant height (Yulina *et al.*, 2021; Limbongan, 2008).

This condition can occur because the Tabela and Tapin system uses different planting materials. These differences cause differences in the growth of rice plants at the beginning of the planting period. The results of observations of rice plant heights at 3 and 6 WAA showed that the height of rice plants in the Tabela system (s1) was not significantly different from the height of rice plants in the Tapin system (s2).

Table 17. Average Number of Tillers of Rice Plants during the Treatment of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 1, 3, and 6 WAA

Treatment	Number of Tillers		
Weed Control Method	1 WAA	2 WAA	3 WAA
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	21.81 a	23.46 a	24.63 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	22.00 a	22.92 a	24.25 a
P ₃ (No Treatment)	21.75 a	22.96 a	23.88 a
Cropping System			
Tabela (T ₁)	21.36 a	22.42 a	24.50 a
Tapin (T ₂)	22.35 a	23.81 a	24.00 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Table 18. Average Height of Rice Plants during the Treatment of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems at 1, 3, and 6 WAA

Treatment	Plant Height (cm)		
Weed Control Method	1 WAA	3 WAA	6 WAA
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	75.67 b	85.69 a	114.17 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	69.28 a	83.14 a	115.14 a
P ₃ (No Treatment)	71.75 a	83.46 a	112.34 a
Cropping System			
Tabela (T ₁)	69.28 a	85.69 a	114.17 a
Tapin (T ₂)	75.67 b	83.14 a	115.14 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Table 19. Average Yield of Rice Plants during Treatment of Weed Control Methods and Rice Cropping Systems

Treatment	Yield (kg)
Weed Control Method	
P ₁ (Herbicide <i>Cyhalofop-butyl</i> 100g/L)	11.79 a
P ₂ (Manual/ Weeding)	11.59 a
P ₃ (No Treatment)	11.56 a
Cropping System	
Tabela (T ₁)	11.65 a
Tapin (T ₂)	11.64 a

Description: The same letter in the same column shows no significant difference according to the LSD test with a level of 5%

Weight of Dry Milled Unhulled Rice. The results of the analysis showed that there was no interaction between weed control (P₁, P₂, P₃) and cropping systems (S₁ and S₂) on rice yields (Table 19). Observations on the main plot (weed control method) and sub-plots (planting system) did not show any effect on rice yields.

This condition can occur because it is suspected that on the experimental land, the number of weeds is still in small quantities and has not been in conditions that affect the growth of rice plants (threshold). Sastroutomo (1990) in (Widayat and Purba, 2015) revealed that a small amount of weed population will not reduce the main crop yield.

Conclusion

1. Chemical weed control using herbicides with the active ingredient *Cyhalofop butyl* 100 g/L is effective to suppress weed growth in lowland rice fields under the Tapin and Tabela system.
2. There was no interaction between weed control techniques and rice planting systems on weed and rice plant growth.

Acknowledgment

The authors are grateful to Rector, Dean of the Faculty of Agriculture, and all members of the Universitas Padjadjaran, as well as the weed science research team.

Daftar Pustaka

- Anhar, R. Ertita, and H. Efendi. 2016. Pengaruh Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Plasma Nutfah Padi Lokal Asal Aceh. *Jurnal Kawisa*, 1(1): 30 – 36.
- Apriyadi, W., D.R. Sembodo, and H. Susanto. 2013. Efikasi Herbisida 2,4-D terhadap Gulma Pada Budidaya Tanaman Padi Sawah (*Oryza Sativa* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(3): 269-276.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Produktivitas dan Luas Panen Padi pada 2020. accessed from <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021>
- Fang, J., Z. He, T. Liu, J. Li, and L. Dong. 2020. A novel mutation Asp-2078-Glu in ACCase confers resistance to ACCase herbicides in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Pestic Biochem Physiol.*, 168: 104634.
- Guntoro, D. and T. Fitri. 2013. Aktivitas Herbisida Campuran Bahan Aktif Cyhalofop-butyl dan Penoxsulam terhadap Beberapa Jenis Gulma Padi Sawah. *Bul. Agrohorti* 1(1): 140-148.
- Jamilah. 2013. Pengaruh Penyiangan Gulma dan Sistem Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Sawah. *Jurnal Agrista*, 17(1): 28-35.
- Kurniadie, D., Y. Sumekar, and M. Tajjudin. 2020. Herbisida Natrium Bispiribak Dosis Rendah Terbukti Efektif Mengendalikan Gulma Pada Sistem Tanam Benih Langsung Padi. *Jurnal Kultivasi*, 19(2): 1126 – 1134.
- Limbongan, Y.L. 2008. Analisis Genetik dan Seleksi Genotipe Unggul Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) untuk Adaptasi pada Ekosistem Dataran Tinggi. Accessed from <http://respository.ipb.ac.id>
- Mahfudz., D. Guntoro, and D. Latifah. 2015. Efikasi Herbisida Kombinasi Tetris dan Basagran terhadap Gulma Umum pada Budidaya Tanaman Padi Sawah Tabela. *Jurnal Agroland*, 19(1): 16–26.
- Moenandir. 1993. Persaingan Tanaman Budidaya dengan Gulma. Rajawali Press. Jakarta.
- Pane, H. 2003. Kendala dan peluang pengembangan teknologi padi tanam benih langsung. *Litbang Pertanian*, 22(4): 172–178.
- Pitojo, S. 2006. Budidaya Padi Sawah Tabela. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Simanjuntak, R., K. Wicaksono, and S. Tyasmoro. 2016. Pengujian Efikasi Herbisida Berbahan

- Aktif Pirazosulfron Etil 10 % untuk Penyiangan pada Budidaya Padi Sawah. *Jurnal Produksi Tanaman*, 4 (1): 31 – 39.
- Simatupang, R., H. Subagio, L. Indrayanti, and Nurita. 2015. *Gulma Pasang Surut: Keragaman, Dominasi, Pengendalian, pengelolaan, dan Pemanfaatannya*. IAARD Press. Jakarta.
- Sukman, Y. 1991. *Gulma dan Teknik Pengendalian*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Sumekar, Y. 2019. The Effect of Butyl Cyhalophop Herbicide on Weeds, Growth and Yield of Rice Plants (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Veterinary Science and Agriculture Research*, 1: 2582-4112.
- Umiyati, U. 2016. Efikasi Herbisida Oksifluorfen 240 g/L untuk Mengendalikan gulma pada Budidaya Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Kultivasi*, 15(2).
- Umiyati, U., D. Kurniadie, and Deden. 2021. Efektivitas Cyhalofopbutyl Mengendalikan Gulma pada Budidaya Padi Sawah Tabela. *Agrotechnology Research Journal*, 5(2): 125 – 130.
- Utami, S., D. Kurniadie, and D. Widayat. 2020. Dinamika Populasi Gulma Akibat Aplikasi Herbisida Metil Metsulfuron pada Padi Sawah Sistem Tanam Pindah (Tapin) dan Tanam Benih Langsung (Tabela). *Jurnal Agrikultura*, 31 (3): 174 – 181
- Weed science. 2011. Herbicide Resistant Weed Summary Table. Accessed from <http://www.weedscience.org/>
- Widayat, D., and C. Purba. 2015. Produktivitas tanaman dan kehilangan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) kultivar Ciherang pada kombinasi jarak tanam dengan frekuensi penyiangan berbeda. *Jurnal Kultivasi*, 14(1): 17-24.
- Widayat, D. and Y. Sumekar. 2019. The Effect of Butyl Cyhalophop Herbicide on Weeds , Growth and Yield of Rice Plants (*Oryza sativa* L.). 1(4).
- Yulina, N., C. Ezwar, and A. Haitami. 2021. Karakter Tinggi Tanaman, Umur Panen, Jumlah Anakan Dan Bobot Panen Pada 14 Genotipe Padi Lokal. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 6(1): 15.
- Zimdahl, R. L. 2018. *Fundamentals of Weed Science* (Fifth Edition). Academic Press.

Anjarsari, I.R.D.

Rekayasa budidaya dan penanganan pascapanen untuk meningkatkan kualitas teh Indonesia sebagai minuman fungsional kaya antioksidan

Sari. Teh sebagai minuman fungsional sejalan dengan tema hari keamanan pangan 2021 yang bertema *Safe food today for a healthy tomorrow*, yang menekankan bahwa produksi dan konsumsi produk pangan yang aman akan memiliki manfaat jangka panjang untuk kesehatan dan ekosistem untuk masa depan. Teh (*Camelia sinensis* L. (O.) Kuntze) merupakan minuman yang kaya akan senyawa bioaktif berupa antioksidan yang baik untuk kesehatan. Tidak hanya sebagai penghilang dahaga, tetapi kini teh berkembang sebagai minuman fungsional yang berperan dalam aspek kesehatan. Jawa Barat sebagai produsen teh dengan produksi terbanyak di Indonesia tentunya memiliki potensi yang cukup besar dalam mengembangkan industri teh mulai dari hulu hingga hilir, baik untuk jenis teh hitam, teh hijau, ataupun teh putih. Peningkatan kadar katekin sebagai antioksidan dari segi agronomi sangat dibutuhkan melalui inovasi dan riset yang terus menerus. Teh Indonesia khususnya Jawa Barat berpotensi untuk dikembangkan sebagai minuman fungsional, terutama varietas Assamica yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi. Rekayasa budidaya tanaman teh sebagai minuman fungsional yang kaya antioksidan dapat dicapai melalui pemilihan klon, teknologi pemuliaan tanaman, penanaman pohon pelindung, optimalisasi lingkungan tumbuh serta diikuti oleh penanganan pasca panen, yakni pengolahan di pabrik serta teknik penyimpanan.

Kata kunci : Antioksidan · Assamica · Minuman fungsional

Modification of pre- and post-harvest handling to increase Indonesian tea quality as antioxidant-rich functional beverage

Abstract. Tea as a functional beverage is in line with the theme of the 2021 food safety day, i.e., “Safe food today for a healthy tomorrow”, that emphasizes that the production and consumption of safe food products will have long-term benefits for health and ecosystem in the future. Tea (*Camelia sinensis* L. (O.) Kuntze) is an antioxidant-rich beverage that are good for health. Recently, tea served not only as a thirst quencher but also as a functional drink that plays a role in health aspects. West Java as the highest tea producer in Indonesia certainly has considerable potential in developing tea industry from upstream to downstream, whether for black tea, green tea or white tea. Increasing levels of catechins as antioxidants from an agronomic perspective are needed through continuous innovation and research on tea. Indonesian tea, especially West Java, has the potential to be developed as a functional drink, especially the Assamica variety with its high antioxidant content. Pre-harvest modification on tea plant to form antioxidant-rich functional beverage can be achieved through clone selection, plant breeding technology, planting protective trees, optimizing the growing environment and followed by post-harvest handling through factory processing as well as storage techniques.

Keywords : Antioxidants · Assamica · Functional beverage

Diterima : 7 Oktober 2021, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36027>

Anjarsari, I.R.D.

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Korespondensi: intan.ratna@unpad.ac.id

Anjarsari, I.R.D.: Rekayasa budidaya dan penanganan pascapanen untuk meningkatkan kualitas teh Indonesia sebagai minuman fungsional kaya antioksidan

Pendahuluan

Pangan fungsional didefinisikan sebagai zat yang berasal dari sumber nabati (tumbuhan) dan sumber hewani (hewan) yang mengandung bahan tertentu yang berperan utama memberikan manfaat fisiologis selain memenuhi gizi. Syarat yang harus dimiliki oleh suatu produk agar dapat dikatakan sebagai pangan fungsional, diantaranya (1) Harus merupakan produk pangan (bukan berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk) yang berasal dari bahan (*ingredient*) alami, (2) Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari, (3) Mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna, serta dapat memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti: memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu, menjaga kondisi fisik dan mental, serta memperlambat proses penuaan (Astawan, 2011).

Teh adalah salah satu makanan fungsional yang paling penting (Hayat *et al.*, 2015) karena kandungan antioksidannya cukup tinggi, seperti yang terkandung pada jenis olahan teh hijau, teh putih, atau teh hitam. Sekitar 78% produk jadi daun teh yang diproduksi di seluruh dunia adalah teh hitam yang biasanya dikonsumsi di negara-negara Barat, 20% adalah teh hijau yang biasa dikonsumsi di negara-negara Asia, dan 2% adalah teh oolong yang diproduksi (dengan fermentasi parsial) terutama di Cina Selatan (Butt and Sultan, 2009). Manfaat kesehatan yang diperoleh dari mengonsumsi teh diyakini sebagian besar karena adanya kandungan flavonoidnya yang cukup tinggi. Hasil studi menunjukkan bahwa teh hijau dapat berkontribusi pada pengurangan risiko penyakit kardiovaskular dan kanker, serta untuk kesehatan mulut. Selain itu, teh hijau memiliki antioksidan yang tinggi, anti-inflamasi, antimikroba, dan antihipertensi. Meningkatnya minat masyarakat terhadap manfaat kesehatan teh telah menyebabkan dimasukkannya teh hijau ke dalam kelompok minuman dengan sifat fungsional (Adak and Gabar, 2011).

Konsumsi teh di pasar dalam negeri meningkat cukup signifikan sebesar 4% per tahun selama kurun waktu 2005-2018 dan pada tahun 2018 konsumsi teh di Indonesia mencapai 105.000 ton, yang setara dengan 75% dari total produksi teh nasional. Hal ini merupakan kontribusi yang cukup besar. Melalui

peningkatan konsumsi yang konsisten terutama di dalam negeri seharusnya menjadi faktor pendorong untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas teh lokal (Suprihatini *et al.*, 2021).

Berbicara tentang teh Indonesia tak lepas dari provinsi Jawa Barat sebagai sentra teh unggulan nasional. Menurut Dinas Perkebunan Jawa Barat (2019), Jawa Barat menjadi penghasil teh terbanyak dengan mendominasi 70% dari produksi nasional. Perusahaan perkebunan dan pabrik pengolahan teh tersebar di beberapa kabupaten, yakni Bandung, Sukabumi, Garut, Subang, Sumedang, Bogor, Purwakarta, Tasikmalaya, hingga Cianjur, dengan luas total 92.816 Ha (REP Humas Jabar, 2019). Teh hijau banyak ditanam petani dan diproduksi di daerah Jawa Barat. Hasil produksinya berupa teh hijau kering maupun minuman teh kemasan botol siap minum. Sejalan dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya hidup sehat, maka tuntutan konsumen terhadap bahan pangan juga semakin bergeser. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen tidak hanya yang mempunyai komposisi gizi yang baik serta penampilan dan rasa yang menarik, tetapi juga harus memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh. Fungsi yang demikian dikenal sebagai fungsi tersier (*tertiary function*). Saat ini banyak dipopulerkan bahan pangan yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu di dalam tubuh, misalnya untuk menurunkan tekanan darah, menurunkan kadar kolesterol, menurunkan kadar gula darah, meningkatkan penyerapan kalsium, dan lain-lain. Semakin tinggi tingkat kemakmuran dan kesadaran seseorang terhadap kesehatan, maka tuntutan terhadap ketiga fungsi bahan pangan tersebut akan semakin tinggi pula (Astawan, 2011).

Antioksidan dalam Produk Teh

Terdapat tiga jenis produk teh utama, yaitu teh hijau, hitam, dan oolong yang berbeda dalam proses pembuatannya (Rohdiana, 2019). Produksi teh hijau dimulai dari panen pucuk daun kemudian dilayukan dengan cepat untuk menonaktifkan enzim polifenol oksidase, sehingga mencegah fermentasi dan menghasilkan produk yang kering dan stabil. Untuk menghasilkan teh hitam dan teh oolong, daun segar dibiarkan layu sampai kadar airnya berkurang menjadi <55% dari berat daun asli,

yang menghasilkan konsentrasi polifenol (PP) dalam daun (Hayat *et al.*, 2015). Daun yang layu kemudian digulung dan dihancurkan, sehingga memulai fermentasi PP. Selama proses ini, katekin (sekelompok PP alami dalam teh hijau, terhitung untuk warna dan rasa khasnya) diubah menjadi senyawa polimer, theaflavin (TF) dan thearubigin (TR), yang mengakibatkan penurunan kandungan katekin (Hayat *et al.*, 2015).

Komposisi teh tergantung pada berbagai faktor, termasuk iklim, musim, praktek budidaya, varietas, dan umur tanaman. Teh hijau mengandung dua kelompok senyawa, yaitu polifenol dan alkaloid. Alkaloid yang ditemukan dalam teh termasuk kafein, teobromin, dan teofilin, yang memberikan efek stimulan teh. Di sisi lain, polifenol termasuk flavanol, flavanoid, dan asam fenolik menyumbang 30% dari berat kering daun teh hijau (Butt and Sultan, 2009). Selengkapnya mengenai kandungan bioaktif pada teh dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

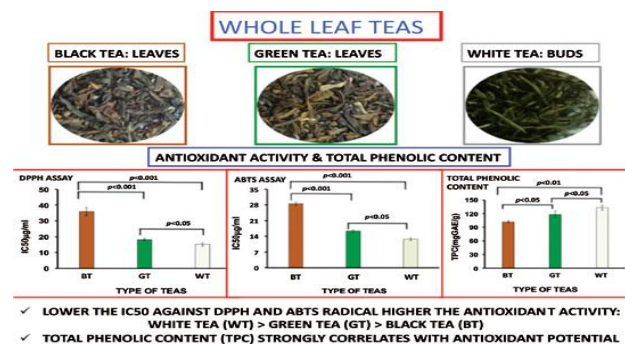
Tabel 1. Kandungan komponen bioaktif pada berbagai jenis teh

Komponen (% b/b)	Teh Putih*	Teh Hijau*	Teh Oolong	Teh Hitam*
Total polifenol	21,54	19,18	17,6	16,5
Total katekin	13,22	12,95	10,3	4,2
Kafein	4,85	3,4	3,7	3,5
Asam Galat	nd	0,09	nd	0,26
Theaflavin	nd	nd	nd	0,94*

Sumber: (Hilal and Engelhardt, 2007) Keterangan: ND (tidak terdeteksi)

Teh mengandung banyak senyawa bioaktif yang sepertiganya berupa polifenol. Polifenol dapat berupa flavonoid atau non-flavonoid, namun kebanyakan polifenol yang dikandung teh berupa flavonoid. Polifenol pada teh berupa katekin dan flavanol (Spillane, 1992). Senyawa ini berfungsi sebagai antioksidan untuk menangkap radikal bebas dalam tubuh dan dapat mencegah berkembangnya sel kanker dalam tubuh. Katekin merupakan salah satu senyawa utama yang menentukan mutu pada daun teh dengan kerangka flavan-3-ol (Hasanah *et al.*, 2012). Katekin yang mendominasi 20% berat kering teh merupakan substansi utama yang menyebabkan teh memenuhi persyaratan sebagai minuman fungsional. Senyawa ini dikandung lebih banyak pada pucuk tanaman

teh varietas Assamica dibandingkan varietas Sinensis (Yamanishi, 1995). Varietas Assamica banyak dikembangkan di Indonesia karena syarat tumbuhnya yang sesuai dengan ciri dari varietas ini yaitu memiliki pohon yang tinggi dengan daun lebar (Mitrowihardjo, 2012). Teh hitam lebih sedikit mengandung katekin daripada teh hijau karena dalam proses pengolahannya sengaja mengoksidasi katekin untuk memperbaiki warna, rasa, dan aromanya. Kandungan total fenolik dari berbagai jenis teh menunjukkan urutan sebagai berikut: teh putih (133,30 mg/g) > teh hijau (118,37 mg/g) > teh hitam (101,8 mg/g). Korelasi yang kuat diamati antara kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan dari berbagai jenis teh dengan koefisien korelasi berkisar antara 0,87-0,97. Diagram batang berikut ini (Gambar 1) yang menggambarkan jenis-jenis teh dengan aktivitas antioksidan dan kandungan total fenoliknya.



Gambar 1. Jenis jenis teh dengan aktivitas antioksidan dan kandungan total fenoliknya (Kaur *et al.*, 2017)

Polifenol adalah senyawa fenolik yang berasal dari tumbuhan (Gambar 1) yang memiliki sifat antioksidan dan antiinflamasi, kekebalan, antitumor, dan prebiotik. Polifenol memberikan manfaat untuk pencegahan dan pengobatan beragam penyakit kronis, seperti resistensi insulin, sindrom metabolik, diabetes, penyakit hati dan aterosklerosis (Levy *et al.*, 2020).

Rekayasa Budidaya dan Pascapanen Untuk Menciptakan Teh Kaya Antioksidan

Dengan melihat potensi bahan baku teh yang ada di Indonesia, terutama Jawa Barat, peluang untuk menghasilkan minuman fungsional teh

yang tinggi katekin seperti halnya pada teh hijau, cukup terbuka luas. Upaya peningkatan antioksidan dapat dimulai dari kegiatan di kebun diantaranya:

1. Pemilihan Varietas

Varietas *Assamica* mengandung kandungan katekin tertinggi (231 mg g⁻¹ berat kering (BK)) diikuti oleh Cambod (202 mg g⁻¹ BK), dan kultivar Cina (157 mg g⁻¹ BK (Sabhapondit *et al.*, 2012). Hasil serupa dinyatakan oleh Sharma *et al.* (2011) yang juga menemukan bahwa penyumbang terbesar kedua untuk total kandungan katekin adalah Epigallocatechin (EGC) pada varietas Assam, sedangkan Epicatechin galat (ECG) pada varietas Cambod dan varietas Cina.

2. Pemuliaan tanaman

Rekayasa produksi minuman fungsional teh kaya katekin juga dapat dilakukan melalui upaya pemuliaan tanaman dan rekayasa budidaya di kebun. Perolehan klon-klon baru kaya katekin dan miskin kafein sangat mendukung keberhasilan program ini, demikian pula beberapa tindakan agronomis yang dapat memacu biosintesis katekin dan menekan produksi kafein karena aktivitas antioksidan sangat berkorelasi dengan keberadaan katekin (Rohdiana dan Widianata, 2013).

Perakitan klon teh unggul melalui program pemuliaan tanaman dimulai dari pengelolaan plasma nutfah untuk mengidentifikasi sumber gen keunggulan, perakitan keunggulan melalui persilangan buatan untuk mendapatkan materi seleksi yang terarah dalam jumlah cukup, seleksi pohon induk untuk menemukan keunggulan, yang selanjutnya diikuti dengan uji potensi dan stabilitas (Sriyadi, 2012). Hal ini dilakukan untuk mendukung pengembangan produk teh, sehingga perlu ditemukan klon unggul baru yang berpotensi hasil tinggi dan mengandung katekin tinggi.

3. Penanaman Pohon Pelindung

Menurut Jakubczyk *et al.* (2020), perlindungan terhadap matahari memungkinkan tanaman untuk membuat sejumlah besar senyawa bioaktif, termasuk klorofil dan l-theanine. Hasil budidaya tanaman di tempat teduh sebelum panen adalah rasa yang unik dan warna, tetapi nilai dan kandungan tehnya juga tergantung pada musim saat daun dipanen. Penanaman pohon

pelindung di kebun teh sangat berpengaruh terhadap kualitas teh. Pohon pelindung yang dapat digunakan diantaranya silver oak (*Grevillea robusta*), albasia (*Albizia falcataria*), kaliandra (*Calliandra calothyrsus*), dadap (*Erythrina lithosperma*), lamtorogung (*Lecaeana leucocephala*) dan akasia (*Acacia pruinosa*) (Haq, 2013). Spesies *Albizia chinensis* awalnya ditanam di perkebunan teh sebagai pohon penyubur teh. Namun, belakangan disadari bahwa pohon pelindung tidak hanya memberikan nutrisi bagi tanah, tetapi pohon pelindung memiliki banyak efek menguntungkan untuk meningkatkan antioksidan dalam tanaman teh. Pohon pelindung merupakan bagian integral dari perkebunan teh terutama di daerah-daerah di mana suhu daun naik untuk mempengaruhi fotosintesis dan menyebabkan kerusakan daun karena hangus (scorching) (World, 2013).

4. Optimasi Faktor lingkungan tumbuh

Wei *et al.* (2011) melaporkan bahwa kadar katekin sangat dipengaruhi oleh cuaca, dan kadarnya berkorelasi negatif dengan suhu terendah harian, tetapi berkorelasi positif dengan curah hujan dan waktu paparan sinar matahari. Erturk *et al.* (2010) mempelajari variasi musiman terhadap kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan dalam daun teh segar yang dipanen dari klon berbeda yang dibudidayakan di Turki selama tiga musim panen dua tahun berturut-turut. Pada tenggang waktu tersebut, kandungan total fenolik dari semua klon lebih rendah pada bulan-bulan dingin.

Semua studi ini menunjukkan bahwa tingkat katekin total dan individu menunjukkan fluktuasi musiman yang tajam dalam menanggapi suhu, panjang hari, penyinaran, dan UV. Namun, karena teh ditanam di daerah beriklim sedang, faktor-faktor ini sulit untuk dipisahkan satu sama lain, tetapi harus diperhitungkan dalam upaya di masa depan untuk mengoptimalkan/memaksimalkan kadar flavonoid dalam teh. Dilihat dari aspek agronomi, hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis korelasi menunjukkan bahwa katekin merupakan fraksi katekin utama yang berkorelasi signifikan dengan faktor iklim dan kandungan klorofil. Selain itu, kandungan klorofil secara signifikan dipengaruhi oleh faktor iklim, dengan koefisien korelasi tertinggi untuk suhu terendah harian. Selanjutnya, peningkatan kandungan klorofil a selama

perkembangan daun muda diamati bersamaan dengan peningkatan epikatekin epigalokatekin dan penurunan katekin yang menunjukkan klorofil memainkan peran penting dalam pembentukan katekin (Wei *et al.*, 2011).

5. Penanganan dalam Pasca Panen

a. Pengolahan di Pabrik

Tahapan pengolahan pucuk teh berkatekin tinggi di pabrik sudah mulai dimanfaatkan melalui rekayasa proses pengolahan teh serta rancang bangun prototipe alat pengolahannya (Bambang *et al.*, 2000, dalam Anjarsari, 2016). Prinsip dasar rekayasa pengolahan teh berkatekin tinggi adalah proses inaktivasi enzim yang lebih baik dengan uap panas, diikuti dengan proses penggilingan yang kuat dan cepat, dan diakhiri dengan proses pengeringan berkesinambungan yang singkat. Proses demikian diharapkan dapat mempertahankan secara maksimal katekin yang dikandung pucuk teh. Kualitas akhir teh terutama tergantung pada komposisi kimia dari daun teh mentah.

Berbagai cara pemetikan melalui pemetikan manual (dengan tangan), semi mekanis (gunting petik) dan secara mekanis (mesin petik) memiliki efek langsung, baik pada hasil maupun kualitas pada varietas budidaya dan lingkungan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polifenol, kafein, minyak esensial, dan asam amino bertanggung jawab atas aroma dan rasa teh hitam. Proses oksidasi dimulai pada tahap *rolling* dan berakhir pada tahap awal proses pengeringan sampai panas mendenaturasi enzim, yang mengubah teh polifenol (katekin) menjadi theaflavin (TF) dan thearubigins (TR); keduanya bertanggung jawab atas kecerahan, warna, dan rasa teh hitam. Thearubigins meningkat dengan bertambahnya waktu fermentasi. Theaflavin berkurang dengan semakin bertambahnya periode fermentasi (Teshome, 2019).

6. Teknik Penyimpanan

Teh hitam rentan terhadap kerusakan dan kehilangan nilai selama penyimpanan (Tounekti *et al.*, 2013) sebagai akibat dari reaksi pasca produksi terutama ketika kadar airnya di atas $4 \pm 1\%$. Residu aktivitas polifenol oksidase berperan atas hilangnya theaflavin dan peningkatan thearubigins pada saat terjadinya oksidasi enzimatis (Shibasaki-Kitakawa *et al.*, 2008). Sharma *et al.* (2011) menunjukkan

penurunan progresif dalam kadar katekin total, terutama produk teh hijau celup komersial, disimpan selama 6 bulan dalam gelap pada 20 °C dalam kemasan ritel aslinya. Rata-rata kehilangan katekin total selama periode ini adalah 32%. Epigalokatekin galat (EGCG) dan epikatekin galat (ECG) masing-masing turun 28 dan 51%, sementara epikatekin relatif stabil, turun 8,6%. Stabilitas ekstrak bubuk teh hijau ditentukan oleh kondisi penyimpanan dengan degradasi yang dipercepat oleh peningkatan suhu dan kelembaban (Li *et al.*, 2011). Ketika ditambahkan ke minuman siap minum, faktor-faktor seperti formulasi produk, pH, tingkat panas dalam pemrosesan, kondisi penyimpanan, dan bahkan komposisi ekstrak mempengaruhi stabilitas (Labbé *et al.*, 2006).

Potensi Kebun Teh Jawa Barat dalam Meningkatkan Kualitas Antioksidan Teh

Perkebunan teh di Jawa Barat dibagi menjadi Perkebunan Rakyat dan Perkebunan Besar. Perkebunan Besar dibagi lagi menjadi Perkebunan Besar Negara (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS). Perkebunan Rakyat menghasilkan 45% produksi teh dan menyumbang produksi paling tinggi di tahun 2019, disusul Perkebunan Besar Swasta 29% dan Perkebunan Besar Negara 26%. Produksi perkebunan teh di Jawa Barat tahun 2019 sebanyak 97.756 ton mengalami kenaikan 5,16% dari tahun 2018 yang menghasilkan 92.962 ton (Open Data Jabar, 2020). Perkebunan Rakyat umumnya mengolah pucuk teh menjadi teh hijau sedangkan PBN dan PBS umumnya mengolah pucuk menjadi teh hitam atau teh hijau

Produksi teh nusantara yang dihasilkan tangan-tangan mahir dari petani di Provinsi Jawa Barat senantiasa terus memproduksi dari tahun ke tahun. Luas areal perkebunan teh nusantara mencapai 109.900 hektar atau sekitar 78 persen dari luas areal perkebunan teh di Indonesia, dan tiap tahunnya provinsi Jawa Barat berhasil menyumbang 80 persen total kebutuhan produksi teh nasional (Balai Tanaman Industri Teh Industri dan Penyegar, 2013). Langkah penerapan *Good Agriculture Practice (GAP)* dalam budidaya teh Jawa Barat diharapkan dapat membantu meningkatkan

produktivitas dan perbaikan kualitas produksi teh di Jawa Barat.

Demikian pula untuk PBN maupun PBS juga berkontribusi terhadap industri teh Indonesia selangkah lebih maju dibandingkan perkebunan rakyat guna memenuhi pasar lokal dan internasional. Baik perkebunan rakyat, negara, maupun swasta diharapkan dapat bersinergi dalam mendukung pengembangan komoditas teh Jawa Barat sebagai komoditas strategis yang berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan baik pangan utama maupun fungsional sehingga komoditas ini dapat menjadi komoditas unggulan utama di Jawa Barat pada khususnya. Selain itu, perlu meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mengkonsumsi teh dengan jumlah dan takaran yang tepat agar manfaatnya akan lebih dirasakan bagi tubuh.

Kesimpulan

Teh Indonesia, khususnya Jawa Barat, berpotensi untuk dikembangkan sebagai minuman fungsional. Untuk menjadikan teh menjadi minuman fungsional, maka perlu diterapkan rangkaian kegiatan dari hulu ke hilir. Beberapa tahapan teknologi budidaya berupa pemilihan klon, teknologi pemuliaan tanaman, penanaman pohon pelindung, optimalisasi lingkungan tumbuh, serta didukung oleh kegiatan penanganan pasca panen, yakni pengolahan di pabrik, serta teknik penyimpanan. Perkebunan rakyat, negara, maupun swasta diharapkan dapat bersinergi dalam mendukung pengembangan komoditas teh Jawa Barat sebagai komoditas strategis yang berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan pangan fungsional sehingga komoditas ini dapat menjadi komoditas unggulan utama di Jawa Barat pada khususnya.

Daftar Pustaka

- Adak, M. and M.A. Gabar. 2011. Green tea as a functional food for better health: A brief review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2(2): 645-664.
- Anjarsari, I.R.D. 2016. Katekin teh Indonesia : prospek dan manfaatnya. *Jurnal Kultivasi*, 15(2): 99-106.
- Astawan, M. 2011. Pangan Fungsional untuk Kesehatan yang Optimal. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9): 1689-1699.
- Balai Tanaman Industri Teh Industri dan Penyegar. 2013. Jawa Barat Menguasai 78 Perkebunan Teh di Indonesia. Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian, Kementrian Pertanian. <http://balittri.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/berita-lain/227--271110184517kebuntehportal-jawa-barat-kuasai-78-perkebunan-teh-di-indonesia>
- Butt, M.S. and M.T. Sultan. 2009. Green tea: Nature's defense against malignancies. *Cri. Rev. Food Sci. Nutr.*, 49:463-473.
- Erturk, Y., S. Ercisli, M. Sengul, Z. Eser, A. Haznedar, and M. Turan. 2010. Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(1): 69-74.
- Haq, M.S. 2013. Upaya peningkatan produksi teh melalui penerapan kultur teknis. *Muthia*, 24(1): 71-84.
- Hasanah, U., S. Hamdani, dan A. Firmansyah. 2012. Perbandingan kadar katekin dari beberapa jenis kualitas teh hitam (*Camellia sinensis* L. [O] Kuntze) di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1: 7-12.
- Hayat, K., H. Iqbal, U. Malik, U. Bilal, and S. Mushtaq. 2015. Tea and its consumption: benefits and risks. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7): 939-954.
- Hilal, Y. and U. Engelhardt. 2007. Characterisation of white tea-comparison to green tea and black tea. *J. Verbr. Lebensm*, 2: 414-421.
- Jakubczyk, K., J. Kochman, A. Kwiatkowska, J. Kaldunska, K. Dec, D. Kawczuga, and K. Janda. 2020. Antioxidant properties and nutritional composition of matcha green tea. *Foods*, 9(4): 1-10.
- Kaur, A., S. Farooq, and A. Sehgal. 2017. A comparative study of antioxidant potential and phenolic content in white (silver needle), green and black tea. *Current Nutrition & Food Science*, 15(4): 415-420.
- Labbé, D., A. Tremblay, and L. Bazinet. 2006. Effect of brewing temperature and duration on green tea catechin

- solubilization: Basis for production of EGC and EGCG-enriched fractions. *Separation and Purification Technology*, 49(1): 1–9.
- Levy, E., E. Delvin, V. Marcil, and S. Spahis. 2020. Can phytotherapy with polyphenols serve as a powerful approach for the prevention and therapy tool of novel coronavirus disease 2019 (COVID-19)? *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 319(4): E689–E708.
- Li, N., L.S. Taylor, and L.J. Mauer. 2011. Degradation kinetics of catechins in green tea powder: effects of temperature and relative humidity. *J. Agric. Food Chem.*, 59: 6082–6090.
- Mitrowihardjo, S. 2012. Kandungan Katekin Dan Hasil Pucuk Beberapa Klon Teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) Unggulan Pada Ketinggian Yang Berbeda Di Kebun Pagilaran. Universitas Gajah Mada.
- Open Data Jabar. 2020. Komoditas Teh Jawa Barat.
<https://opendata.jabarprov.go.id/id/info-grafik/komoditas-teh-jawa-barat>
- REP Humas Jabar. 2019. Upaya Jabar Tingkatkan Popularitas Teh Indonesia di Dunia. <https://www.jabarprov.go.id/index.php/news/33928/2019/08/02>
- Rohdiana. 2019. Teh: proses, karakteristik & komponen fungsionalnya. *Food Review Indonesia*, 10(8): 34–37.
- Rohdiana, D. dan T. Widiyantara. 2013. Aktivitas Polifenol Teh Sebagai Penangkap Radikal. Seminar Pangan Fungsional.
- Sabhapondit, S., T. Karak, L.P. Bhuyan, B.C. Goswami, and M. Hazarika. 2012. Diversity of catechin in Northeast Indian tea cultivars. *The Scientific World Journal*, 2012 (Figure 1). <https://doi.org/10.1100/2012/485193>.
- Sharma, V., R. Joshi, and A. Gulati. 2011. Seasonal clonal variations and effects of stresses on quality chemicals and prephenate dehydratase enzyme activity in tea (*Camellia sinensis*). *European Food Research and Technology*, 232(2): 307–317.
- Shibasaki-Kitakawa, N., J. Takeishi, and T. Yonemoto. 2008. Improvement of Catechin Productivity in Suspension Cultures of Tea Callus Cells. *Biotechnology Process*, 19(2): 655–658.
- Spillane, J. 1992. Komoditi teh: Peranannya dalam perekonomian Indonesia. Kanisius. Jakarta.
- Sriyadi, B. 2012. Seleksi klon teh assamica unggul berpotensi hasil dan kadar katekin tinggi. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 15(1): 1–10.
- Suprihatini, R., V. Sokoastri, A. Srimulyatni, D. Setiadi, dan A.D. Mawardhi. 2021. Prioritas kebijakan komoditas teh untuk penyelamatan perkebunan teh nasional. *Analisis Dan Opini Perkebunan*, 2(2).
- Teshome, K. 2019. Effect of tea processing methods on biochemical composition and sensory quality of black tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze): A review. *Journal of Horticulture and Forestry*, 11(6): 84–95.
- Tounekti, T., E. Joubert, I. Hernández, and S. Munné-Bosch. 2013. Improving the polyphenol content of tea. *Critical Reviews In Plant Sciences*, 32(3): 192–215.
- Wei, K., L. Wang, J. Zhou, and H. Cheng. 2011. Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food Chemistry*, 125(1): 44–48.
- World, T. 2013. Shade and Shade Management in Tea in N.E India. 1–2. <http://teaworld.kkhsou.in/page-details.php>
- Yamanishi, T. 1995. Flavor of tea. *Food Reviews International*, 11(477).

Widarawati, R. · T.A.D. Haryanto · R.F. Rahayuniati

Respon perkecambahan biji aren terhadap larutan pupuk organik cair dan waktu perendaman

Sari Peningkatan kualitas kecambah dapat dibantu dengan *seed priming*, seperti perendaman dalam larutan pupuk organik cair. Penelitian bertujuan untuk mengetahui: pengaruh berbagai bahan dan konsentrasi *seed priming* terhadap perkecambahan biji aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr.), pengaruh waktu perendaman terhadap perkecambahan biji aren, dan interaksi antara berbagai konsentrasi dan waktu perendaman pada perkecambahan aren. Penelitian dilaksanakan di Dusun 2 Desa Pasir Kulon Kecamatan Karanglewas Kabupaten Banyumas Jawa Tengah dengan ketinggian tempat 140 m di atas permukaan laut pada September 2020 sampai Maret 2021. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor perlakuan dan diulang tiga kali. Perlakuan terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah bahan seed priming, yaitu POC Nasa, Bio-P60 dan Bio-T10 yang dikombinasikan dengan 5 taraf konsentrasi pada masing-masing bahan (5%, 25%, 50%, 75% dan 100 %). Faktor kedua adalah lama perendaman yang terbagi menjadi 4 level, yaitu 0 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi POC Nasa, Bio P60 dan Bio T10 tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar, volume akar, kecepatan berkecambah. Perlakuan lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap semua variabel yang diamati. Interaksi Konsentrasi POC Nasa, Bio P60 dan Bio T10 dengan lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar, volume akar, dan kecepatan berkecambah.

Kata kunci: Aren · Bio-P60 · Bio-T10 · Konsentrasi · POC Nasa · Waktu perendaman

Germination response of *Arenga pinnata* seed to the type of liquid organic fertilizer and soaking time

Abstract Improving the quality of sprouts can be assisted by seed priming, such as soaking in a liquid organic fertilizer solution. This research aimed to know: the effect of various type and concentration of liquid organic fertilizer as seed priming on sugar palm (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr.) seed germination; the effect of soaking time on sugar palm seed germination; and the interaction between various concentrations of stratified substances and soaking time on sugar palm seed germination. The experiment was conducted in Hamlet 2, Pasir Kulon Village, Karanglewas District, Banyumas Regency, Central Java with an altitude of 140 m above sea levels from September 2020 to March 2021. The experimental design used in the study was a factorial randomized block design (RBD) with two factors of treatment and repeated three times. The first factor was the liquid organic fertilizer as seed priming material, namely POC Nasa, Bio-P60 and Bio-T10 with 5 levels of concentration in each liquid fertilizer (5%, 25%, 50%, 75% and 100%). The second factor was the soaking time which was consisted of 4 levels, namely 0 minutes, 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. The results showed that: the concentration of POC Nasa, Bio P60 and Bio T10 had no significant effect on root length, root volume, and germination rate. The treatment of soaking time had no significant effect on all observed variables. The interaction of concentrations of POC Nasa, Bio P60 and Bio T10 with soaking time did not significantly affect root length, root volume, and germination rate.

Keywords: Bio-P60 · Bio-T10 · Concentration · POC Nasa · Soaking time · Sugar palm

Diterima : 3 November 2021, Disetujui : 11 Juli 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36437>

Widarawati, R. · T.A.D. Haryanto · R.F. Rahayuniati
Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno No 61, Purwokerto 53123
Korespondensi: rosi_dara@yahoo.com

Pendahuluan

Tanaman aren (*Arenga pinnata* (Wurmmb.) Merr.) atau enau adalah salah satu keluarga palma yang memiliki potensi nilai ekonomi tinggi. Aren tumbuh tersebar dan masih merupakan tumbuhan liar di berbagai tipe hutan (Fatah dan Hery, 2015). Rozen *et al.* (2016) menyatakan bahwa secara ekologis tanaman aren berfungsi sebagai pendukung habitat dari fauna tertentu dan dapat mendukung program konservasi tanah dan air. Aren dapat tumbuh pada karakter jenis tanah Latosol dengan fisik tanah yang bersifat berlempung (Widarawati *et al.*, 2017). Widarawati *et al.* (2018; 2021) menyatakan bahwa tanaman aren memiliki kegunaan sebagai sumber karbohidrat, nira untuk bahan baku gula merah, alkohol, serta manfaat lainnya. Biji aren memiliki masa dormansi lama yang menyebabkan kendala dalam penyediaan bibit yang baik untuk ditanam (Hartawan, 2016).

Biji aren yang disemai tidak menggunakan perlakuan khusus akan mengakibatkan waktu perkecambahan yang tidak serentak (Farida, 2017). Masa dormansi disebabkan oleh kematangan embrio yang belum sempurna dan faktor genetis tanaman aren (Marsiwi, 2012). Kulit yang tebal akibat ketidakseimbangan senyawa perangsang dan senyawa penghambat yang menyebabkan dormansi menjadi panjang (Purba *et al.*, 2014). Upaya meningkatkan produktivitas tanaman aren yaitu dengan pengadaan bibit unggul dengan waktu perkecambahan yang cukup pendek. Peningkatan kualitas kecambah dapat dibantu dengan *seed priming*, seperti perendaman dalam larutan pupuk organik cair (Nova, 2017). Perendaman dalam air dapat membantu pematangan dormansi. Lama perendaman diketahui cukup membantu perkecambahan benih. Lama perendaman dalam air hanya membantu mematahkan masa dormansi, akan tetapi tidak mengubah viabilitas benih yang ditentukan oleh sifat genetiknya (Sutopo, 2002).

Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk organik dalam bentuk cair yang diformulasikan khusus untuk mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman yang dibuat murni dari bahan-bahan organik (Walid dan SusyLOWATI, 2016). Pupuk organik cair yang tersedia di pasaran dapat berupa pupuk daun yang mengandung unsur hara makro, mikro, vitamin, mineral, asam-asam organik, dan hormon pertumbuhan. Formula salah satu POC

mengandung unsur N 0,12%, P₂O₅ 0,03%, K 0,31%, Ca 60,4 ppm, Mn 2,46 ppm, Fe 12,89 ppm, Cu 0,03 ppm, mineral, vitamin, asam organik, dan zat perangsang tumbuh, seperti auksin, giberelin, dan sitokinin (Husin, 2012).

Penggunaan mikroorganisme yang diformulasikan dalam pupuk organik cair diharapkan dapat menjadi inovasi terbaru untuk mempercepat pematangan dormansi aren, disebabkan mikroorganisme seperti *Pseudomonas fluorescens* dan *Tricoderma harzianum* memiliki kemampuan sebagai bakteri antagonis yang dimanfaatkan sebagai agen hayati untuk mengendalikan patogen tanaman, juga dapat memproduksi hormon pertumbuhan sehingga dapat meningkatkan daya perkecambahan benih. Menurut Soesanto *et al.* (2013), pupuk organik yang mengandung *Pseudomonas fluorescens* dan *Tricoderma harzianum* mampu menekan intensitas penyakit virus sebanyak 73,37% pada tanaman cabai dan meningkatkan kandungan fenol (*saponin, tannin, glikosida*) secara kualitatif. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan jumlah daun tanaman dikarenakan mengandung senyawa hormon pertumbuhan Soesanto *et al.* (2010). Selain *Pseudomonas fluorescens*, *Tricoderma harzianum* merupakan jamur yang dapat mendegradasi bahan organik menjadi hara yang mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik (Lehar, 2012; Oskiera *et al.*, 2015).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi bahan *seed priming*, waktu perendaman, dan interaksi antara bahan *seed priming* dan waktu perendaman terhadap perkecambahan aren. Bahan *seed priming* yang digunakan adalah larutan pupuk organik cair.

Bahan dan Metode

Penelitian eksperimental telah dilaksanakan di Dukuh 2, Desa Pasir Kulon, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas dengan ketinggian tempat 140 m di atas permukaan laut. Analisis tanaman serta tanah dilaksanakan di Laboratorium Agronomi Hortikultura, dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto mulai 10 September 2020 sampai 15 Maret 2021.

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah pupuk POC Nasa (mengandung unsur hara makro, mikro, vitamin, mineral, asam-asam

organik, dan hormon pertumbuhan), sekam, pupuk kotoran ayam yang sudah matang, tanah Inceptisol, Bio-P60 (mengandung *Pseudomonas fluorescens*), Bio-T10 (mengandung *Trichoderma harzianum*), amplop, plastik, *polybag* ukuran 20 cm x 15 cm, lembar pengamatan, dan label. Alat yang digunakan meliputi gelas ukur, ember, alat tulis menulis, timbangan analitik, penggaris, klorofilmeter SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), *lux meter/food candle*, *termohigrometer*, oven, *stopwatch*, pH meter dan kamera.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua perlakuan dan diulang tiga kali. Perlakuan terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah bahan *seed priming* yaitu POC Nasa, Bio-P60, dan Bio-T10, yang dikombinasikan dengan 5 taraf konsentrasi pada masing-masing bahan *seed priming* (5%, 25%, 50%, 75% dan 100 %). Faktor kedua adalah lama perendaman yang terbagi menjadi 4 level yaitu 0 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit.

Variabel yang diamati meliputi panjang akar, volume akar, daya kecambah dan laju perkecambahan. Data dianalisis menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf kepercayaan 95%.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan uji statistik pada Tabel 1, pengaruh konsentrasi POC Nasa, Bio P60, Bio T10 dan waktu perendaman tidak berbeda nyata pada variabel volume akar, panjang akar, daya kecambah dan laju perkecambahan. Menurut Handayani *et al.* (2019), adanya pengaruh tidak nyata pada parameter pengamatan diduga dosis pupuk yang disediakan tidak digunakan oleh tanaman dengan baik.

Perlakuan konsentrasi Bio P60 dan Bio T10 tidak berpengaruh nyata terhadap volume akar, panjang akar, daya kecambah, dan laju perkecambahan. Hal ini dikarenakan benih aren terserang oleh jamur, patogen dan hama semut yang mengakibatkan benih menjadi busuk, rusak, dan akhirnya mati. Menurut Navitasari *et al.* (2013), hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman benih menggunakan *Pseudomonas fluorescens* P60 tidak berpengaruh nyata terhadap serangan patogen *P.glumae*. Hal ini dikarenakan *P.glumae* berada di dalam

jaringan benih. Perlakuan perendaman benih kedelai menggunakan larutan EM-4 selama satu jam dilanjutkan dengan pemberian *Trichoderma harzianum* selama satu hari menunjukkan penurunan daya kecambah benih. Kurnia *et al.* (2016) menyatakan bahwa penurunan ini diduga karena *Trichoderma harzianum* menghasilkan alkohol yang merupakan hasil perombakan dari nutrisi yang dihasilkan oleh mikroba. Alkohol dapat merusak sel sehingga menimbulkan kebocoran sel benih dan mengakibatkan rendahnya daya kecambah benih.

Tabel 1. Hasil uji rerata pengaruh POC Nasa, Bio-P60, Bio-T10 dan waktu perendaman terhadap kualitas kecambah aren

Perlakuan	Variabel Pengamatan			
	VA (ml)	PA (cm)	DK (%)	LP (%)
Konsentrasi POC Nasa (%)				
5%	0,52 a	3,89 a	12,96 a	2,17 a
25%	0,11 a	3,48 a	4,63 a	1,17 a
50%	0,17 a	3,23 a	15,74 a	1,70 a
75%	0,26 a	3,92 a	11,11 a	1,79 a
100%	0,27 a	4,56 a	8,33 a	1,92 a
Konsentrasi Bio-P60 (%)				
5%	0,24 a	4,85 a	15,74 a	1,53 a
25%	0,28 a	3,68 a	9,26 a	2,33 a
50%	0,27 a	5,62 a	8,33 a	1,46 a
75%	0,13 a	3,97 a	11,11 a	2,71 a
100%	0,50 a	5,08 a	18,52 a	2,83 a
Konsentrasi Bio-T10 (%)				
5%	0,34 a	4,13 a	17,6 a	2,15 A
25%	0,08 a	2,02 a	4,60 a	0,71 a
50%	0,33 a	4,08 a	9,30 a	1,88 a
75%	0,35 a	3,89 a	9,30 a	2,33 a
100%	0,42 a	4,83 a	8,33 a	1,92 a
Waktu perendaman (menit)				
0	0,24 a	3,10 a	7,41 a	1,50 a
30	0,36 a	4,60 a	10,62 a	2,21 a
60	0,36 a	4,58 a	14,81 a	2,04 a
90	0,18 a	4,04 a	11,11 a	1,87 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95% (α 5%). VA = Volume Akar, DK = Daya Kecambah, dan LP = Laju Perkecambahan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap volume akar, panjang akar, daya kecambah dan laju perkecambahan. Hal ini disebabkan kulit benih aren yang keras sehingga air tidak dapat masuk ke dalam benih secara efektif pada

perendaman 30 menit - 60 menit. Menurut Sutopo (2002) lama perendaman dalam air hanya membantu mematahkan masa dormansi akan tetapi tidak mengubah viabilitas benih yang ditentukan oleh sifat genetiknya.

Tabel 2. Pengaruh interaksi antara waktu perendaman benih dan konsentrasi POC Nasa terhadap kualitas kecambah aren

WP	Konsentrasi POC Nasa				
	5%	25%	50%	75%	100%
Volume Akar					
0	0,50 a A	0,13 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,67 a A
30	0,58 a A	0,17 a A	0,67 a A	0,13 a A	0,17 a A
60	1,00 a A	0,00 a A	0,17 a A	0,33 a A	0,07 a A
90	0,00 a A	0,13 a A	0,17 a A	0,58 a A	0,17 a A
Panjang Akar					
0	4,77 a A	3,7 a A	0,0 a A	0,00 a A	5,34 a A
30	5,47 a A	5,5 a A	4,00 a A	5,00 a A	4,17 a A
60	5,34 a A	0,00 a A	4,84 a A	5,34 a A	3,67 a A
90	0,00 a A	4,67 a A	4,10 a A	5,34 a A	5,07 a A
Daya Kecambah Benih					
0	18,5 a A	7,41 a A	0,00 a A	0,00 a A	11,1 a A
30	1,10 a A	3,70 a A	25,9 a A	11,1 a A	3,70 a A
60	22,2 a A	1,00 a A	25,9 a A	14,8 a A	7,41 a A
90	2,00 a A	7,41 a A	11,1 a A	18,5 a A	11,1 a A
Laju Perkecambahan					
0	2,83 a A	1,50 a A	0,00 a A	0,00 a A	1,33 a A
30	3,17 a A	1,67 a A	4,33 a A	1,33 a A	1,67 a A
60	2,67 a A	1,00 a A	1,13 a A	3,00 a A	1,50 a A
90	2,00 a A	1,50 a A	1,33 a A	2,83 a A	3,17 a A

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama dan huruf kapital yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95% (α 5%). WP = waktu perendaman.

Tabel 3. Pengaruh interaksi antara waktu perendaman benih dan konsentrasi Bio P60 terhadap kualitas kecambah aren

WP	Konsentrasi Bio P60				
	5%	25%	50%	75%	100%
Volume Akar					
0	0,58 a A	0,10 a A	0,13 a A	0,17 a A	0,17 a A
30	0,13 a A	0,33 a A	0,67 a A	0,17 a A	1,00 a A
60	0,10 a A	0,58 a A	0,13 a A	0,17 a A	0,67 a A
90	0,13 a A	0,10 a A	0,13 a A	0,03 a A	0,17 a A
Panjang Akar					
0	3,97 a A	4,34 a A	4,17 a A	3,50 a A	3,67 a A
30	5,00 a A	3,50 a A	7,67 a A	3,50 a A	6,17 a A
60	5,77 a A	3,84 a A	4,14 a A	4,87 a A	5,67 a A
90	4,67 a A	3,07 a A	6,50 a A	4,00 a A	4,84 a A
Daya Kecambah Benih					
0	7,41 a A	14,8 a A	7,41 a A	3,70 a A	3,70 a A
30	7,41 a A	3,70 a A	11,1 a A	22,2 a A	29,6 a A
60	40,7 a A	3,70 a A	7,41 a A	14,8 a A	18,5 a A
90	7,41 a A	14,8 a A	7,41 a A	3,70 a A	22,2 a A
Laju Perkecambahan					
0	1,50 a A	3,00 a A	1,50 a A	1,67 a A	1,67 a A
30	1,50 a A	1,67 a A	1,33 a A	4,50 a A	4,17 a A
60	1,63 a A	1,67 a A	1,50 a A	3,00 a A	2,83 a A
90	1,50 a A	3,00 a A	1,50 a A	1,67 a A	2,67 a A

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama dan huruf kapital yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95% (α 5%). WP = waktu perendaman.

Tabel 2 menunjukkan interaksi antara POC Nasa dan waktu perendaman tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap variabel volume akar, panjang akar, daya kecambah dan laju perkecambahan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang diberikan dengan waktu perendaman yang lama maka akan menyebabkan penurunan daya tumbuh dan kecambah benih. Kurnia *et al.* (2016)

menyatakan bahwa perlakuan perendaman benih dengan waktu perendaman yang lama menunjukkan nilai bobot kering tanaman lebih rendah. Waktu perendaman benih yang terlalu lama menyebabkan kerusakan sel yang lebih tinggi sehingga kebocoran sel tersebut menyebabkan menurunkan energi perkecambahan.

Tabel 3. menunjukkan bahwa interaksi antara Bio-P60 dan waktu perendaman tidak berbeda nyata terhadap variabel volume akar, panjang akar, daya kecambah, dan laju perkecambahan. Sari *et al.* (2018) menyatakan bahwa perendaman benih menggunakan Rhizobakteria Pemicu Tumbuh Tanaman (RPPT) dan lama waktu perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman padi Pandanwangi. Navitasari *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman benih menggunakan *Pseudomonas fluorescens* P60 tidak berpengaruh nyata terhadap serangan patogen *P.glumae*. Hal ini dikarenakan *P.glumae* berada di dalam jaringan benih, sehingga ketika dilakukan desinfektan di permukaan kulit benih maka tidak menurunkan tingkat serangan patogen.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pengaruh interaksi konsentrasi Bio-T10 dan waktu perendaman tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap variabel volume akar, panjang akar, daya kecambah dan laju perkecambahan. Menurut Arganto (2022), bahwa perlakuan metabolit sekunder *T. harzianum* T10 tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar dan bobot akar karena faktor lingkungan sekitar pertanaman tidak sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, aplikasi metabolit sekunder *T. harzianum* T10 dengan konsentrasi terlalu tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Waruwu *et al.* (2016), menyatakan bahwa aplikasi metabolit sekunder jamur endofit tidak mempengaruhi daya kecambah benih padi. Hal yang kontras terjadi pada penelitian Widarawati dan Prakoso (2021) dimana perlakuan interaksi pemberian POC NASA dengan Bio T10 berpengaruh terbaik pada jumlah stomata, dan kerapatan stomata, serta perlakuan interaksi pemberian POC NASA + Bio P60 + Bio T10 berpengaruh sangat nyata pada kandungan nitrogen pada daun.

Tabel 4. Pengaruh interaksi antara waktu perendaman benih dan konsentrasi Bio T10 terhadap kualitas kecambah aren

WP	Konsentrasi Bio T10				
	5%	25%	50%	75%	100%
Volume Akar					
0	0.10 A	0.17 a	0.67 a	0.00 a	0.33 a
	A	A	A	A	A
30	0.13 A	0.00 a	0.33 a	0.67 a	0.58 a
	A	A	A	A	A
60	1.07 A	0.17 a	0.17 a	0.17 a	0.58 a
	A	A	A	A	A
90	0.17 A	0.00 a	0.13 a	0.58 a	0.17 a
	A	A	A	A	A
Panjang Akar					
0	0.00 a	3.74 a	4.34 a	0.00 a	5.00 a
	A	A	A	A	A
30	5.27 a	0.00 a	4.17 a	6.00 a	3.67 a
	A	A	A	A	A
60	6.77 a	4.34 a	3.84 a	5.00 a	5.34 a
	A	A	A	A	A
90	4.50 a	0.00 a	4.00 A	4.57 a	5.34 a
	A	A	A	A	A
Daya Kecambah Benih					
0	0.00 a	7.41 a	18.5 a	0.00 a	11.1 a
	A	A	A	A	A
30	11.1 a	0.00 a	3.70 a	7.41 a	7.41 a
	A	A	A	A	A
60	25.9 a	11.1 a	7.41 a	14.8 a	7.41 a
	A	A	A	A	A
90	33.3 a	0.00 a	7.41 a	14.8 a	7.41 a
	A	A	A	A	A
Laju Perkecambahan					
0	1.00 b	1.50	2.83 a	1.00 b	3.17 a
	B	AB	A	B	A
30	3.17 ab	1.00 a	1.67 a	1.50 ab	1.50 a
	A	A	A	A	A
60	4.33 a	1.33 a	1.50 a	3.00 ab	1.50 a
	A	A	A	A	A
90	1.10 ab	1.00 a	1.50 a	4.83 a	1.50 a
	A	A	A	A	A

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama dan huruf kapital yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95% (α 5%). WP = waktu perendaman.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. POC Nasa, Bio P60 dan Bio T10 dengan variasi konsentrasi belum dapat digunakan sebagai bahan seed priming untuk meningkatkan perkecambahan benih aren.

2. Perendaman benih aren sampai dengan 60 menit dalam larutan POC Nasa, Bio P60 dan Bio T10 belum mampu meningkatkan perkecambahan benih aren.
3. Pengaruh berbagai konsentrasi macam bahan *seed priming* terhadap perkecambahan benih aren tidak tergantung kepada waktu perendaman benih aren.

Saran. Upaya untuk meningkatkan perkecambahan dan pematangan dormansi, perlu adanya penelitian lanjutan dengan perlakuan waktu perendaman yang lebih lama dengan bahan *seed priming* yang lain.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih diucapkan kepada LPPM Unsoed yang telah mendanai penelitian ini melalui dana BLU-Unsoed pada Riset Dasar Unsoed tahun anggaran 2020.

Daftar Pustaka

- Arganto, S. 2022. Respon Morfologi Bibit Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr.) Terhadap Aplikasi POC dan Metabolit Sekunder. Skripsi. Universitas Jenderal Soedirman.
- Farida. 2017. Studi pematangan dormansi buah aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr) dengan skarifikasi dan penggunaan bahan kimia terhadap perkecambahan benih. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 4(1): 11-23.
- Fatah, A. dan S. Hery. 2015. Tinjauan keragaman tanaman aren (*Arenga Mer*) di Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal AGRIFOR*, 14(1): 1-14.
- Handayani, K.P., Safruddin, dan H. Syafrizal. 2019. Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) Nasa dan Hormonik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiates* L.) *BERNAS Agricultural Research Journal*, 15(1): 165-173.
- Hartawan. 2016. Skarifikasi dan KNO₃ mematahkan dormansi serta meningkatkan viabilitas dan vigor benih aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Jurnal Media Pertanian*, 1(1): 1-10.
- Husin, M.N. 2012. Pengaruh pupuk organik cais NASA terhadap nitrogen bintil akar dan produksi *Macroptilium Atropurpureum*. *Jurnal Agripet*, 12(2): 20-23.
- Kurnia, T. D., P. Endang, dan T.H. Livia. 2016. Bio-priming benih kedelai (*Glycine Max* (L.) Merrill) untuk meningkatkan mutu perkecambahan. *Jurnal Biota*, 1(2): 62-67.
- Lehar, L. 2012. Pengujian pupuk organik agen hayati (*Trichoderma* sp) terhadap pertumbuhan kentang (*Solanum tuberosum* L). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 12(2): 115-124.
- Marsiwi, T. 2012. Jurnal Beberapa Cara Perlakuan Benih Aren (*Arenga pinnata*) untuk Mematahkan Dormansi. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.
- Navitasari, L., L. Soesanto, dan Y.R. Ahadiyat. 2013. Pengaruh aplikasi *Pseudomonas fluprescens* P60 terhadap mutu patologis, mutu fisiologis, dan mutu pertumbuhan bibit pagi IR64. *Jurnal HPT Tropika*, 13(2): 179-190.
- Nova, A. 2017. Pengaruh Pemberian Poc Kulit Buah Pisang Kepok Dan Lama Perendaman Benih Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Tembakau Deli (*Nicotiana tabaccum* L.). Skripsi. UMSU.
- Oskiera, M., M. Szczech, and G. Bartoszewski. 2015. Moleculer identification of *Tricoderma* strain collected to develop plant growt-promoting and biocontrol agents. *Journal of Horticultural Research*, 23(1): 75-86.
- Purba, O., Indriyanto, dan A. Bintoro. 2014. Perkecambahan benih aren (*Arenga Pinnata*) setelah diskarifikasi dengan giberelin pada berbagai konsentrasi. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(2): 71- 78.
- Rozen, N.R., I.D. Thaib, dan Firdaus. 2016. Pematangan dormansi benih enau (*Arenga pinnata*) dengan berbagai perlakuan serta evaluasi pertumbuhan bibit di lapangan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 2(1): 27-31.
- Sari, W., Ramli, dan M.Y. Yana. 2018. Respon pertumbuhan bibit padi pandanwangi (*Oryza sativa* L. Aromatic) terhadap lama perendaman dan konsentrasi rizobakteria pemicu pertumbuhan tanaman (RPPT). *Jurnal Agroscience*. 8(2): 146-159.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, dan R.F. Rahayuniati. 2010. Kajian mekanisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* F.Sp.

- Lycopersici pada tanaman tomat in vivo. Jurnal HPT Tropika, 10(2): 108-115.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, dan R.F. Rahayuniati. 2013. Application of liquid formula of *Pseudomonas fluorescens* P60 to suppress virus diseases on red chilli. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 9(6) :179-185.
- Sutopo, L. 2002. Teknologi Benih. PT Raja Gafindo Persada. Jakarta.
- Walid, L.F. dan SusyLOWATI. 2016. Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). ZIRAA'AH, 41(1): 84-96.
- Waruwu, A.A.S., B.P.W. Soekarno, dan A. Munif. 2016. Metabolit cendawan endofit tanaman padi sebagai alternatif pengendalian cendawan patogen terbawa benih padi. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 12(2): 53-61.
- Widarawati, R., P. Yudono, D. Indradewa, dan S.N.H. Utami. 2016. Profil Budidaya Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr) pada Berbagai Ketinggian Tempat di Wilayah Samigaluh Kabupaten Kulonprogo. Prosiding Seminar Nasional Unsoed "Pengembangan Potensi Sumberdaya Lokal Berwawasan Lingkungan untuk Penguatan Produk Pertanian Nasional Berdaya saing Global".
- Widarawati, R., P. Yudono, D. Indradewa, dan S.N.H. Utami. 2017. Sifat dan Karakteristik Tanah Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr). Jurnal Pertanian Agros, 19(1): 55 - 60.
- Widarawati, R., P. Yudono, D. Indradewa, dan S.N.H. Utami. 2018. Kajian keragaman tanaman aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) di berbagai kondisi lingkungan. Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers, 142-147.
- Widarawati, R. dan B. Prakoso. 2021. Growth of *Arenga pinnata* Seddlings on Three Different Media. International Conference on Agriculture and Environtmental Sciences, UPN Veteran Jawa Timur, 27 Oktober 2021.
- Widarawati, R., B. Prakoso, dan B. Siswo. 2021. Fisiologis Bibit Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr.) terhadap Biopestisida dan POC. Prosiding Seminar Nasional "Membangun Kolaborasi Strategis antara Perguruan Tinggi, Pemerintah, Bisnis dan Masyarakat Menuju Kampus Merdeka dalam Era Tatanan Baru Covid-19 dalam Pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs)".

Nuraini, A. · E. Aprilia · Murgayanti · A.P. Wulandari

Pengaruh konsentrasi *Benzylaminopurine* terhadap pertumbuhan eksplan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo secara *in vitro*

Sari Saat ini, kebanyakan rami menggunakan rizoma sebagai bahan tanamnya, tetapi dalam produksinya membutuhkan waktu yang lama dan sebagai bahan tanam umur simpannya singkat. Kultur jaringan merupakan salah satu teknologi untuk mendapatkan bahan tanam yang seragam dan sehat dalam waktu yang singkat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan tunas aksilar pada rami klon lokal Wonosobo dan konsentrasi mana yang memberikan pengaruh terbaik. Percobaan dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Nodus batang dari rami klon lokal Wonosobo dikulturkan pada media MS dengan penambahan berbagai konsentrasi BAP selama 8 minggu dan diamati pertumbuhan dan perkembangannya. Desain penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan yang diulang sebanyak tiga kali. Adapun perlakuannya adalah kontrol (tanpa penambahan BAP), BAP 0,5 mg/L, BAP 1,0 mg/L, BAP 1,5 mg/L, BAP 2,0 mg/L, dan BAP 3,0 mg/L. Hasil percobaan menunjukkan penambahan sitokinin berpengaruh terhadap pertumbuhan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo. Penambahan 0,5 mg/L berpotensi memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo dilihat dari waktu muncul tunas, jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi *plantlet*.

Kata Kunci: Benzylaminopurine (BAP) · Rami · Tunas aksilar

Effect of Benzylaminopurine concentration on the growth of axillary bud explants of ramie local clone of Wonosobo in *in-vitro*

Abstract. Currently, ramie propagation used the rhizome as the planting material. However, it took long time to produce and the longevity of rhizome as planting material is short. Therefore, another technology approach is needed. Tissue culture is one of alternative technologies that could to produce uniform and healthy planting material within short time. The objective of this research was to determine the effect of BAP concentration on the axillary bud growth of rami local clone of Wonosobo and also determine which concentration gives the best effect. The research was conducted at The Tissue Culture Laboratory of Seed Technology, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Nodes of ramie local clone of Wonosobo were cultured for 8 weeks on Murashige & Skoog (MS) medium added with various concentrations of BAP and then observed growth and development. The research design was Completely Randomize Design (RCD) with 6 treatments in terms of BAP concentrations and 3 replications. The treatment was ,control (without BAP); BAP 0,5 mg/L, BAP 1,0 mg/L, BAP 1,5 mg/L, BAP 2,0 mg/L, and BAP 3,0 mg/L. The result showed that there was different effect on axillary bud growth. The treatment of MS medium added with 0,5 mg/L BAP potentially showed as the best effect for bud appearance, number of shoots, number of leaves, and plantlet's length.

Keywords: Axillary bud · Benzylaminopurine (BAP) · Ramie

Diterima : 10 November 2021, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36540>

Nuraini, A.¹ · E. Aprilia² · Murgayanti¹ · A.P. Wulandari³

¹ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang km. 21 Jatinangor 45363

² Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang km. 21 Jatinangor 45363

³ Prodi Biologi, FMIPA UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang km. 21 Jatinangor 45363

Korespondensi: anne.nuraini@unpad.ac.id

Nuraini, A. *et al.*: Pengaruh konsentrasi *Benzylaminopurine* terhadap pertumbuhan eksplan tunas aksilar rami klon lokal Wonosobo secara *in vitro*

Pendahuluan

Rami merupakan tanaman herbaceous yang dapat dimanfaatkan seluruh bagian tanamannya: batang dapat dijadikan serat, daun dijadikan kompos, dan rizoma (akar) dijadikan bahan tanam. Serat yang dihasilkan dari batang rami berwarna putih, mudah diwarnai, kuat dan tidak mudah berubah, kekuatan tarik lebih kuat dari linen, sutra, dan bahkan 7 kali lebih kuat dari serat kapas (Habibie *et al.*, 2021). Serat rami dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti serat kapas yang 99,77% masih diimpor untuk memenuhi kebutuhan serat nasional (Hanifah dan Kartiasih, 2018).

Salah satu daerah produsen rami di Indonesia adalah Kabupaten Wonosobo. Berdasarkan data dari CV. Rabersa Wonosobo tahun 2019, luas lahan pertanaman rami di Kabupaten Wonosobo adalah seluas 88185 m² (Wicaksono *et al.*, 2021). Diantara berbagai klon rami yang ditanam di Wonosobo, terdapat klon lokal yang memiliki perbedaan morfologi dengan klon lain. Dengan demikian klon lokal dapat dikembangkan dan perlu diteliti lebih lanjut untuk melihat potensinya.

Budidaya rami saat ini dilakukan dengan menggunakan bahan tanam rizoma yang dihasilkan dari tanaman yang berumur lebih dari 2 tahun (Purwati, 2010). Rizoma tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama karena bertunas dalam waktu yang singkat. Penyediaan dan penyimpanan rizoma menyebabkan terhambatnya perkembangan budidaya rami nasional. Penyediaan bahan tanam yang banyak dalam waktu singkat serta dapat disimpan lama untuk budidaya rami secara komersial dapat dilakukan dengan kultur jaringan atau *in vitro*. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan kultur jaringan tanaman adalah genetik tanaman, nutrisi, lingkungan, dan hormon (zat pengatur tumbuh) (Pierik, 1987). Menurut Dwiyaning (2015), dalam menginduksi tunas digunakan penambahan zat pengatur tumbuh jenis sitokinin yang dapat meningkatkan proliferasi tunas seperti 6-benzylaminopurine (BAP).

Tanaman rami memiliki banyak nodus dalam satu batangnya, sehingga untuk dapat menghasilkan banyak bahan tanam, nodus digunakan sebagai eksplan karena dapat menghasilkan tunas aksilar. Dibandingkan tunas apikal, tunas aksilar digunakan sebagai eksplan karena berukuran lebih kecil, tidak terlalu

tertutup primordia daun, serta jumlahnya lebih banyak pada satu tanaman sehingga memungkinkan untuk memperoleh lebih banyak eksplan (Vidyagina *et al.*, 2021). Diantara metode yang dikembangkan untuk mikropropagasi tanaman, proliferasi tunas aksilar adalah yang paling banyak digunakan dan juga dianggap paling cocok untuk menjamin stabilitas genetik tanaman hasil regenerasi karena secara genetik identik dengan materi awalnya (Ngezahayo and Liu, 2014; M. Nowakowska *et al.*, 2020).

Zat pengatur tumbuh BAP dapat mendukung pertumbuhan tunas aksilar pada tanaman dengan menekan dominansi apikal yang disebabkan oleh aktivitas auksin endogen dalam eksplan (Satriawan *et al.*, 2021). Diantara berbagai jenis sitokinin, BAP dirasa merupakan sitokinin yang paling sering digunakan dan efektif dalam menginduksi tunas aksilar (du Plessis *et al.*, 2021; Satriawan *et al.*, 2021). Mukherjee *et al.* (2018), menyebutkan bahwa diantara dua jenis sitokinin yaitu kinetin dan BA, yang lebih responsif dalam pemunculan dan multiplikasi tunas adalah BA. Kultur jaringan rami dengan eksplan nodus yang dilakukan oleh Gati (1991) secara *in vitro* dengan menggunakan media Murashige and Skoog (MS) dengan penambahan BA 0,5 mg/L menunjukkan hasil terbaik dalam membentuk (induksi) tunas aksilar (6,11 tunas) dibandingkan konsentrasi lain.

Penambahan sitokinin berupa BAP pada media yang berperan dalam pembelahan sel diharapkan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tunas. Oleh karena itu perlu dilakukan percobaan untuk mendapatkan konsentrasi BAP yang tepat untuk menumbuhkan tunas aksilar rami.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Percobaan dilakukan pada bulan April hingga Juni 2021. Bahan tanam (eksplan) yang digunakan berupa buku batang (nodus) dari tanaman rami klon lokal Wonosobo berumur 1-2 bulan hasil penanaman di *screenhouse*.

Sterilisasi eksplan. Batang rami klon Wonosobo dipotong sepanjang 3 - 4 cm dan mengandung 1 nodus. Eksplan nodus dicuci

dengan air mengalir lalu direndam dengan larutan bakterisida dan fungisida selama 30 menit, lalu dibilas hingga tidak ada residu yang tersisa. Selanjutnya nodus batang direndam dengan larutan detergen selama 3 menit, dibilas akuades steril hingga tidak berbusa, dan direndam dalam larutan kaporit 1% selama 5 menit lalu dibilas hingga tidak berbau, selanjutnya direndam dengan larutan PPM (*Plant Preservative Mixture*) selama 3 menit, kemudian air larutannya dibuang, dan tidak dilakukan pembilasan kembali.

Media. Media kultur yang digunakan adalah Murashige & Skoog (MS) (Phytotech Labs® product M519) 4,43 g/L, gula 30 g/L, agar 2 g/L, dan BAP sesuai perlakuan. Larutan stok BAP dengan konsentrasi 100 mg/L dibuat dengan melarutkan BAP 0,1 g dengan menambahkan sedikit HCl 0,1 N dan aquades hingga 100 mL. Larutan stok yang digunakan untuk membuat 1 L media perlakuan A (tanpa BAP); B (0,5 mg/L); C (1,0 mg/L); D (1,5 mg/L); E (2,0 mg/L) dan F (3,0 mg/L) adalah 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 mL.

Penanaman. Penanaman dilakukan di dalam LAF (*Laminar Air Flow*) yang sebelumnya telah disinari UV (ultraviolet) selama 60 menit dan permukaannya disemprot dengan alkohol 90%. Di dalam LAF eksplan hasil sterilisasi dipotong hingga berukuran 0,5 – 1 cm dan ditanam pada media sesuai dengan perlakuan.

Analisis data. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari enam perlakuan konsentrasi BAP yaitu A (tanpa BAP); B (0,5 mg/L); C (1,0 mg/L); D (1,5 mg/L); E (2,0 mg/L) dan F (3,0 mg/L) yang diulang sebanyak tiga kali. Analisis data kuantitatif dianalisis dengan *Independent Sample t-test* taraf 5% untuk menguji signifikansi perbedaan rata-rata antara perlakuan tanpa BAP dan yang diberi penambahan BAP menggunakan *software* SPSS 22.0. Parameter pengamatan yaitu: waktu muncul tunas, jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun.

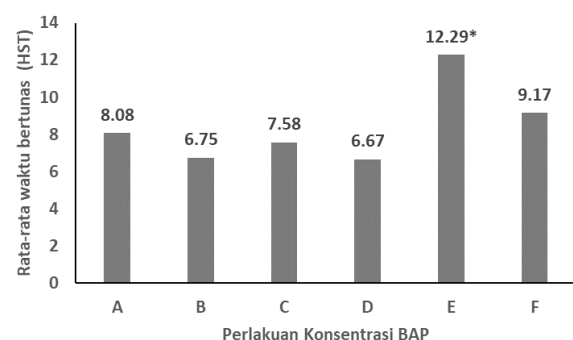
Hasil dan Pembahasan

Waktu Muncul Tunas. Hasil analisis pada Gambar 1 menunjukkan terdapat pengaruh yang signifikan pada perlakuan E (BAP 2,0 mg/L) dibandingkan dengan kontrol dalam menghambat waktu kemunculan tunas. Hal ini

dapat terjadi karena terlalu tingginya konsentrasi BAP eksogen bagi eksplan yang diduga telah memiliki sitokinin endogen. Efek penambahan BAP sangat bergantung pada kondisi fisiologis eksplan, dimana sudah terdapat hormon endogen yang bisa jadi menghambat pertumbuhan eksplan itu sendiri (Sofian *et al.*, 2018).

Pengaruh ZPT eksogen sangat bergantung pada kandungan hormon endogen tanaman sehingga akan sangat bervariasi pengaruhnya (Bhojwani and Razdan, 1996). Hormon endogen dalam bentuk auksin dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan aksilar karena berperan dalam dominansi apikal (Satriawan *et al.*, 2021). Ketika konsentrasi auksin dan sitokinin pada jaringan seimbang, dapat menghasilkan kalus. Maka dari itu, penggunaan ZPT harus dengan konsentrasi yang tepat sehingga tujuan penggunaannya dapat tercapai.

Konsentrasi BAP yang tepat dapat mempercepat waktu munculnya tunas. Penambahan BAP 0,5; 1,0; dan 1,5 mg/L berpotensi mempercepat waktu munculnya tunas dibandingkan dengan kontrol. Menurut Soelaiman dan Ernawati (2013), kemunculan tunas dapat dipercepat dengan penambahan ZPT sitokinin berupa BAP yang menyebabkan terjadinya proliferasi tunas dan pembentukan tunas aksilar. Kondisi serupa terjadi pada penelitian Hidayati *et al.* (2014), yaitu penambahan BAP 1,0 mg/L mempercepat waktu muncul tunas aksilar, sedangkan penambahan BAP 2,0 mg/L memperlambat waktu muncul tunas pada kultur jaringan jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.).



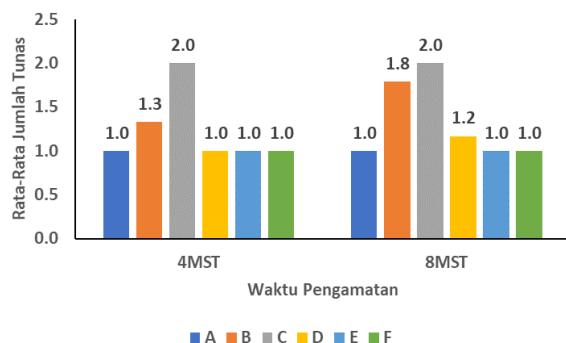
Keterangan: A=0 mg/L; B=0,5 mg/L; C= 1,0 mg/L; D= 1,5 mg/L; E= 2,0 mg/L; F= 3,0 mg/L.

Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh notasi * menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol (A) berdasarkan uji t pada taraf 5 %.

Gambar 1. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap rata-rata waktu muncul tunas

Konsentrasi BAP yang terlalu tinggi menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme dalam jaringan yang bisa jadi memperlambat proliferasi tunas. Nowakowska *et al.* (2022), peningkatan sitokinin pada regenerasi tunas meningkatkan kandungan hidrogen peroksida yang menjadi berbahaya karena dapat merusak elemen sel struktural akibat oksidasi dan degradasi yang memicu kematian sel sehingga memperlambat regenerasi tunas.

Jumlah Tunas. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan BAP tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah tunas dibandingkan dengan kontrol pada 4 MST maupun 8 MST (Gambar 2). Meski demikian, penambahan BAP 0,5; 1,0; dan 1,5 mg/L berpotensi menghasilkan jumlah tunas yang lebih banyak dibanding kontrol. Peningkatan jumlah tunas ini terjadi karena penambahan BAP mampu mempercepat pembelahan sel dan proliferasi tunas (Dwiyani, 2015). Konsentrasi BAP yang tepat dapat memicu beberapa sel perifer atau sel subepidermal yang ada di dekat tunas aksilar/nodus kotiledon/kotiledon yang tertekan menjadi kompeten secara morfologis untuk memproduksi tunas (Paul *et al.*, 2000).



Keterangan: A=0 mg/L; B=0,5 mg/L; C= 1,0 mg/L; D= 1,5 mg/L; E= 2,0 mg/L; F= 3,0 mg/L. Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh notasi * menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol (A) berdasarkan uji t pada taraf 5 %.

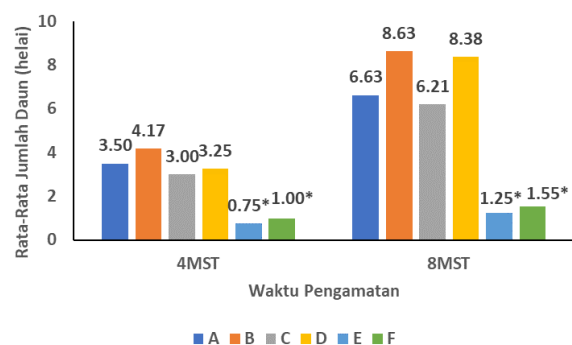
Gambar 2. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah tunas pada 4 dan 8 MST

Pada konsentrasi BAP 2,0 dan 3,0 mg/L jumlah tunas yang dihasilkan sama dengan kontrol. Penggunaan sitokinin yang terlalu kuat/eksesif dapat menyebabkan pengaruh yang merugikan pada tahapan mikropropagasi (Mayerni *et al.*, 2020). Konsentrasi BAP yang terlalu tinggi menyebabkan rasio hormon menjadi tidak

sesuai dan mengakibatkan retardansi tunas sehingga tidak terjadinya multiplikasi tunas atau tidak terbentuknya tunas baru (Sulaiman *et al.*, 2020).

Jumlah Daun. Gambar 3 menunjukkan jumlah daun dari minggu ke 4 dan 8 setelah tanam. Semua perlakuan memperlihatkan adanya penambahan jumlah daun dari 4 MST ke 8 MST. Penambahan jumlah daun dapat meningkatkan proses fotosintesis dan menandakan adanya pertumbuhan eksplan (Rineksane and Dewi, 2018).

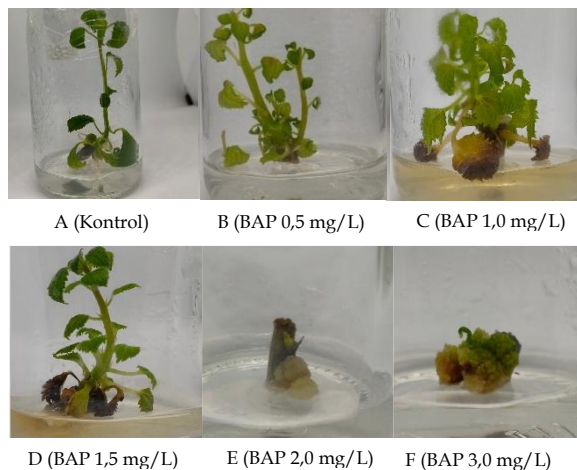
Hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan pada perlakuan E (2,0 mg/L) dan F (BAP 3,0 mg/L) dalam mengurangi jumlah daun baik pada 4 MST ataupun 8 MST dibandingkan dengan kontrol. Hal ini terjadi karena konsentrasi sitokinin yang terlalu tinggi dapat menghambat komponen pertumbuhan tunas, salah satunya jumlah daun. Menurut Sofian *et al.* (2018) aktivitas ZPT eksogen yang diberikan bergantung pada kondisi kimia eksplan yang di dalamnya terkandung berbagai hormon endogen yang bisa jadi menghambat pertumbuhan eksplan itu sendiri. Menurut Mukherjee *et al.* (2018), akibat peningkatan konsentrasi hormon, respons eksplan pada kultur *in vitro* diketahui juga meningkat pada level tertentu dan selanjutnya menurun meskipun konsentrasi dinaikan. Hal serupa terjadi pada penelitian kultur jaringan rami yang dilakukan Sut *et al.* (2004), dimana terjadi peningkatan rata-rata jumlah daun dari perlakuan BAP 0,5 – 1,5 mg/L, dan penurunan pada perlakuan 2,0 mg/L.



Keterangan: A=0 mg/L; B=0,5 mg/L; C= 1,0 mg/L; D= 1,5 mg/L; E= 2,0 mg/L; F= 3,0 mg/L. Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh notasi * menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol (A) berdasarkan uji t pada taraf 5 %.

Gambar 3. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah daun pada 4 dan 8 MST

Penambahan 0,5 mg/L menghasilkan jumlah daun terbanyak pada minggu ke 4 dan 8, meskipun tidak secara signifikan meningkatkan jumlah daun jika dibandingkan dengan kontrol. Hal ini sejalan dengan jumlah tunas pada perlakuan B yang lebih banyak dari kontrol (Gambar 4). Jumlah daun dapat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah tunas. Peningkatan jumlah tunas diikuti peningkatan jumlah daun, sehingga semakin banyak jumlah tunas maka jumlah daun yang dihasilkan lebih banyak (Amelia *et al.*, 2020).



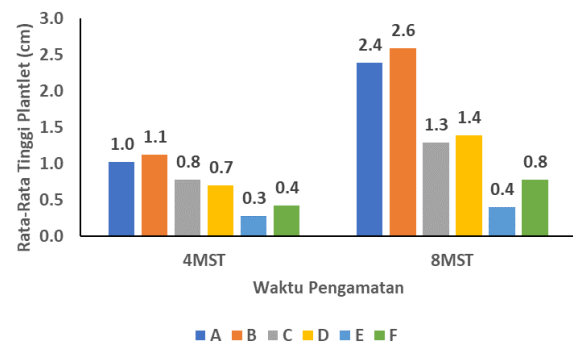
Gambar 4. Pertumbuhan eksplan setiap perlakuan pada 8 MST

Tinggi Plantlet. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari penambahan BAP terhadap tinggi *plantlet* dibandingkan kontrol pada 4 MST maupun 8 MST (Gambar 5). Pemanjangan batang BAP berperan dalam pembelahan sel, akan tetapi, ketika dikombinasikan dengan adanya sedikit auksin, dapat juga menyebabkan terjadinya pemanjangan sel, dan salah satu efeknya diekspresikan dengan peningkatan tinggi tunas (Rustikawati *et al.*, 2021).

Dibandingkan dengan kontrol, perlakuan B (BAP 0,5 mg/L) berpotensi meningkatkan tinggi *plantlet*. Tinggi *plantlet* pada 4 MST dan 8 MST perlakuan B menunjukkan rata-rata tinggi terbaik (Gambar 1). Penambahan BAP dengan konsentrasi yang tepat dapat meningkatkan tinggi *plantlet* karena BAP merangsang pembelahan sel yang dilanjutkan dengan pembesaran dan pemanjangan sel yang distimulasi oleh auksin endogen (Karjadi dan Buchory, 2007). Selama tahap proliferasi sel, sitokinin mengontrol pembelahan sel dengan mengaktifkan transisi G1/S dan G2/M pada siklus sel (Wu *et al.*, 2021). Auksin menstimulasi faktor perenggang dinding sel seperti elastin untuk

menstimulasi pemanjangan sel untuk melonggarkan dinding sel (Nazir *et al.*, 2022).

Semakin tinggi konsentrasi sitokinin yang ditambahkan semakin menurun tinggi *plantlet* yang dihasilkan. Menurut Noah *et al.* (2021) tingginya sitokinin dapat menghalangi rangsangan auksin dalam pemanjangan sel.



Keterangan: A=0 mg/L; B=0,5 mg/L; C= 1,0 mg/L; D= 1,5 mg/L; E= 2,0 mg/L; F= 3,0 mg/L.

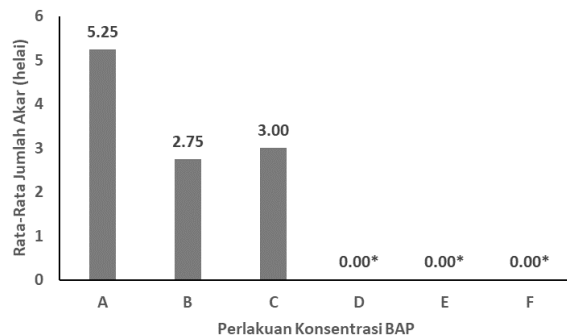
Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh notasi * menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol (A) berdasarkan uji t pada taraf 5 %.

Gambar 5. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap rata-rata tinggi plantlet pada 4 dan 8 MST

Jumlah Akar. Gambar 6 menunjukkan akar tidak terbentuk pada perlakuan dengan penambahan BAP 1,5 – 3,0 mg/L, sehingga secara signifikan menurunkan jumlah akar dibandingkan dengan kontrol. Jumlah akar yang dihasilkan perlakuan kontrol menunjukkan jumlah terbanyak diduga karena kandungan auksin endogen dalam eksplan cukup tinggi. Penambahan BAP menyebabkan penurunan jumlah akar karena sitokinin berperan sebagai inhibitor dalam pembentukan akar lateral dan menghalangi efek rangsangan dari auksin (Noah *et al.*, 2021). Menurut Rustikawati *et al.* (2021) sitokinin mampu menstimulasi pertumbuhan akar dibawah laju optimumnya, tetapi pada BAP dengan konsentrasi tinggi menyebabkan penghambatan pertumbuhan akar.

Sitokinin seperti Benzylaminopurine (6-BAP) menghambat inisiasi dan perkembangan akar adventif dengan menangkal pengaruh auksin (Alallaq *et al.*, 2020; Lakehal *et al.*, 2020). Sitokinin mendorong tahap pertama dalam inisiasi akar adventif yaitu proliferasi sel, tetapi menghambat pada tahap kedua yaitu reprogramming sel yang mengarah ke spesi-

fikasi sel *founder* akar adventif dari mikro-kalus yang telah terbentuk sebelumnya (Lakehal *et al.*, 2020).



Keterangan: A=0 mg/L; B=0,5 mg/L; C= 1,0 mg/L; D= 1,5 mg/L; E= 2,0 mg/L; F= 3,0 mg/L. Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh notasi * menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol (A) berdasarkan uji t pada taraf 5 %.

Gambar 6. Pengaruh konsentrasi BAP terhadap rata-rata jumlah akar

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil percobaan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan BAP berpengaruh terhadap pertumbuhan tunas aksilar rami klon lokal wonosobo.
2. Konsentrasi BAP 0,5 mg/L menunjukkan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tunas aksilar dalam meningkatkan jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan konsentrasi yang lebih tinggi.

Saran. Perlu dilakukan penelitian lain untuk mencari konsentrasi yang lebih efektif dalam menginduksi tunas aksilar pada rami klon lokal Wonosobo dengan konsentrasi BAP dibawah 0,5 mg/L. Selain itu, pengkajian tentang pengaruh panjang ruas dan jumlah nodus yang digunakan juga penting untuk melihat efektivitasnya dalam induksi tunas rami klon lokal Wonosobo.

Daftar Pustaka

Alallaq, S., A. Ranjan, F. Brunoni, O. Novák, A. Lakehal, and C. Bellini. 2020. Red light controls adventitious root regeneration by

modulating hormone homeostasis in *Picea abies* seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11(September): 1–14.

Amelia, Z.R., Supriyanto, and A.S. Wulandari. 2020. Effect of 6-BAP application on shoot production of *Melaleuca alternifolia* seedlings seedlings. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Available online at <https://doi.org/10.1088/1755-1315/528/1/012063>

Bhojwani, S.S. and M.K. Razdan. 1996. *Plant Tissue Culture: Theory and Practice*, a Revised Edition. *Studies in Plant Science* (5). Available online at [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(96\)80002-4](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(96)80002-4)

du Plessis, H.J., R.V. Nikolova, B.A. Egan, and R. Kleynhans. 2021. Preliminary study on in vitro shoot culture of *Hibiscus coddii* subsp. *barnardii*, an indigenous South African flowering plant. *Ornamental Horticulture*, 27(3): 408–416.

Dwiyan, R. 2015. *Kultur Jaringan Tanaman*. Pelawa Sari. Available online at <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Gati, E. 1991. Pengaruh beberapa zat tumbuh sitokinin (BAP, kinetin, dan 2-ip) pada perbanyakan mikro tanaman rami. 10–11.

Habibie, S., N. Suhendra, B.A. Setiawan, M. Hamzah, N. Aisah, D.A. Fitriani, R. Tasomara, and M. Anggaravidya. 2021. Prospect of ramie fiber development in indonesia and manufacturing of ramie fiber textile-based composites for industrial needs, an overview. *International Journal of Composite Materials*, 11(3): 43–53.

Hanifah, N. dan F. Kartiasih. 2018. Determinan impor serat kapas di Indonesia tahun 1975–2014 (pendekatan Error correction mechanism). *Media Statistika*, 11(2): 119–134.

Hidayati, N., W. Lestasi, dan M. Isda. 2014. Induksi tunas in vitro jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) asal kampar dari eksplan tunas apeks dan nodus in vitro. *JOM FMIPA*, 1(2).

Karjadi, A. dan A. Buchory. 2007. Pengaruh NAA dan BAP terhadap pertumbuhan jaringan meristem bawang putih pada media b5. *Jurnal Hortikultura*, 17(3): 85148.

Lakehal, A., A. Dob, Z. Rahnesan, O. Novák, S. Escamez, S. Alallaq, M. Strnad, H. Tuominen, and C. Bellini. 2020. Ethylene

- response factor 115 integrates jasmonate and cytokinin signaling machineries to repress adventitious rooting in *Arabidopsis*. *New Phytologist*, 228(5): 1611-1626.
- Mukherjee, P.K., R. Mondal, S. Dutta, K. Meena, M. Roy, and A.B. Mandal. 2018. In vitro micropropagation in *Boehmeria nivea* to generate safe planting materials for large-scale cultivation. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 54(4): 183-189.
- Nazir, U., Z. Gul, G.M. Shah, and N.I. Khan. 2022. Interaction effect of auxin and cytokinin on in vitro shoot regeneration and rooting of endangered medicinal plant *Valeriana jatamansi* jones through tissue culture. *American Journal of Plant Sciences*, 13(02): 223-240.
- Ngezahayo, F. and B. Liu. 2014. Axillary bud proliferation approach for plant biodiversity conservation and restoration. *International Journal of Biodiversity*, 2014: 1-9.
- Noah, A.M., R. Casanova-Sáez, R.E.M. Ango, I. Antoniadi, M. Karady, O. Novák, N. Niemenak, and K. Ljung. 2021. Dynamics of auxin and cytokinin metabolism during early root and hypocotyl growth in theobroma cacao. *Plants*, 10(5).
- Nowakowska, K., A. Pińkowska, E. Siedlecka, and A. Pacholczak. 2022. The effect of cytokinins on shoot proliferation, biochemical changes and genetic stability of *Rhododendron 'Kazimierz Odnowiciel'* in the in vitro cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 149(3): 675-684.
- Nowakowska, M., Ž. Pavlovic, M. Nowicki, S.L. Boggess, and R.N. Trigiano. 2020. In vitro propagation of an endangered *Helianthus verticillatus* by axillary bud proliferation marzena. *Plants*, 9(712): 1-15.
- Paul, V., R. Chandra, S. Khetarpal, and R. Polisetty. 2000. The effect of BAP induction period on shoot differentiation from seedling explants of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal Plant Biology*, 27(3): 235-239.
- Pierik, R.I. 1987. *In Vitro Culture of Higher Plants*. Martinus Nijhoff Publisher.
- Purwati, R.D. 2010. Strategi pengembangan rami (*Boehmeria nivea* Gaud.). *Perspektif*, 9(2): 106-118.
- Rineksane, I.A. and S.S. Dewi. 2018. The combination of rice water and bap enhances the multiplication of *Grammatophyllum speciosum*. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 6(2): 92-99.
- Rustikawati, R., C. Herison, E. Inorlah, and V. Dwisari. 2021. Effect of BAP (6-Benzyl Aminopurine) on in vitro shoot growth of curcumas. *Agrotropica*, 4(1): 82-92.
- Satriawan, D., S. Nurliana, and T. Pujiyanti. 2021. Effectiveness of BAP (6-Benzyl Amino Purine) for buds induction of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) . *Proceedings of the 3rd KOBICONGRESS, International and National Conferences (KOBICINC 2020)*, 14(Kobicinc 2020): 12-15. Available online at <https://doi.org/10.2991/absr.k.210621.003>
- Soelaiman, V. dan A. Ernawati. 2013. Pertumbuhan dan perkembangan cabai keriting (*Capsicum annuum* L.) secara in vitro pada beberapa konsentrasi BAP dan IAA. *Buletin Agrohorti*, 1(1): 62.
- Sofian, A.A., E. Prihastanti, S. Widodo, and A. Suedy. 2018. Effect of IBA and BAP on shoot growth of tawangmangu tangerine (*Citrus reticulata*) by in-vitro. *Biosaintifika*, 10(2): 379-387.
- Sulaiman, S., M.A. Yusuf, and A. Awal. 2020. Effect of plant growth regulators on in vitro culture of pineapple (*Ananas comosis* L. Merr) MID2 variety. *Food Research*, 4(4): 110-114.
- Sut, D., P. Talukdar, and S. Singh. 2004. Micro-propagation of ramie (*Boehmeria nivea* (L) Gaud) through shoot-tip and nodal segment culture. *Indian Journal of Agricultural Research*, 38(2): 131-134.
- Vidyagina, E.O., N.N. Kharchenko, and A. Shestibratov. 2021. Efficient cryopreservation of populus tremula by in vitro-grown axillary buds and genetic stability of recovered plants. *Plants*, 10(77).
- Wicaksono, I.A., I. Windani, and E. Erny. 2021. Prioritas strategi pengembangan serat rami (*Boehmeria nivea* proper) jenis ina grass di kabupaten Wonosobo. *Agroland*, 28(2): 197-203.
- Wu, W., K. Du, and X. Kang. 2021. The diverse roles of cytokinins in regulating leaf development. *Horticulture Research*, 8(118).

Putra, S. · Y. Ferry · R. Harni

Pengendalian penyakit busuk buah kakao menggunakan *Trichoderma viride* dan pupuk Kalium

Sari. Kerugian akibat serangan penyakit busuk buah kakao (BBK) mencapai 40-100%, produktivitas hanya 669,9 kg/ha/tahun. Upaya pengendalian dapat dilakukan melalui penggunaan cendawan antagonis *Trichoderma* dan peningkatan dosis pupuk Kalium. Penelitian bertujuan menguji efektivitas *Trichoderma viride* dan pupuk K dalam mengendalikan penyakit BBK. Penelitian dilakukan pada Januari sampai Desember 2019 di kebun kakao rakyat (Klon CSA 6) berumur 10 tahun dengan tanaman pelindung *Gliricidia* sp. Desa Suka Bandung, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 12 perlakuan dan 3 ulangan. Macam perlakuan yaitu fungisida *Trichoderma viride*, fungisida kimia (*mancozeb*), pupuk KCl 100 g/phn, dosis KCl 110 g/phn, dosis KCl 125 g/phn, *Trichoderma* + KCl 100 g/phn, *Trichoderma* + KCl 110 g/phn, *Trichoderma* + KCl 125 g/phn, fungisida kimia + KCl 100 g/phn, fungisida kimia + KCl 110 g/phn, fungisida kimia + KCl 125 g/phn, dan cara petani (tanpa fungisida + KCl 50 g/phn). Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas serangan terendah (7,79%), daya hambat penyakit tertinggi (68,84%), dan produksi biji kering mencapai 1.327,86 kg/ha/tahun (166,86%) diperoleh pada penggunaan *Trichoderma viride* dan pupuk KCl 125 g/pohon. Efektivitas fungisida *Trichoderma viride* tidak berbeda dibandingkan dengan fungisida kimia dalam mengendalikan penyakit BBK, dan makin tinggi dosis pupuk K, makin tinggi pula daya hambat terhadap penyakit.

Kata kunci: Busuk buah kakao · Pengendalian · Pupuk kalium · *Trichoderma viride*

Controlling cocoa pod rot disease by using *Trichoderma viride* and Potassium fertilizer

Abstract. Losses due to cacao pod rot disease is varied from 40 to 100% leaving the productivity into 669.9 kg per ha per year. To control the disease, *Trichoderma* and potassium (K) fertilizer are used. The study aimed to test the effectiveness of *Trichoderma viride* and K fertilizer in controlling cocoa pod rot disease. The study was conducted from January to December 2019 in South Lampung Regency, by using cocoa clone of CSA 6 aged 10 years as plant material. The study used a randomized block design with 12 treatments and 3 replications. The treatment were *Trichoderma viride* fungicide, chemical fungicide (*mancozeb*), KCl fertilizer 100 g plant⁻¹, KCl 110 g plant⁻¹, KCl 125 g plant⁻¹, *Trichoderma* + KCl 100 g plant⁻¹, *Trichoderma* + KCl 110 g plant⁻¹, *Trichoderma* + KCl 125 g plant⁻¹, chemical fungicide + KCl 100 g plant⁻¹, chemical fungicide + KCl 110 g plant⁻¹, chemical fungicide + KCl 125 g plant⁻¹, and farmer's method (no fungicide + KCl 50 g plant⁻¹). The results showed that the lowest attack intensity (7.79%), the highest disease inhibition (68.84%), and production reached 1,327.86 kg per ha per year (166.86%) was obtained in the combination treatment of *Trichoderma viride* + KCl 125 g plant⁻¹. The effectiveness to control the disease on the treatment of *Trichoderma viride* was not different compared to chemical fungicides, and the higher applied dose of K fertilizer, the higher the inhibition against cacao pod rot disease.

Keywords: Cocoa pod rot · Control · Potassium fertilizer · *Trichoderma viride*

Diterima : 26 November 2021, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36807>

Putra, S.¹, Y. Ferry¹, R. Harni¹

¹ Badan Riset dan Inovasi Nasional

Korespondensi: sunjayaputra0769@gmail.com, 081224538369

Pendahuluan

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai sumber pendapatan petani, maupun sebagai komoditas ekspor. Luas areal perkebunan kakao Indonesia telah mencapai 1.592.562 ha dan produksi 774.195 ton biji kering. Sebagian besar perkebunan kakao berbentuk perkebunan rakyat (99%), dengan jumlah petani mencapai 2,5 juta keluarga tani. Volume ekspor mencapai 358.481 ton dengan nilai olahan kakao mencapai USD 1.193.734 pada tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2020).

Rata-rata produktivitas kakao di perkebunan rakyat hanya mencapai 696,9 kg/ha/tahun, sedangkan produktivitas kakao di perkebunan besar swasta dan negara dapat mencapai 1,5 – 2 ton/ha/tahun. Produktivitas varietas unggul dapat mencapai 2,5 – 3,6 ton/ha/tahun. Produktivitas kakao rakyat yang rendah disebabkan oleh serangan hama dan penyakit (Badan Pusat Statistik, 2020).

Penyakit yang sering menyerang tanaman kakao adalah busuk buah kakao (BBK). Penyakit ini dapat menurunkan produksi sebesar 20-40% dan kerugian akan meningkat mencapai 100% di daerah dengan curah hujan dan kelembapan yang tinggi (Harni *et al.*, 2014). Penyakit busuk buah juga menyerang tanaman kakao di seluruh dunia (Guest, 2007; Deberdt *et al.*, 2008). Penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh jamur *Phytophthora palmivora*, sejenis jamur yang dapat mempertahankan hidupnya dalam bentuk miselium dan klamidospora pada bagian tanaman yang terinfeksi atau di dalam tanah sehingga sangat sulit dikendalikan.

Saat ini belum ada fungisida yang betul-betul efektif dan ekonomis untuk menghambat perkembangan penyakit busuk buah kakao. Penggunaan fungisida berbahan aktif Mancozeb tidak ekonomis karena memerlukan tenaga kerja yang cukup banyak untuk mengoles semua buah kakao secara individu dengan menggunakan kuas dan dapat menimbulkan residu pada biji kakao, walaupun cukup efektif menahan serangan penyakit busuk buah kakao. Penggunaan fungisida berbahan aktif *mancozeb* 1,5-2 g/L mampu menghambat serangan penyakit busuk buah pada tanaman kakao (Yunita *et al.*, 2018; Sutrisno, 2015).

Tingkat serangan penyakit busuk buah dapat berkembang lebih cepat pada areal pertanaman kakao, sehingga perlu dilakukan tindakan pencegahan lebih awal. Alternatif pengendalian yang dapat dilakukan adalah meningkatkan daya tahan tanaman atau kesehatan tanaman dan penggunaan fungisida hayati agar terhindar dari residu bahan kimia dengan penggunaan cendawan antagonis *Trichoderma* sp. dan peningkatan dosis pupuk Kalium.

Beberapa spesies *Trichoderma* yang sudah digunakan untuk mengendalikan berbagai penyakit tanaman budidaya adalah *T. viride*, *T. harzianum*, *T. virens*, *T. hamatum* (Nakkeeran *et al.*, 2011; Sriwati *et al.*, 2015), *T. konigii* dan *T. polysporum* (Cavalcante *et al.*, 2008). Spesies *Trichoderma martiale* digunakan untuk pengendalian penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora* sp. (Hanada *et al.*, 2009), *Trichoderma asperellum* dapat menekan intensitas serangan penyakit busuk buah kakao sebesar 50% (Hakkar *et al.*, 2014), dan *Trichoderma virens* dapat menekan serangan penyakit busuk buah kakao sebesar 71% (Chamzurni *et al.*, 2014; Sriwati *et al.*, 2015). *Trichoderma* juga berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kamalakkannan and Gopalakrishnan, 2011).

Pemberian pupuk, terutama pupuk kalium (K), dapat meningkatkan kesehatan tanaman. Pupuk kalium membantu dalam perkembangan akar, pembentukan protein, karbohidrat dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit (Prajapati and Modi, 2012; Wang *et al.*, 2013; Subandi, 2013; Melotto *et al.*, 2017; Hasanuzzaman *et al.*, 2018). Kekurangan pupuk K dapat meningkatkan kerentanan tanaman terhadap berbagai penyakit, serangan hama dan membuat tanaman rentan kerusakan pada kondisi stress (Wang *et al.*, 2013).

Erwiyono *et al.* (2006) menyatakan bahwa pemberian Kalium sebanyak 85 g/pohon mampu meningkatkan pembentukan ptil baru pada tanaman kakao. Supadma *et al.* (2012) telah merekomendasikan pemupukan K diberikan 2 kali dalam setahun, dengan satu kali dosis pemupukan sebanyak 150 g/pohon untuk tanaman kakao berumur >5 tahun.

Pemberian pupuk K akan memperkuat dinding sel tanaman sehingga menjadi lebih keras. Komposisi dinding sel yang kokoh akan mempersulit patogen melakukan penetrasi sel, karena unsur K dapat memperkuat struktur

jaringan tanaman serta mempertebal dinding sel epidermis dan sel kutikula (Thomas *et al.*, 2003; Aminuddin *et al.*, 2006). Menurut Kong *et al.* (2013), kadar nutrisi K yang optimum bagi tanaman berkorelasi positif dengan akumulasi lignin ke dalam berkas pembuluh dan sel-sel sklerenkim dinding sel tanaman yang pada akhirnya meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas *Trichoderma viride* dan dosis pupuk K yang tepat dalam mengendalikan penyakit busuk buah pada tanaman kakao.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di kebun kakao rakyat yang ditanami klon CSA 6 yang berumur 10 tahun dengan tanaman pelindung *Gliricidia* sp. dan terserang penyakit busuk buah kakao minimal sebesar 10% dari populasi tanaman/ha di Desa Suka Bandung Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Lokasi berada pada ketinggian 400 meter di atas permukaan laut, jenis tanah termasuk podsolik merah kuning dan berpasir, dengan pH tanah berkisar antara 5-6. Penelitian dilaksanakan Januari sampai Desember 2019.

Bahan yang digunakan adalah buah kakao yang berukuran 8-10 cm di lapangan, *Trichoderma viride*, pupuk KCl, pupuk urea, fungisida kimia (Mancozeb), pupuk SP36. Alat yang digunakan seperti erlenmeyer, pinset, aluminium foil, galon air kapasitas 19 liter, cangkuk, handsprayer, parang, gunting setek, gergaji pangkas.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 12 perlakuan dan 3 kali ulangan. Macam perlakuan adalah: fungisida *Trichoderma viride* (f1), fungisida kimia (mancozeb) (f2), pupuk KCl 100 g/pohon (f3), dosis KCl dinaikan 10% (110 g/pohon) (f4), dosis KCl dinaikan 25% (125 g/pohon) (f5), *Trichoderma* + KCl 100 g/pohon (f6), *Trichoderma* + KCl 110 g/pohon (f7), *Trichoderma* + KCl 125 g/pohon (f8), fungisida kimia + KCl 100 g/pohon (f9), fungisida kimia + KCl 110 g/pohon (f10), fungisida kimia + KCl 125 g/pohon (f11), dan pengendalian cara petani (tanpa fungisida + KCl 50 g/pohon) (f12). Masing-masing perlakuan diamati 20 buah kakao/pohon berukuran 8-10 cm dari 3 sampel tanaman.

Isolat *Trichoderma* yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat koleksi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang potensial menekan beberapa patogen penyebab penyakit tanaman. Isolat *T. viride*, dengan kerapatan spora optimum 10^8 spora/mL (Amaria dan Wardiana, 2014; Amaria *et al.*, 2015; Harni *et al.*, 2014). Isolat *Trichoderma viride* diremajakan pada media selektif (3 g Glukosa, 1 g NH_4NO_3 , 0,9 g KH_2PO_4 , 0,2 g MgSO_4 , 0,15 g KCl, 0,02 g ZnSO_4 , 0,02g MnSO_4 , 0,15 g Rose Bengal, 0,25 g chloramphenicol, 0,05 g streptomycin sulfat dan 20 g bakto agar). Perbanyakan fungi dilakukan pada media PDA (potato dextrose agar).

Perbanyakan massal *Trichoderma viride* menggunakan rangkaian fermentor sederhana, terdiri dari galon (19 liter) untuk medium fermentasi, aerator untuk suplai udara dan filter 0,2 μ untuk menyaring udara. Sebelumnya fermentor dan medium disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Komposisi media adalah glukosa 20 g; kentang 100 g; Na_2HPO_4 3,4 g; NaH_2PO_4 1,99 g; urea 1 g; KCl 0,2 g; MgSO_4 0,2 g; Thiamin HCl 1 mg; MnSO_4 0,002 g; ZnSO_4 0,002 g; FeSO_4 0,002 g; Air RO 1.000 ml. Inokulum vegetatif sebanyak 2% (v/v) ditambahkan pada media fermentatif, kemudian diinkubasi pada suhu 25-28 °C selama 4-5 hari. Pembuatan starter diawali dengan penyediaan suspensi *Trichoderma viride* yang dibuat dengan cara menambahkan 2 ml larutan NaCl fisiologis steril ke dalam agar miring. Sebanyak 1 ml suspensi [1% (v/v)] dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml yang telah berisi medium tahap vegetatif 100 ml dan diinkubasi pada suhu 25-28 °C selama 3 hari menggunakan orbital shaker dengan kecepatan 150 rpm.

Trichoderma viride diaplikasikan dengan cara menyemprot semua bagian tanaman (terutama buah yang diamati) dengan konsentrasi atau kerapatan 10^8 spora/mL (Hanada *et al.*, 2009), sebanyak 250 mL/pohon. Setelah perlakuan buah dibungkus dengan kantong plastik untuk mencegah terjadinya pencucian oleh air hujan. Aplikasi *Trichoderma viride* dilakukan setiap 4 minggu sampai buah masak dan dipanen selama 6 bulan.

Fungisida mancozeb diaplikasikan dengan menyemprot semua bagian tanaman terutama buah dengan dosis 2 g/L dan volume semprot 250 mL/pohon (Yunita *et al.*, 2018)

Aplikasi pupuk kalium sesuai perlakuan dilakukan dengan cara ditabur pada lubang larikan yang dibuat melingkar di bawah tajuk

tanaman kakao dan di tutup dengan tanah. Waktu aplikasi pupuk KCl dilaksanakan bersamaan dengan pemupukan Urea dan SP36.

Teknik budidaya kakao lainnya adalah penyiangan, pemangkasan dan pemupukan diluar perlakuan. Pemangkasan dilakukan setiap 3 bulan. Sedangkan pemupukan diluar perlakuan dilakukan sebagai upaya memberikan pupuk yang berimbang dalam melaksanakan budidaya kakao yang baik *Good Agricultural Practices* (GAP) dengan dosis yang sama untuk semua perlakuan atau tanaman. Pupuk yang diaplikasikan adalah pupuk anorganik Urea 270 g/pohon, SP36 180 g/pohon (Siregar *et al.*, 2010) dan pupuk organik dari kotoran kambing sebanyak 5 kg/pohon diberikan setiap 6 bulan.

Pengamatan dilakukan terhadap gejala serangan, persentase serangan, intensitas serangan, dan kadar senyawa lignin pada buah. Pengamatan persentase serangan dengan menggunakan rumus (Strange, 2003):

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase serangan

n = jumlah buah yang terserang

N = jumlah buah yang diamati

Pengamatan intensitas serangan penyakit dilakukan pada buah yang terserang pada setiap pohon dengan rumus (Strange, 2003):

$$I = \sum (ni \times vi) / ((Z \times N) \times 100\%)$$

Keterangan :

I = intensitas serangan

ni = jumlah buah pada setiap kategori serangan

vi = nilai skala dari setiap kategori serangan

Z = nilai skala dari kategori serangan tertinggi

N = jumlah buah yang diamati

Pemberian skoring terhadap tingkat kerusakan buah yang diamati dengan menggunakan nilai skala seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai skala berdasarkan skoring penyakit busuk buah kakao

Nilai skala	Tingkat kerusakan buah (%)
0	0
1	1 – 25
2	26 – 50
3	51 – 75
4	76 – 100

Sumber: (Asaad *et al.*, 2010)

Pengamatan terhadap kadar senyawa lignin dari 3 sampel buah kakao dari masing-masing tanaman yang mendapat perlakuan pupuk Kalium 100 g/pohon, 110 g/pohon dan 125 g/pohon.

Daya hambat serangan penyakit busuk buah dihitung berdasarkan selisish antara intensitas serangan penyakit yang terjadi pada perlakuan cara petani (kontrol) dengan intensitas serangan yang terjadi pada tanaman yang mendapat perlakuan fungisida hayati, fungisida kimia dan pupuk K, yaitu :

$$\frac{IS \text{ cara petani (kontrol)} - IS \text{ perlakuan}}{IS \text{ cara petani (kontrol)}} \times 100\%$$

Ket : IS = Intensitas Serangan

Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis statistik menggunakan ANOVA (Analysis of Variance) dan apabila terjadi perbedaan dilakukan uji lanjut dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Intensitas Serangan dan Daya Hambat. Pemberian beberapa dosis pupuk K dan penggunaan fungisida mempengaruhi intensitas serangan penyakit busuk buah kakao (Tabel 2). Intensitas serangan penyakit busuk buah kakao terendah diperoleh pada perlakuan penggunaan *Trichoderma viride* + pemberian pupuk K dosis 125 g/pohon, yaitu sebesar 7,79%, diikuti dengan pemberian pupuk K dosis 125 g/pohon sebesar 8,95% yang tidak berbeda dengan perlakuan lainnya, kecuali dengan perlakuan cara petani (tanpa fungisida + KCl 50 g/pohon) sebesar 25%. Berdasarkan hasil tersebut, unsur K berperan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit, sementara *Trichoderma* berperan dalam memparasit cendawan *Phytophthora* penyebab penyakit busuk buah kakao.

Intensitas serangan yang menurun pada penggunaan *Trichoderma viride* dan pemberian pupuk KCl dapat meningkatkan daya hambat serangan penyakit. Daya hambat tertinggi diperoleh pada penggunaan *Trichoderma viride* + pemberian pupuk K dosis 125 g/pohon yaitu sebesar 68,84%. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian penyakit busuk buah kakao lebih

efektif bila dilakukan secara terpadu antara *T. viride* dan pemupukan K.

Tabel 2. Pengaruh pupuk K, *Trichoderma viride* dan fungisida kimia terhadap intensitas serangan dan daya hambat penyakit BBK

Perlakuan fungisida, dosis KCl (g/pohon)	Intensitas serangan (%)	Daya hambat (%)
<i>Trichoderma viride</i>	9,10 b	63,60
Fungisida kimia	10,41 b	58,36
KCl 100 g/pohon	9,73 b	61,08
KCl 110 g/pohon	10,18 b	59,28
KCl 125 g/pohon	8,95 b	64,20
<i>Trichoderma</i> + KCl 100	9,95 b	60,20
<i>Trichoderma</i> + KCl 110	9,56 b	61,76
<i>Trichoderma</i> + KCl 125	7,79 b	68,84
Fungisida kimia + KCl 100	11,27 b	54,92
Fungisida kimia + KCl 110	10,87 b	56,52
Fungisida kimia + KCl 125	9,09 b	63,64
Cara Petani	25 a	

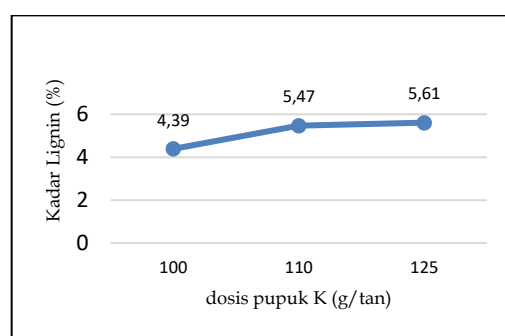
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) 5%

Hasil penelitian terhadap penggunaan fungisida *Trichoderma viride* dan fungisida kimia menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut sama-sama dapat mempengaruhi intensitas serangan penyakit busuk buah kakao. Intensitas serangan terendah dan daya hambat penyakit tertinggi diperoleh pada pemberian *Trichoderma viride* yaitu sebesar 9,10% dan 63,60%, yang tidak berbeda dengan pemberian fungisida kimia (10,41% dan 58,36%) (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa fungisida hayati cukup efektif dalam menghambat serangan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. Cendawan *Trichoderma* bersifat antagonis terhadap pertumbuhan cendawan *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah. Cendawan ini menghambat pertumbuhan cendawan *Phytophthora* sehingga rusak dan mati. Menurut Susanto *et al.* (2013), kemampuan antagonis *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan patogen *P. palmivora* adalah melalui mekanisme persaingan dan antibiosis. Menurut Sinaga (2006), introduksi agen hayati antagonis berpotensi menekan inokulum, mencegah kolonisasi, secara langsung menghambat patogen dengan hasil sekresi, berkompetisi terhadap ruang dan atau nutrisi, dan menginduksi proses ketahanan tanaman.

Pemberian pupuk K juga dapat menurunkan intensitas serangan dan meningkatkan daya

hambat terhadap penyakit busuk buah kakao (Tabel 2). Intensitas serangan terendah dan daya hambat penyakit tertinggi diperoleh pada dosis pupuk kalium 125 g/pohon (8,95%) dengan daya hambat 64,20%, tetapi tidak berbeda dengan perlakuan pemberian pupuk K lainnya. Peningkatan dosis pupuk K dapat mengakibatkan intensitas serangan semakin menurun, dan hambatan terhadap penyakit semakin meningkat. Menurut Holzmueller *et al.* (2007), bahwa konsentrasi K yang lebih tinggi di dalam tanaman dapat menurunkan kompetisi internal patogen terhadap sumber nutrisi. Status nutrisi K yang tinggi memungkinkan tanaman untuk mengalokasikan lebih banyak sumber daya untuk mencegah infeksi patogen, meningkatkan pertahanan tanaman, dan perbaikan kerusakan. Menurut Marschner (2012), K penting dalam aktivasi enzim, sintesis protein, fotosintesis, osmoregulasi, pergerakan stomata, transfer energi, transportasi floem, keseimbangan kation-anion, dan ketahanan stres.

Tumbuhan telah mengembangkan mekanisme untuk menutup stomata setelah merasakan adanya serangan pathogen. Mekanisme ini dikenal sebagai pertahanan stomata (Melotto *et al.*, 2017). Dengan adanya K, sel penjaga stomata membengkak dengan menyerap air diikuti dengan pembukaan stomata dan proses penutupan stomata dengan menurunnya tekanan turgor. Pasokan K yang tidak mencukupi mengakibatkan penutupan stomata yang tertunda dan bahkan penutupan pori-pori yang tidak selesai (Hasanuzzaman *et al.*, 2018).



Gambar 1. Grafik pengaruh pupuk K terhadap kadar lignin pada kulit buah kakao

Kandungan Lignin. Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan beberapa dosis pupuk K mempengaruhi kandungan lignin pada kulit buah kakao. Peningkatan dosis pupuk K sebesar 10% dapat meningkatkan kandungan lignin lebih tinggi (5,47%) dan dosis

pupuk K ditingkatkan sebesar 25% dapat meningkatkan kandungan lignin pada kulit buah sebesar 5,61 %, bila dibandingkan dengan dosis K sesuai anjuran (100 g/pohon) dengan kadar lignin 4,39%. Menurut Weng *et al.* (2008), bahwa lignin terdiri dari polimer aromatik kompleks dan merupakan dinding sel tanaman vaskular. Kekuatan mekanik dinding sel meningkat melalui ikatan silang polimer hemiselulosa dan selulosa (He *et al.*, 2015). Lignin dan selulosa, serta karbohidrat struktural merupakan konstituen utama dari dinding sel dan komponennya memainkan peran penting dalam kekuatan tanaman, kekuatan batang dan ketahanan tanaman (Wang *et al.*, 2014; Zheng *et al.*, 2017). Selama perkembangan dinding sel sekunder, lignin disimpan dalam matriks karbohidrat dinding sel, yang membuat seluruh bagian tumbuhan menjadi kaku dan memungkinkan tumbuhan untuk berkembang ke atas (Del Río *et al.*, 2012; Hyles *et al.*, 2017).

Tabel 3. Pengaruh dosis pupuk K dan fungisida terhadap produksi buah

Perlakuan	Produksi Buah pod /pohon/th n	Taksasi produksi biji kering kg/ha/thn
<i>Trichoderma viride</i>	38.04 a	1195.44 a
Fungisida kimia	35.49 a	1182.45 a
KCl 100 g/pohon	33.33 a	1047.52 a
KCl 110 g/pohon	36.30 a	1140.86 a
KCl 125 g/pohon	40.66 a	1277.73 a
<i>Trichoderma</i> + KCl 100	33.95 a	1067.00 a
<i>Trichoderma</i> + KCl 110	37.91 a	1191.46 a
<i>Trichoderma</i> + KCl 125	42.25 a	1327.86 a
Fungisida kimia + KCl 100	32.71 a	1028.03 a
Fungisida kimia + KCl 110	34.69 a	1090.26 a
Fungisida kimia + KCl 125	39.06 a	1227.60 a
Cara Petani	25.32 b	795.77 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) 5%

Produksi Kakao. Keberhasilan penurunan intensitas serangan dan meningkatnya daya hambat terhadap serangan penyakit mampu meningkatkan produksi kakao. Hasil produksi kakao dihitung dari selisih antara buah yang sehat dengan buah yang terserang penyakit setelah 6 bulan pengamatan (Tabel 3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan penggunaan fungisida hayati, fungisida kimia, dan pemberian pupuk K dengan dosis yang ditingkatkan memberikan

hasil produksi buah kakao serta biji kering lebih tinggi bila dibandingkan dengan cara petani.

Penyemprotan dengan fungisida *Trichoderma viride* dan peningkatan dosis pupuk K sebanyak 25% dari dosis anjuran selain berhasil dalam menekan intensitas serangan penyakit busuk buah, juga dapat menghasilkan produksi buah yang tertinggi yaitu sebesar 1.327,86 kg/ha/tahun (166,86%) dibandingkan dengan cara petani sebesar 795,77 kg/ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian penyakit busuk buah kakao dapat dilakukan dengan menggunakan *Trichoderma viride*, pemberian pupuk K dengan dosis yang ditingkatkan antara 10-25% dan akan lebih efektif bila dilakukan secara terpadu penggunaan *Trichoderma viride* dengan pemberian pupuk KCl 10-25%.

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Kombinasi *Trichoderma viride* dan pupuk KCl dosis 125 g/pohon menghasilkan intensitas serangan terendah (7,79%) dengan daya hambat terhadap penyakit (68,84%), dan produksi biji kering meningkat mencapai 1.327,86 kg/ha/tahun (166,86%).
2. Efektivitas fungisida *Trichoderma viride* tidak berbeda dibandingkan dengan fungisida kimia (*mancozeb*) dalam mengendalikan penyakit busuk buah kakao, dan makin tinggi dosis pupuk K, makin tinggi pula daya hambat terhadap penyakit.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kelompok Penelitian (Kelti) Ekofisiologi, Kelti Hama dan Penyakit, staf Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Indonesia yang telah mendukung dan membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amaria, W. dan E. Wardiana. 2014. Pengaruh waktu aplikasi dan jenis *Trichoderma* terhadap penyakit jamur akar putih pada

- bibit tanaman karet. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar, 1(1): 45-54.
- Amaria, W., R. Harni, dan Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar, 2(1): 235-244.
- Aminuddin, M.I., Nurhayati, dan N.O. Tambunan. 2006. Pengaruh pupuk kalium terhadap penyakit gugur daun *Corynospora* pada pembibitan karet. Seminar Nasional Pengelolaan OPT yang Berwawasan Lingkungan. Palembang.
- Asaad, M., B.A. Lologau, Nurjanani, dan Warda. 2010. Kajian pengendalian penyakit busuk buah kakao, *Phytophthora* sp. menggunakan *Trichoderma* dan kombinasinya dengan penyarungan buah. Makassar: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistik Kakao Indonesia 2019. Indonesia
- Cavalcante, R.S., H.L.S Lima, G.A.S. Pinto, C.A.T. Gava, and S. Rodrigues. 2008. Effect of moisture on *Trichoderma* conidia production on corn and wheat bran by solid-state fermentation. Food Bioprocess Technol., (1): 100-104.
- Chamzurni, T., R. Sriwati, R. Muarif, B. Amin, and A. Ulim. 2014. Formulation of *Trichoderma virens* origin of Aceh cocoa controlling black pod disease caused by *Phytophthora palmivora*. Proceedings of The 4th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah). In conjunction with The 9th Annual International Workshop and Expo on Sumatra Tsunami Disaster and Recovery – AIWEST-DR. October 22-24, 2014, Banda Aceh, Indonesia.
- Deberdt, P., C.V. Mfegue, P.R. Tondje, M.C. Bon, M. Ducamp, C. Hurard, B.A.D. Begoude, M. Ndoumbe-Nkeng, P.K. Hebbbar, and C. Cilas. 2008. Impact of environmental factors, chemical fungicide, and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. Biological Control, (44): 149-159.
- Del Río, J.C., J. Rencoret, P. Prinsen, A.n.T. Martínez, J. Ralph, and A. Gutiérrez. 2012. Structural characterization of wheat straw lignin as revealed by analytical pyrolysis, 2D-NMR, and reductive cleavage methods. J. Agric. Food Chem., (60): 5922-5935.
- Erwiyono, R., A.A. Sucahyo, Suyono, dan S. Winarso. 2006. Keefektifan pemupukan kalium lewat daun terhadap pembungaan dan pembuahan tanaman Kakao. Pelita Perkebunan, 22(1): 13 – 24.
- Guest, D. 2007. Black pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. Phytopathology, (97): 1650-1653.
- Hakkar, A.A., A. Rosmana, dan M.D. Rahim. 2014. Pengendalian penyakit busuk buah *Phytophthora* pada kakao dengan cendawan endofit *Trichoderma asperellum*. J. Fitopatologi Indonesia, 10(5): 139-144.
- Hanada, R.E., A.W.V. Pomella, W. Soberanis, L.L. Loguercio, and J.O. Pereira. 2009. Biocontrol potential of *Trichoderma martiale* against the black-pod disease (*Phytophthora palmivora*) of cacao. Biological Control, (50): 143-149.
- Harni, R., E. Taufiq, dan W. Amaria. 2014. Pengaruh formula fungisida nabati minyak cengkeh dan serai wangi terhadap penyakit busuk buah kakao. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar, 1(1): 41-48.
- Hasanuzzaman, M., M.H.M.B. Bhuyan, K. Nahar, Md.S. Hossain, J. Al Mahmud, Md.S. Hossen, A.A.C. Masud, Moumita, and M. Fujita. 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. Agronomy, 8: 1-31.
- He, C., J. Ma, and L. Wang. 2015. A hemicellulose-bound form of silicon with the potential to improve the mechanical properties and regeneration of the cell wall of rice. New Phytol., 206: 1051-1062.
- Holzmueller, E.J., S. Jose, M.A. and Jenkins. 2007. Influence of calcium, potassium, and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose. Plant Soil, 290: 189-199.
- Hyles, J., S. Vautrin, F. Pettolino, C. MacMillan, Z. Stachurski, J. Breen, H. Berges, T. Wicker, and W. Spielmeyer. 2017. Repeat-length variation in a wheat cellulose synthase-like gene is associated with altered tiller number and stem cell wall composition. J. Exp. Bot., 68: 1519-1529.
- Kamalakkannan, A. and C. Gopalakrishnan. 2011. Isolation of *Trichoderma* species from the soil. International Workshop on "Production of Biocontrol agents" (*Pseudomonas* and *Trichoderma*) 18-22 July. Coimbatore, India. 9-12.

- Kong, E., D. Liu, X. Guo, W. Yang, J. Sun, X. Li, K. Zhan, D. Cui, J. Lin, and A. Zhang. 2013. Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *Crop J.*, 1: 43-49.
- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd ed.; Academic Press: London, UK. 178-189.
- Melotto, M., L. Zhang, P.R. Oblessuc, and Y.H. Sheng. 2017. Stomatal defense a decade later. *Plant Physiology*, 174: 561-571.
- Nakkeeran, S., G. Chandrasekar, P. Renukadevi, and T. Raguchander. 2011. Mass production of *Trichoderma viride*. International Workshop on "Production of Biocontrol agents" (*Pseudomonas* and *Trichoderma*) 18-22 July. Coimbatore, India. 119-129
- Prajapati, K. and H.A. Modi. 2012. The importance of potassium in plant growth – a review. *Indian Journal of Plant Sciences*, 1(02-03): 177-186.
- Sinaga. 2006. *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Siregar, T.H.S, S. Riyadi, dan L. Nuraeni. 2010. *Budidaya Cokelat*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sriwati, R., R.L. Melnick, R. Muarif, M.D. Strem, G.J. Samuels, and B.A. Bailey. 2015. *Trichoderma* from Aceh Sumatra reduces *Phytophthora* lesions on pods and cacao seedlings. *Biological Control*, (89): 33-41.
- Strange, R.N. 2003. *Introduction to Plant Pathology*. John Wiley and Sons Ltd. New York (US).
- Subandi. 2013. Peran dan pengelolaan hara kalium untuk produksi pangan di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 6(1): 1-10.
- Supadma, A.A.N., I.N. Dibia, dan I.G.N. Bagus. 2012. Sosialisasi dan aplikasi teknologi pemupukan berimbang spesifik lokasi untuk meningkatkan mutu dan hasil tanaman kakao di Kecamatan Selemadeg Tabanan. *Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Bulletin Udayana Mengabdi*, 9 (2): 64 - 68
- Susanto, A., A.E. Prasetyo, dan S. Wening. 2013. Laju infeksi *Ganoderma* pada empat kelas tekstur tanah. *J. Fitopatologi Indonesia*, 9(2): 39-46.
- Sutrisno, I.F. 2015. Pengujian efektivitas fungisida Galben M73 WP (BA : Benalaksil 8% dan Mancozeb 65 %) terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl. pada tanaman kakao secara *in vivo* dan *in vitro*. Skripsi Fakultas Pertanian Unbraw.
- Thomas, A.B. dan U. Hidayati. 2003. Status hara kalium kaitannya dengan serangan penyakit daun *Corynespora* pada klon RRIM 600. *Warta Pusat Penelitian Karet*, 22(1): 24-31.
- Wang, C., R. Ruan, X. Yuan, D. Hu, H. Yang, Y. Li, and Z. Yi. 2014. Relationship between lignin metabolism and lodging resistance of culm in buckwheat. *J. Agric. Sci.*, (6): 29-36
- Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen, and S. Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *Int. J. Mol. Sci.*, 14: 7370-7390.
- Weng, J.K., X. Li, J. Stout, and C. Chapple. 2008. Independent origins of syringyl lignin in vascular plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, (105): 7887-7892.
- Yunita, I. Suswanto, dan Sarbino 2018. Pengaruh asap cair tempurung kelapa terhadap *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. *Perkebunan dan Lahan Tropika*, 8(2).
- Zheng, M., J. Chen, Y. Shi, Y. Li, Y. Yin, D. Yang, Y. Luo, D. Pang, X. Xu, and W. Li. 2017. Manipulation of lignin metabolism by plant densities and its relationship with lodging resistance in wheat. *Sci. Rep.*, (7): 1-12.

Yuniarti, A.R. · E. Rokhminarsih · Purwanto

Uji kemampuan bakteri diazotrof asal perakaran bawang merah dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah

Sari Budiaya tanaman bawang merah saat ini dihadapkan pada masalah stagnasi produksi akibat aplikasi pupuk kimia secara berlebihan sehingga efisiensi pemupukan rendah. Teknologi ramah lingkungan dan efisien pupuk dengan aplikasi bioteknologi melalui aplikasi bakteri berguna seperti bakteri penambat nitrogen. Penelitian bertujuan untuk (1) mengetahui respons pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah terhadap bakteri diazotrof, (2) menetapkan isolat bakteri diazotrof yang paling baik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. Percobaan dilaksanakan pada bulan Januari 2021 sampai April 2021. Percobaan dilaksanakan di Rumah Kassa serta Laboratorium Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan perlakuan jenis isolat bakteri diazotrof terdiri dari 9 jenis isolate dan 1 kontrol yaitu I₁ = LCR3, I₂ = LAR5, I₃ = LBR1, I₄ = LAZ2, I₅ = LAZ3, I₆ = LCA1, I₇ = LAR3, I₈ = LAA5, dan I₉ = LAA4. Masing-masing diulang 3 kali. Variabel yang diamati yaitu tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), kehijauan daun (SPAD unit), panjang akar total (cm), volume akar (ml), bobot kering tajuk (g), bobot kering akar (g), rasio akar:tajuk, jumlah umbi (biji), volume umbi (ml), bobot umbi segar (g), bobot umbi askip (g), indeks panen. Hasil percobaan menunjukkan bahwa aplikasi bakteri penambat N₂ dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. Variabel yang berpengaruh nyata yaitu Pemberian isolat bakteri penambat nitrogen secara nyata berpengaruh terhadap jumlah daun, kehijauan daun, bobot tajuk kering, bobot akar kering, rasio akar/tajuk, jumlah umbi sebesar 70,72%, dan bobot umbi eskip sebesar 90,63% dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan isolat LCR3 menghasilkan angka tertinggi pada variabel bobot umbi eskip.

Kata kunci: Bawang merah · Bakteri diazotrof · Nitrogen

The ability test of indigenous diazotrophic bacteria from shallot rhizosphere in supporting the growth and yield of shallot (*Allium ascalonicum* L.)

Abstract. Shallot (*Allium ascalonicum* L) cultivation is currently faced with the problem of production stagnation due to excessive application of chemical fertilizers so that fertilization efficiency is low. Eco-friendly and efficient fertilizer technology, in terms of biotechnology, such the application of useful bacteria, namely nitrogen fixing bacteria is promising solution. The research aimed to (1) determine the growth and yield response of shallots against diazotrophic bacteria, (2) determine and select the best diazotrophic bacterial isolates for the growth and yield of shallots. The experiment was conducted from January to April 2021 in Screenhouse and Laboratory of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman University. The experimental design used was a Randomized Completely Block Design (RCBD). The treatment of diazotrophic bacterial isolates consisted of 9 isolates and 1 control, i.e., I₁ = LCR3, I₂ = LAR5, I₃ = LBR1, I₄ = LAZ2, I₅ = LAZ3, I₆ = LCA1, I₇ = LAR3, I₈ = LAA5, and I₉ = LAA4. All of them replicated three times. Variables observed were plant height, number of leaves, leaf greenness, total root length, root volume, shoot dry weight, root dry weight, root shoot ratio, number of bulbs, bulb volume, fresh bulb weight, sun dried bulb weight, and harvest index. The results showed that application of diazotroph bacteria could increase the growth and yield of shallots. Application of diazotroph bacteria had a significant effect on number of leaves, leaf greenness, dry shoot weight, dry root weight, root shoot ratio, number of bulbs by 70.72%, and sun dried bulb weight by 90.63% compared to the control. Treatment LCR3 produced the highest number of sun dried bulb weight.

Keywords: Shallot · Diazotrophic bacteria · Nitrogen

Diterima : 7 Januari 2022, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.37708>

Yuniarti, A.R. · E. Rokhminarsih · Purwanto

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto 53122

Korespondensi: purwanto0401@unsoed.ac.id

Pendahuluan

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomis tinggi dengan harga eceran rata-rata tertinggi mencapai Rp 59.200/kg pada bulan Juni 2020 (Pusat Informasi Harga Pangan Strategis Nasional, 2020). Menurut Putri dan Watemin (2014), kenaikan harga bawang merah disebabkan oleh adanya permintaan tinggi yang tidak diimbangi pasokan yang cukup. Salah satu penyebabnya adalah penurunan produktivitas. Produktivitas bawang dari tahun 2016 ke 2017 menurun dari 9,67 ton/ha menjadi 9,29 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2018). Turunnya produktivitas bawang merah salah satunya diakibatkan oleh penurunan kesuburan akibat pemberian pupuk anorganik secara terus menerus (Elisabeth *et al.*, 2013).

Permintaan bawang merah yang terus meningkat menyebabkan banyak petani melakukan pemupukan yang berlebihan (Sari dan Prayudyaningsih, 2015). Usaha tani bawang merah di Brebes dilakukan secara intensif, seperti adanya praktek pengolahan tanah dan aplikasi pupuk anorganik rutin berdosasi dan intensitas tinggi (Muliana *et al.*, 2018). Mutiarasari *et al.* (2019) melaporkan para petani bawang merah di daerah Majalengka rata-rata menggunakan pupuk anorganik keseluruhan sebanyak 700-1000 kg/ha untuk meningkatkan produksi bawang merah sampai pada tingkat maksimum. Dosis yang digunakan melebihi anjuran dosis pupuk anorganik keseluruhan di daerah Kabupaten Majalengka, yaitu 50-500 kg/ha.

Tanah yang diberi pupuk anorganik dengan jumlah banyak secara terus menerus akan jenuh karena adanya residu sisa bahan kimia dari pupuk tersebut sehingga peran dari pupuk anorganik menjadi kurang efektif (Supartha *et al.*, 2012). Pupuk anorganik meninggalkan residu di dalam tanah yang akan menjadi racun sehingga mengakibatkan degradasi mikroorganisme tanah (Muslimah, 2015). Kondisi ini membuat turunnya kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara dan nutrisi karena berkurangnya mikroba yang berfungsi dalam proses penguraian bahan organik dan pelepasan nutrisi ke dalam bentuk yang dapat digunakan bagi tanaman (Kalay *et al.*, 2020). Salah satu usaha meminimalkan penggunaan pupuk anorganik yang sangat

banyak adalah dengan memanfaatkan bakteri penambat N₂ sebagai pupuk hayati untuk mengurangi jumlah N sintetis, sehingga dapat meningkatkan produksi tanpa merusak lingkungan (Ummah *et al.*, 2019).

Diazotrophic bacteria merupakan bakteri penambat N₂ yang sering digunakan sebagai pupuk hayati karena memiliki kemampuan dalam menyumbangkan hara nitrogen untuk tanaman sehingga dapat berperan dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk nitrogen anorganik (Panjaitan *et al.*, 2015). Bakteri ini memiliki enzim spesifik bernama nitrogenase yang berperan dalam pengubahan bentuk nitrogen bebas di atmosfer dan melepaskannya menjadi amonia (NH₃) (Susilowati dan Setyowati, 2016). Selain dapat mengembalikan kesuburan lahan pertanian dengan cara menambat nitrogen, bakteri penambat N₂ juga termasuk ke dalam *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) karena mampu memacu pertumbuhan tanaman dengan cara menghasilkan fitohormon *indole acetic acid* (IAA) (Ramdan dan Risnawati, 2018). Bakteri diazotrof mampu hidup pada perakaran secara bebas dan dalam jaringan tanaman secara endofit (Santoso *et al.*, 2019).

Isolat bakteri LAA4, LAA5, LCA1, LAR3, LAR5, LBR1, LCR3, LAZ2, dan LAZ3 telah diidentifikasi dari rhizosfer tanaman bawang merah (Amalia *et al.*, 2020). Dari 9 isolat yang dikaji, ada 6 isolat bakteri diazotrof penghasil IAA dan mampu menambat N berkisar 3,50 - 88,55 ppm. Sampai sekarang pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah belum diketahui.

Pengujian pengaruh isolat-isolat bakteri penambat nitrogen dalam memacu pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui respons pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah terhadap bakteri penambat N₂, (2) mengetahui dan menetapkan isolat bakteri penambat N₂ yang paling baik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di dalam rumah kaca dan Laboratorium Agronomi dan Hortikultura, Universitas Jenderal Soedirman dengan ketinggian ± 100 m dpl dengan jenis tanah

Inceptisol. Penelitian berlangsung dari bulan Januari 2021 hingga April 2021.

Bahan yang digunakan diantaranya bibit bawang merah varietas Bima Brebes, sembilan jenis isolat bakteri diazotrof, media *nutrient broth*, *nutrient agar*, pupuk ZA, SP-36, KCl, alkohol, akuades, tanah inceptisol. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *polybag* ukuran 40x50 cm, SPAD *Chlorophyll Meter*, *beaker glass*, meteran, penggaris, gembor, ember, timbangan digital, label, tali, gelas erlenmeyer, gelas ukur, bunsen, oven, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), ose, *shaker*, *hot plate stirrer*, papan nama, kamera, dan alat tulis.

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) non-faktorial dengan perlakuan jenis isolat bakteri penambat N₂, yang telah dieksplorasi oleh Amalia *et al.* (2020) dari rizosfer tanaman bawang merah (*A. ascalonicum*) di Brebes, Jawa Tengah. Isolat tersebut terdiri dari 9 jenis yaitu I₁ = LCR3, I₂ = LAR5, I₃ = LBR1, I₄ = LAZ2, I₅ = LAZ3, I₆ = LCA1, I₇ = LAR3, I₈ = LAA5, dan I₉ = LAA4. Terdapat 10 perlakuan yang masing-masing diulang tiga kali, sehingga ada 30 unit percobaan. Satu unit percobaan terdiri dari 6 *polybag* dengan 1 tanaman tiap *polybag*, sehingga terdapat 6 tanaman dan jumlah tanaman untuk seluruh percobaan adalah 180 tanaman.

Penelitian ini mengamati beberapa variabel yang meliputi variabel pertumbuhan dan hasil. Variabel pertumbuhan meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), kehijauan daun (unit SPAD), panjang akar total (cm), volume akar (cm³), bobot kering tajuk (g), bobot

kering akar (g), dan rasio tajuk-akar. Variabel hasil diantaranya jumlah umbi, volume umbi (cm³), bobot umbi segar (g), bobot umbi askep (g), dan indeks panen. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji F dan apabila apabila dalam uji F nyata maka pengujian dilanjutkan dengan Uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Bakteri Diazotrof Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah. Aplikasi bakteri diazotrof berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, kehijauan daun, bobot kering akar, dan rasio akar/tajuk, namun pengaruhnya tidak nyata terhadap tinggi tanaman, bobot kering tajuk, panjang akar, dan volume akar (Tabel 1).

Hal ini berarti panjang akar dan volume akar yang dicapai relatif sama. Perakaran bawang merah merupakan akar serabut yang tertanam tidak terlalu dalam dan berbentuk silinder berongga yang tidak panjang (Wibowo, 2007). Namun, rata-rata panjang akar yang didapat dalam penelitian ini mencapai 656,06 cm pada perlakuan I₆ (LCA1) atau 65,96% lebih panjang dari kontrol. Perlakuan I₆ (LCA1) juga menghasilkan nilai tertinggi pada nilai rata-rata variabel volume akar yaitu 4,560 cm³ atau meningkatkan volume akar 28,08%. Hal ini diduga akibat ketersediaan unsur hara pada tanah. Menurut Nyakpa *et al.*, (1998)

Tabel 1. Nilai rata-rata variabel pertumbuhan tanaman bawang merah

Perlakuan	Pertumbuhan tanaman bawang merah							
	Tinggi Tan. (cm)	Jumlah Daun (helai)	Kehijauan Daun (unit SPAD)	Bobot Kering Tajuk (g)	Bobot Kering Akar (g)	Rasio Akar/Tajuk	Panjang Akar (cm)	Volume Akar (cm ³)
I ₁	39,723a	24,333abc	63,420a	3,209ab	0,434ab	0,153ab	459,61a	4,330a
I ₂	40,000a	24,778ab	65,990a	2,937ab	0,391b	0,137b	486,17a	3,560a
I ₃	41,500a	24,444abc	56,920a	4,224a	0,479ab	0,115b	524,32a	3,440a
I ₄	41,000a	23,333abc	62,880a	3,977a	0,466ab	0,117b	616,13a	4,110a
I ₅	39,667a	18,444abc	66,890a	3,401ab	0,523a	0,157ab	655,11a	3,560a
I ₆	39,557a	26,556a	64,733a	3,562ab	0,519a	0,148ab	656,06a	4,560a
I ₇	40,833a	26,222a	59,657a	4,042a	0,369b	0,096b	565,90a	4,110a
I ₈	41,443a	19,556abc	63,903a	3,282ab	0,452ab	0,142ab	642,00a	3,890a
I ₉	38,390a	16,556bc	63,200a	2,000b	0,399b	0,204a	512,10a	3,220a
K	40,057a	16,333c	41,690b	2,057b	0,399b	0,203a	395,31a	2,560a

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.

ketersediaan air dan nutrisi adalah faktor lain yang mempengaruhi perkembangan akar selain sifat genetik. Semakin sedikit jumlah nutrisi pada media pertumbuhan tanaman, akan menyebabkan panjang akar yang semakin melebar atau menyebar untuk mencari nutrisi tersebut (Harvani *et al.*, 2014). Hal ini sesuai dengan analisis tanah awal yang menunjukkan tingkat nitrogen dan kalium yang rendah pada tanah, yaitu 0,41% N dan 31,71 mg/100g K₂O. Pertumbuhan akar tanaman lebih terpacu apabila tersedia unsur N terbatas dan air tidak tersedia (Gardner *et al.*, 1991).

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bakteri diazotrof berpengaruh nyata terhadap variabel bobot kering akar. Terjadi peningkatan bobot kering akar sebesar 31,08% terhadap kontrol. Nilai rata-rata terbesar terdapat pada perlakuan I₅ (LAZ3), yaitu 0,523 g, akan tetapi nilai tersebut tidak berpengaruh nyata dengan isolat I₁, I₃, I₄, I₅, dan I₈. Peningkatan bobot kering akar diduga disebabkan oleh hormon yang dihasilkan bakteri mampu merangsang pertumbuhan. Hal ini sejalan dengan hasil percobaan Puspita *et al.*, (2018) bahwa bakteri diazotrof mampu menghasilkan fitohormon IAA atau auksin eksogen yang berperan terhadap perkembangan dan pemanjangan akar. Percobaan lain yang dilakukan Larosa *et al.* (2013) menyimpulkan bahwa jumlah rambut akar dan akar lateral tanaman mampu ditingkatkan oleh hormon IAA yang dihasilkan bakteri. Hal ini juga didukung dengan adanya kecenderungan nilai rata-rata panjang akar dan volume akar yang lebih besar pada perlakuan aplikasi bakteri diazotrof dibandingkan kontrol, walaupun hasilnya tidak berpengaruh nyata. Sofyan *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa semakin panjang akar maka semakin tinggi bobot keringnya karena bobot kering akar merupakan senyawa organik.

Perakaran yang berkembang akan meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara, sehingga kebutuhan air dan hara tanaman dapat tercukupi yang berdampak baik pada proses fotosintesis. Proses fotosintesis tidak lepas dari aspek kehijauan daun. Data rata-rata pada Tabel 2 menunjukkan aplikasi bakteri penambat N₂ berpengaruh nyata terhadap kehijauan daun. Perlakuan I₅ (LAZ3) menghasilkan nilai tertinggi yaitu 66,89 (unit SPAD) atau meningkat sebesar 60,45%, sedangkan perlakuan kontrol dengan nilainya terendah yaitu 41,69 (unit SPAD).

Tingginya nilai kehijauan daun pada tanaman yang diaplikasi bakteri penambat N₂ membuktikan peranan Nitrogen dalam biosintesis klorofil (Halmedan *et al.*, 2017; Sari *et al.*, 2016).

Variabel jumlah daun dipengaruhi oleh penyerapan air dan unsur hara nitrogen yang cukup. Berdasarkan pengamatan aplikasi bakteri penambat N₂ memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun 60 HST. Perlakuan I₆ (LCA1) dapat meningkatkan 62,59% dengan hasil nilai rata-rata tertinggi yaitu 26,22, sedangkan perlakuan kontrol menunjukkan rata-rata terendah yaitu 16,33. Hal ini akibat bakteri diazotrof dapat menghasilkan hormon IAA yang adalah perangsang utama dalam proses pembentukan akar tanaman yang kemudian responnya akan mempengaruhi pertumbuhan organ lainnya seperti daun (Setiawan, 2017). Menurut Handayani *et al.*, (2020), hormon auksin dapat meningkatkan jumlah daun dengan cara mempercepat kemunculan tunas sehingga jumlah tunas akan bertambah yang diikuti juga dengan pertambahan jumlah daun.

Bobot kering tanaman berkaitan dengan peningkatan penyerapan unsur-unsur hara yang membantu proses fotosintesis. Aplikasi bakteri penambat N₂ memberikan pengaruh nyata pada rata-rata bobot tajuk kering. Data dari Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan I₃ (LBR1) menghasilkan bobot tajuk kering dari rata-rata bobot tajuk kering per rumpun tertinggi yaitu 4,224 g atau meningkatkan 105,35%. Bobot kering tanaman yang meningkat lebih disebabkan peningkatan pertumbuhan perakaran sehingga mampu meningkatkan serapan hara. Bakteri berguna mempunyai kemampuan menghasilkan zat pengatur tumbuh IAA yang mampu memperbaiki pertumbuhan perakaran tanaman (Purwanto *et al.*, 2017).

). Hormon IAA yang dihasilkan bakteri diazotrof dapat mengontrol pertumbuhan dan perkembangan akar, sehingga hara dan air dapat diserap lebih banyak oleh tanaman (Inderiati *et al.*, 2020). Bakteri penambat N₂ mampu mengoptimalkan penyerapan unsur hara selama pertumbuhan sehingga tanaman mampu mengakumulasi fotosintat lebih banyak (Nugroho, 2015). Dampaknya terjadi peningkatan bobot kering tanaman, karena aktivitas fotosintesis berjalan optimal (Sarif *et al.*, 2015).

Hasil analisis statistik membuktikan bahwa aplikasi bakteri diazotrof tidak berpengaruh

nyata terhadap tinggi tanaman. Diduga tinggi tanaman bersifat genetik. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Istiqomah dan Serdani (2018) bahwa yang mempengaruhi tinggi tanaman yaitu gen bawaan suatu varietas tanaman. Demikian pula yang dikemukakan Ariyanti *et al.* (2017) bahwa tinggi tanaman sangat dipengaruhi sifat genetik tanaman dibandingkan pemupukan.

Variabel pertumbuhan lain yang diamati adalah rasio akar/tajuk yang menggambarkan perbandingan biomasa akar dengan biomasa tajuk (Fahrudin, 2010). Aplikasi bakteri diazotrof berpengaruh nyata terhadap rasio akar/tajuk. Nilai rasio akar/tajuk tertinggi adalah perlakuan I₉ (LAA4) yaitu 0,204 atau meningkatkan 0,49%. Nilai nisbah akar/tajuk yang tinggi menunjukkan bahwa biomassa akar lebih besar dibandingkan biomassa tajuknya (Rahmawati *et al.*, 2013). Hal ini karena bakteri penambat N₂ dapat meningkatkan pertumbuhan akar. Perubahan morfologi akar seperti perpanjangan akar, pertumbuhan rambut akar, dan perluasan permukaan akar didukung oleh kemampuan bakteri diazotrof dalam menghasilkan IAA (Oedjijono *et al.*, 2012). Tanaman dengan jumlah tajuk yang relatif sedikit menyebabkan nisbah akar tajuknya akan meningkat begitu juga sebaliknya (Supriyono *et al.*, 2017). Pertumbuhan akar berperan penting karena pertumbuhan akar yang terhambat akan menyebabkan penyerapan hara yang kurang maksimal sehingga mempengaruhi pembentukan organ tanaman lainnya (Yama, 2018).

Pengaruh Bakteri Diazotrof Terhadap Hasil Tanaman Bawang Merah. Aplikasi bakteri diazotrof berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah umbi dan bobot umbi askip, namun pada variabel volume umbi, bobot umbi segar, dan indeks panen tidak berbeda nyata.

Data pada Tabel 2 menunjukkan aplikasi bakteri penambat N₂ berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi. Isolat I₆ (LCA1) mampu meningkatkan 70,72% jumlah umbi dengan nilai rata-rata yaitu 7,778 dibandingkan kontrol. Pembentukan umbi dipengaruhi oleh jumlah tunas lateral pada setiap benih yang akan tumbuh menjadi daun (Khadijah *et al.*, 2021). Jumlah umbi yg tertinggi dicapai pada tanaman dengan jumlah daun yang terbanyak pula (Tabel 1 & 2). Semakin banyak daun menyebabkan penangkapan cahaya lebih efektif, sehingga berpotensi mempercepat laju fotosintesis dan menghasilkan kandungan fotosintat yang lebih besar untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan umbi bawang (Purba, 2014). Bakteri diazotrof mempengaruhi tanaman secara langsung dengan cara menghasilkan hormon pertumbuhan. Menurut Boiero *et al.* (2007), hormon IAA memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena dapat memacu perkembangan akar dengan cara meningkatkan permukaan akar menjadi lebih luas dan tanaman dapat menyerap lebih banyak nutrisi dari tanah.

Tabel 2. Nilai rata-rata variabel hasil tanaman bawang merah

Perlakuan	Hasil Tanaman Bawang Merah				
	Jumlah Umbi	Volume Umbi (cm ³)	Bobot Umbi Segar (/rumpun)	Bobot Umbi Eskip (g/rumpun)	Indeks Panen (%)
I ₁	7,222ab	18,556a	18,336a	16,871a	0,600a
I ₂	6,111abc	17,222a	16,406a	11,118bc	0,540a
I ₃	6,333abc	16,333a	16,603a	11,142bc	0,478a
I ₄	6,667abc	15,333a	15,976a	9,940bc	0,417a
I ₅	5,222bc	10,889a	10,834a	8,178c	0,344a
I ₆	7,778a	15,778a	16,342a	13,892ab	0,427a
I ₇	7,222ab	15,889a	15,543a	8,967bc	0,467a
I ₈	5,778abc	11,556a	14,962a	11,248bc	0,467a
I ₉	5,222bc	14,889a	14,242a	11,134bc	0,627a
K	4,556c	11,556a	11,023a	8,850bc	0,504a

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.

Perlakuan aplikasi bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar umbi dan volume umbi (Tabel 2). Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata bobot umbi segar dan volume tertinggi didapat dari perlakuan I₁ (LCR3), akan tetapi nilai tersebut tidak berpengaruh nyata dengan isolat lainnya. Nilai rata-rata perlakuan I₁ (LCR3) adalah 18,336 g untuk bobot segar dan 18,56 cm³ untuk volume umbi. Pembentukan umbi dipengaruhi oleh penyerapan air dan translokasi hasil fotosintesis pada daun, sehingga terjadi adanya peningkatan bobot umbi (Setiyowati *et al.*, 2010). Hal ini dapat disebabkan karena jumlah umbi yang juga memberikan pengaruh nyata pada penelitian ini. Tidak terjadinya peningkatan bobot umbi per rumpun umumnya terjadi pada tanaman yang dengan jumlah umbi banyak namun menghasilkan ukuran umbi yang lebih kecil (Oktavia *et al.*, 2019). Menurut Nurhidayah *et al.* (2016), adanya persaingan dalam penyerapan unsur hara antar umbi menyebabkan ukuran umbi menjadi kecil. Pertumbuhan umbi juga dipengaruhi oleh sifat genetika yang dimiliki varietas Bima yang menghasilkan ukuran umbi tidak terlalu besar tetapi berjumlah banyak (Handayani, 2020). Tidak adanya perbedaan nyata variabel bobot umbi juga sejalan dengan hasil variabel volume umbi yang tidak memberikan pengaruh nyata juga. Hardiatmi dan Sudalmi (2020) menjelaskan adanya hubungan antara bobot umbi dengan volume umbi, yaitu jika bobot umbi meningkat maka volume umbi juga akan meningkat.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bakteri penambat N₂ berpengaruh nyata terhadap bobot umbi eskip. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan I₁ (LCR3) menghasilkan nilai tertinggi yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan I₆ (LCA1), tetapi berbeda nyata dengan perlakuan isolat lainnya. Hal ini diduga karena aplikasi bakteri penambat N₂ mampu meningkatkan kemampuan penyerapan dan penyediaan unsur hara dengan lebih efisien. Bakteri ini dapat menghasilkan hormon IAA yang berfungsi merangsang pertumbuhan akar tanaman sehingga dapat menyerap lebih banyak nutrisi dari dalam tanah (Rahni, 2012). Selain itu, bakteri penambat N₂ juga mampu meningkatkan ketersediaan hara nitrogen dalam tanah melalui penambatan nitrogen (Danapriatna, 2012). Nitrogen

merupakan faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis karena nitrogen termasuk dalam salah satu unsur penyusun klorofil (Adisarwanto, 2010). Laju fotosintesis yang tinggi dapat meningkatkan hasil fotosintat yang diakumulasi sebagai padatan terlarut dalam umbi sehingga padatan terlarut dalam umbi meningkat (Alfiani *et al.*, 2021). Bawang merah yang memiliki jumlah padatan terlarut yang tinggi akan memiliki kandungan air umbi yang rendah sehingga susut bobot dari umbi segar ke umbi eskip tidak terlalu tinggi (Farida *et al.*, 2018).

Indeks panen menunjukkan hasil asimilat yang diperoleh tanaman. Nilai indeks panen tertinggi dijumpai pada perlakuan I₉ (LAA4) yaitu 0,63. Nilai tersebut tidak berpengaruh nyata dengan nilai indeks panen pada perlakuan lainnya. Nilai indeks panen pada penelitian ini masih rendah karena nilai indeks panen bawang merah dikatakan baik jika tidak kurang dari 0,7 (Brewster, 1997). Hal ini karena rendahnya asimilat yang dialokasikan ke bagian *sink* (umbi) (Suminarti dan Susanto, 2015). Nilai Indeks panen yang rendah diartikan sebagai kurangnya efisiensi dalam proses translokasi hasil fotosintesis ke organ yang akan dipanen (Irwan *et al.*, 2017). Hasil variabel bobot umbi segar juga menunjukkan tidak berpengaruh nyata yang disebabkan kurang sempurnanya translokasi asimilat ke bagian umbi. Menurut Gultom (2019), rata-rata bobot umbi meningkat akibat nilai indeks panen yang tinggi yang menunjukkan bahwa mobilisasi karbon dari daun ke bagian umbi sangat efisien.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi bakteri diazotrof meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah pada variabel jumlah daun, kehijauan daun, bobot tajuk kering, bobot akar kering, rasio akar/tajuk, jumlah umbi sebesar 70,72% dibandingkan dengan kontrol, dan bobot umbi eskip sebesar 90,63% dibandingkan dengan kontrol.
2. Pemberian isolat LCR3 dapat menghasilkan bobot umbi askip yang paling tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Lab. Agronomi dan Hortikultura yang telah menyediakan alat dan peralatan untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adisarwanto, T. 2010. Strategi peningkatan produksi kedelai sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan impor. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 3(4): 319-331.
- Alfiani, C.U., B. Syah, E. Azizah, dan P. Soedomo. 2021. Identifikasi karakter morfologi dan agronomi beberapa varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di dataran tinggi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(2): 436-446.
- Amalia, D.A.L., Oedjijono, dan Purwanto. 2020. Eksplorasi bakteri diazotrof dari rizosfer tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Brebes, Jawa Tengah. *BioEksakta : Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(3): 464-478.
- Ariyanti, M., C. Suherman, I.R.D. Anjarsari, dan D. Santika. 2017. Respon pertumbuhan bibit nilam aceh (*Pogostemon cablin* benth.) Klon sidikalang pada media tanam subsoil dengan pemberian pati beras dan pupuk hayati. *Jurnal Kultivasi*, 16(3): 394-401.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim. Badan Pusat Statistik.
- Boiero, L., D. Perrig, O. Masciarelli, C. Penna, F. Cassán, and V. Luna. 2007. Phytohormone production by three strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(4): 874-880.
- Brewster, J.L. 1997. Onions and other vegetable alliums. In: wien, H.C. (Eds.) *The physiology of vegetable Crops*. CAB International.
- Danapriatna, N. 2012. Biokimia penambatan nitrogen oleh bakteri non simbiotik. *Jurnal Faperta Cefars*, 1(2): 1-10.
- Elisabeth, D.W., M. Santoso, dan N. Herlina. 2013. Pengaruh pemberian berbagai komposisi bahan organik pada pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(3): 21-29.
- Fahrudin, F. 2010. Budidaya Caisim (*Brassica Juncea* L.) Menggunakan Ekstrak Teh Dan Pupuk Kascing. Skripsi. Universitas Sebelas Maret.
- Farida, E., S. Ulpah, dan T. E. Sabli. 2018. Pemberian pupuk kascing dan POC NASA pada pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Dinamika Pertanian*, 34(3): 255-264.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi tanaman budidaya. penerjemah, Herawati Susilo; pendamping, Subiyanto. UI Press.
- Gultom, S.H.B. 2019. Respons Pertumbuhan dan Produksi Genotipe Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Terhadap Beberapa Jenis Pupuk Organik. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
<https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/14999>
- Halmedan, J., Y. Sugito, dan Sudiarso. 2017. Respon tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata*) terhadap aplikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dan pupuk kandang ayam. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(12): 1926-1935.
- Handayani, E., T. Palupi, dan F. Rianto. 2020. Tingkat keberhasilan pertumbuhan stek lada dengan aplikasi naungan dan berbagai hormon tumbuh auksin. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(2): 106-111.
- Handayani, S.A. 2020. Mengenal jenis bawang merah untuk mendukung kontratani sebagai pusat pembelajaran. <http://cybex.pertanian.go.id/artikel/91981/mengenal-jenis-bawang-merah--untuk-medukung-kontratani-sebagai-pusat-pembelajaran-/>, diakses 8 November 2021.
- Hardiatmi, S. dan E.S. Sudalmi. 2020. Uji macam penyiraman terhadap hasil uwi (*Dioscorea alata*). *Research Fair UNISRI*, 4(1): 487-498.
- Harvani, D., H.S. Utami, dan T. Istivania. 2014. Pengaruh penggunaan nutrisi tanaman dengan menggunakan media yang berbeda pada tanaman pakchoi (*Brassica juncea* L.) Hidroponik.
<http://himatan.ilmutanah.unpad.ac.id/>.
<http://himatan.ilmutanah.unpad.ac.id/pengaruh-penggunaan-nutrisi-tanaman-dengan-menggunakan-media-yang-beda-pada-tanaman-pakchoi-brassica->

- juncea-l-hidroponik/
- Inderiati, S., Q. Qur'an, dan A. Wijaya. 2020. Pertumbuhan setek lada satu ruas berdaun satu dengan pemberian zat pengatur tumbuh. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*, 9(1): 1-7.
- Irwan, A.W., T. Nurmala, dan T.D. Nira. 2017. Pengaruh jarak tanam berbeda dan berbagai dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman hanjeli pulut (*Coix lacryma-jobi* L.) di dataran tinggi Punclut. *Jurnal Kultivasi*, 16(1): 233-245.
- Istiqomah dan A.D. Serdani. 2018. Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L. Var. Tosakan) pada pemupukan organik, anorganik dan kombinasinya. *Agroradix Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2): 1-8.
- Kalay, A.M., A. Sesa, A. Siregar, dan A. Talahaturuson. 2020. Efek aplikasi pupuk hayati terhadap populasi mikroba dan ketersediaan unsur hara makro pada tanah entisol. *Agrologia*, 8(2): 63-70.
- Khadijah, A. Rizal, dan N. Sari. 2021. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) yang diaplikasikan pupuk kandang dan bokashi kiambang. *Jurnal Pertanian*, 12(2): 77-89.
- Larosa, S.F., E. Kusdiyantini, B. Raharjo, dan A. Sarjiya. 2013. Kemampuan isolat bakteri penghasil Indole Acetic Acid (IAA) dari tanah gambut sampit Kalimantan Tengah. *Jurnal Biologi*, 2(3): 41-54.
- Muliana, S. Anwar, A. Hartono, A.D. Susila, dan S. Sabiham. 2018. Pengelolaan dan Pemupukan Fosfor dan Kalium pada Pertanian Intensif Bawang Merah di Empat Desa di Brebes. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1): 27-37.
- Muslimah, M. Muslimah. 2015. Dampak pencemaran tanah dan langkah pencegahan. *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, 2(1): 11-20.
- Mutiarasari, N.R., A. Fariyanti, dan N. Tinaprilla. 2019. Efisiensi alokatif faktor produksi pada usahatani bawang merah di Kabupaten Majalengka, Jawa Barat. *Sosiohumaniora*, 21(2): 216-221.
- Nugroho, W.S. 2015. Penetapan standar warna daun sebagai upaya identifikasi status hara (N) tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah regosol. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 3(1): 8-15.
- Nurhidayah, N.R. Sennang, dan A. Dachlan. 2016. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada berbagai perlakuan berat umbi dan pemotongan umbi. *Jurnal Agrotan*, 2(1): 85-99.
- Nyakpa, M.Y., A.M. Lubis, M.A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, G.B. Hong, dan N. Hakim. 1998. *Kesuburan Tanah*. Universitas Lampung.
- Oedjijono, L.U.W., E.K. Nasution, dan Bondansari. 2012. Pengaruh *Azospirillum* spp. terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan kemampuan beberapa isolat dalam menghasilkan IAA. *Prosiding Seminar Nasional "Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"* 156-163.
- Oktavia, Y., Y. Yartiwi, dan A. Damiri. 2019. Keragaan pertumbuhan dan tingkat kelayakan usaha tani tiga varietas bawang merah: studi kasus Di Kecamatan Selupu Rejang Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2): 103-107.
- Panjaitan, A., I. Anas, R. Widyastuti, dan W. Eko. 2015. Ability of Endophytic Diazotrophic Bacteria in Stimulating Growth of Oil Palm Seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq). *J. Tanah Lingkungan*, 17(1): 1-7.
- Purba, R. 2014. Produksi dan keuntungan usahatani empat varietas bawang di luar musim (off season) di Kabupaten Serang, Banten. *Agriekonomika*, 3(1): 55-64.
- Purwanto, Y. Yuwariah, Sumadi, and T. Sumadi. 2017. Nitrogenase activity and IAA production of indigenous diazotroph and its effect on rice seedling growth. *Agrivita*, 39(1): 31-37.
- Pusat Informasi Harga Pangan Strategis Nasional. 2020. Tabel Perkembangan Harga Pangan Periode Januari-September 2020. <https://hargapangan.id/tabel-harga/pasar-tradisional/daerah>
- Puspita, F., S.I. Saputra, dan D.J. Merini. 2018. Uji beberapa konsentrasi bakteri *Bacillus* sp. endofit untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(3): 322-327.
- Putri, R.H., dan Watemin. 2014. Analisis trend

- dan estimasi harga bawang merah di Kabupaten Banyumas Periode Januari 2008 - Desember 2017. *Jurnal Dinamika Ekonomi dan Bisnis*, 11(1): 65-69.
- Rahmawati, V., Sumarsono, dan W. Slamet. 2013. Nisbah daun batang, nisbah tajuk akar dan kadar serat kasar alfalfa (*Medicago sativa*) pada pemupukan nitrogen dan tinggi defoliasi berbeda. *Animal Agriculture Journal*, 2(1): 1-8.
- Rahni, N.M. 2012. Efek Fitohormon PGPR terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*). *Jurnal Agribisnis Dan Pengembangan Wilayah*, 3(16): 27-35.
- Ramdan, E.P., dan Risnawati. 2018. Aplikasi bakteri pemacu pertumbuhan tanaman dari babadotan dan pengaruhnya pada perkembangan benih cabai. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 2(1): 1-10.
- Santoso, K., Rahmawati, dan Rafdinal. 2019. eksplorasi bakteri penambat nitrogen dari tanah hutan mangrove sungai peniti, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Protobiont*, 8(1): 52-58.
- Sari, R.M.P., M.D. Maghfoer, dan Koesriharti. 2016. Pengaruh frekuensi penyiraman dan dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakchoy (*Brassica rapa L. var chinensis*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(5): 51-64.
- Sari, R. dan R. Prayudyaningsih. 2015. *Rhizobium*: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Info Teknis Eboni*, 12(1): 51-64.
- Sarif, P., A. Hadid, dan I. Wahyudi. 2015. Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea L.*) Akibat pemberian berbagai dosis pupuk urea. *Jurnal Agrotekbis*, 3(5): 585-591.
- Setiawan, E. 2017. Efektivitas pemberian IAA, IBA, NAA, dan root-up pada pembibitan kesemek. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(2): 97-103.
- Setiyowati, S., S. Haryanti, dan R.B. Hastuti. 2010. Pengaruh perbedaan konsentrasi pupuk organik cair terhadap produksi bawang merah (*Allium ascalonicum L.*). *Bioma*, 12(2): 44-48.
- Sofyan, S.E., M. Iniarti, dan Duryat. 2014. Pemanfaatan limbah teh, sekam padi, dan arang sekam sebagai media tumbuh bibit trembesi (*Samanea Saman*). *Jurnal Sylva Lestari*, 2(2): 61-70.
- Suminarti, N.E. dan S. Susanto. 2015. Pengaruh macam dan waktu aplikasi bahan organik pada tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas L.*) Var. Kawi. *Jurnal Agro*, 2(1): 15-28.
- Supartha, I., G. Wijana, dan G. Adnyana. 2012. Aplikasi jenis pupuk organik pada tanaman padi sistem pertanian organik. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 1(2): 98-106.
- Supriyono, S., R.B.A. Putri, dan R. Wijayanti. 2017. Analisis pertumbuhan garut (*Marantha arundinaceae*) pada beberapa tingkat naungan. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 19(1): 22-27.
- Susilowati, D.N. dan M. Setiyowati. 2016. Analisis aktivitas nitrogenase dan gen NIFH isolat bakteri rhizosfer tanaman padi dari lahan sawah pesisir Jawa Barat. *Al-Kauniah*, 9(2): 125-138.
- Ummah, R., M.T. Asri, dan P. Yaqub. 2019. Potensi isolat bakteri endofit akar tanaman bawang merah (*Allium ascalonium*) sebagai bakteri pelarut fosfat. *Lentera Bio*, 8(2): 143-149.
- Wibowo, S. 2007. *Budidaya Bawang Putih, Merah & Bombay*. Penebar Swadaya.
- Yama, D.I. 2018. Analisis pertumbuhan pembibitan *Pueraria javanica* pada komposisi media seresah dalam ketiak Pelepah pada Batang Kelapa Sawit. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 10(3): 199-206.

Syarifain, R.I. · M.R. Rashaun · E.D. Anggrainy · T. Simarmata

Formulasi pembawa rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat, serta aplikasinya di pembibitan kelapa sawit yang diberi komposisi dan dosis amelioran yang berbeda

Sari Keberhasilan aplikasi pupuk hayati berkaitan dengan viabilitas mikroba dalam karier, dan aplikasinya di lapangan. Penelitian ini bertujuan mengetahui viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen (BPN) dan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) pada berbagai komposisi karier, konsentrasi molase, dan aplikasinya dengan berbagai dosis serta komposisi amelioran pada pembibitan kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2019 - Mei 2020 di laboratorium dan kebun percobaan Ciparanje. Tahap pertama menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktor (komposisi karier dan konsentrasi molase) dengan tiga ulangan. Tahap kedua menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dua faktor (komposisi amelioran dan dosis aplikasi) pada pembibitan kelapa sawit sebanyak tiga ulangan. Hasil riset tahap pertama menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase merupakan perlakuan terbaik dengan viabilitas BPN dan BPF tertinggi sampai dengan 12 Minggu Setelah Produksi (MSP) dengan masing-masing populasi sebesar $1,43 \times 10^8$ CFU g⁻¹ dan $1,65 \times 10^8$ CFU g⁻¹. Viabilitas BPN maupun BPF dalam campuran *carrier* 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase pada masa simpan sampai dengan 12 MSP masih memenuhi standar mutu pupuk hayati yaitu sebesar 10^7 CFU g⁻¹. Hasil riset tahap kedua dosis d₃ (10%) komposisi k₃ (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%) memberikan hasil terbaik pada pertambahan tinggi batang, diameter batang dan jumlah daun.

Kata kunci: Amelioran · Organik · Bakteri penambat nitrogen · Bakteri pelarut fosfat · Karier · Pembibitan kelapa sawit

Carrier formulation of nitrogen fixing and phosphate solubilizing rhizobacteria and its application at oil palm nursery treated with different ameliorant dosage and composition

Abstract. The successful application of biofertilizers is related to microbial viability in the carrier, and application in the field. The research examined the viability of Nitrogen-Fixing Bacteria (NFB) and Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB) on various carrier compositions, molasses concentrations, and field application at oil palm nursery combined with different ameliorant dosage and composition. This research was conducted from October 2019 to May 2020 at the laboratory and Ciparanje experimental garden. The first phase used a two-factor completely randomized design (carrier composition and molasses concentration) that was given three replications. The second phase used a two-factor randomized completely block design (ameliorant composition and dosage). First phase results showed that carrier mixture 90% + additive 10% with the addition of 2% molasses was the best treatment with the highest NFB and PSB viability until 12 weeks after biofertilizer production with population of about 1.43×10^8 CFU g⁻¹ and 1.65×10^8 CFU g⁻¹, respectively. Viability of NFB and PSB in carrier mixture 90% + additive 10% with the addition of 2% molasses at the shelf life of 12 weeks after the production still meet the biofertilizer standards in the amount of 10^7 CFU g⁻¹. Ameliorant d₃ dose (10%) of composition k₃ (25% sugarcane boiler compost + 25% palm ash + 40% biochar + 10% dolomite) gave the best results in the increase of plant height, stem diameter and leaves number.

Keywords: Ameliorant · Nitrogen fixing bacteria · Oil palm nursery organic carrier · Phosphate solubilizing bacteria

Diterima : 27 Januari 2022, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.38053>

Syarifain, R.I.¹ · M.R. Rashaun² · E.D. Anggrainy³ · T. Simarmata⁴

¹ Prodi Magister Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

² Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

³ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

⁴ Prodi Doktor Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Pendahuluan

Intensifikasi pertanian meningkatkan penggunaan pupuk anorganik untuk mengoptimalkan produksi tanaman. Menurut Badan Pusat Statistik (2021) impor pupuk pada tahun 2019 mencapai 6.134.500 t dan meningkat menjadi 6.248.700 t pada tahun 2020, yang mengindikasikan bahwa produksi pupuk dalam negeri belum dapat memenuhi kebutuhan pupuk domestik. Hal ini ditunjukkan oleh perkebunan kelapa sawit yang membutuhkan input pupuk anorganik yang lebih tinggi 1.162 kg N ha⁻¹, 124 kg P ha⁻¹, dan 1.673 kg K ha⁻¹, dibandingkan dengan perkebunan karet 60 kg N ha⁻¹, 60 kg P ha⁻¹, dan 40 kg K ha⁻¹ (Tarmizi and Tayeb, 2006; Mandal *et al.*, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa saat ini ketergantungan terhadap pupuk anorganik dalam budidaya pertanian cukup tinggi. Hal ini diperparah dengan jumlah produk pupuk hayati sawit yang relatif lebih sedikit dibandingkan pupuk hayati untuk tanaman hortikultura, dan belum adanya formulasi kombinasi pupuk hayati dan amelioran untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan akan menyebabkan tanah menjadi jenuh residu dan mineralisasi karbon berlebih, sehingga dapat mengganggu siklus hara yang menurunkan kesehatan tanah ditinjau dari parameter kimia tanah (Kanchan *et al.*, 2018). Berdasarkan hal tersebut diperlukan upaya untuk mengurangi ketergantungan penuh terhadap pupuk anorganik dengan memanfaatkan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan amelioran karena amelioran memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Fitriatin *et al.*, 2021).

Menurut Peraturan Menteri pertanian nomor 1 tahun 2019 pupuk hayati memiliki kemampuan untuk menurunkan penggunaan pupuk anorganik secara intensif. Pupuk hayati adalah pupuk yang terdiri dari mikroba bermanfaat dan karier dengan kemampuan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan ketersediaan hara dan kesehatan tanah (Kementan, 2019).

Upaya pengurangan penggunaan pupuk anorganik dapat dilakukan dengan memanfaatkan pupuk hayati. Pupuk hayati adalah produk biologi aktif terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan,

kesuburan, dan kesehatan tanah (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019). Raimi *et al.* (2021) menyatakan aplikasi pupuk hayati menguntungkan tanaman dan mikroba, karena menambah ketersediaan hara bagi tanaman, dan menyediakan bahan organik bagi mikroba sebagai sumber energi. Contoh rizobakteri pupuk hayati yang umum diaplikasikan adalah BPN (Bakteri Penambat Nitrogen) dan BPF (Bakteri Pelarut Fosfat). Pemberian inokulan BPN berupa *Rhizobium* dan *Azotobacter* sp. berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai (Febriati and Rahayu, 2019). Penggunaan BPF seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. diketahui mampu meningkatkan komponen pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan pada tanaman padi sawah dan gogo (Aryanto *et al.*, 2015).

Keberhasilan aplikasi pupuk hayati berkaitan dengan viabilitas (populasi sel hidup) mikroba dalam karier. Viabilitas menandakan kemampuan isolat untuk tumbuh kembali dan dapat dijaga dengan penyimpanan mikroba dan pemilihan karier yang baik (Najmiyati dan Akhadi, 2013). Viabilitas inokulan perlu distabilkan dalam jumlah tinggi selama masa penyimpanan pupuk hayati. Hal ini bertujuan agar inokulan mampu bersaing dengan mikroba indigenus dalam tanah ketika inokulan diaplikasikan ke tanah, sehingga pemberian pupuk hayati mampu memberikan hasil yang optimal untuk pertumbuhan tanaman (Arisandi *et al.*, 2018). Karier harus mampu menyediakan lingkungan hidup yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan inokulan selama produksi, transportasi, dan penyimpanan sebelum inokulan tersebut digunakan (Adiguna dan Aryantha, 2020).

Bahan baku carrier dapat dimanfaatkan dari limbah tanaman kelapa sawit itu sendiri. Salah satu metode pemanfaatan yang dapat digunakan adalah dengan membuat *biochar* dari limbah tersebut. Penelitian Promraksa and Rakmak (2020) menyatakan bahwa konversi limbah padat industri sawit menjadi *biochar* dengan metode *pyrolysis* dengan suhu 525 °C dengan aliran N₂ 2 liter per menit selama 60 menit mampu menghasilkan 44,91% *biochar*. Azeem *et al.* (2021) menyatakan bahwa *biochar* merupakan karier yang baik karena memiliki kandungan C-organik yang tinggi yang berfungsi sebagai sumber nutrisi mikroba selama masa penyimpanan. Tambahan pula,

beberapa karier lain seperti gambut memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi toksin selama masa penyimpanan pupuk hayati, sehingga dapat memperpanjang daya simpan (Saif *et al.*, 2021). Kompos memiliki sifat yang baik karena memiliki kandungan hara mikro yang bermanfaat bagi mikroba selama masa penyimpanan dan tanaman saat pupuk hayati diaplikasikan (Pathirana and Yapa, 2020).

Selain pemilihan karier yang sesuai, viabilitas bakteri dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif seperti dolomit,, abu sawit, asam humat,, dan unsur hara mikro yang mampu menjaga performa mikroba selama masa penyimpanan (Mindari *et al.*, 2018; Promraksa and Rakmak, 2020; Aksani *et al.*, 2021). Bahan aditif lain seperti molase yang memiliki kandungan gula tinggi sehingga dapat dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi tambahan untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Satinder *et al.*, 2012).

Penelitian mengenai viabilitas BPN dan BPF pada komposisi karier dengan penambahan molase yang dipadukan dengan dosis dan komposisi amelioran memiliki potensi untuk dikembangkan untuk menunjang pertumbuhan kelapa sawit. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilaksanakan agar mendapatkan komposisi karier dengan penambahan molase yang mampu memberikan viabilitas terbaik pada BPN dan BPF, serta dosis dan komposisi amelioran terbaik dalam mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Oktober 2019 - Mei 2020 di unit produksi pupuk hayati CV. Bintang Asri Arthauliy, Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman (KTNT), serta di Kebun Percobaan Ciparanje Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah uji viabilitas BPF dan BPN dalam berbagai formulasi karier, dan tahap kedua adalah uji aplikasi pupuk hayati yang dikombinasikan dengan berbagai formulasi amelioran lapangan di pembibitan kelapa sawit. Rancangan yang digunakan dalam tahap pertama adalah RAK Faktorial yang terdiri atas dua faktor (Tabel 1). Faktor pertama yaitu komposisi karier (a) yang terdiri dari tiga taraf yaitu (a_1) campuran 100% karier, (a_2)

campuran 95% karier ditambah 5% zat aditif, (a_3) 90% campuran karier ditambah 10% zat aditif. Campuran karier terdiri atas gambut 50%, *biochar* 25%, kompos 25%. Zat aditif terdiri dari 50% dolomit, 25% abu sawit, 20% asam humat, 5% unsur hara mikro (B, Zn, Cu). Faktor kedua merupakan konsentrasi molase (b) yang terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa pemberian molase (b_0), pemberian molase 1% (b_1) dan 2% pemberian molase (b_2) yang dibuat 3 ulangan. Total seluruh perlakuan adalah 18 unit untuk masing-masing rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Tahap 1

Perlakuan Komposisi Karier (a)	Konsentrasi Molase		
	b_0	b_1	b_2
a_1	a_1b_0	a_1b_1	a_1b_2
a_2	a_2b_0	a_2b_1	a_2b_2
a_3	a_3b_0	a_3b_1	a_3b_2

Rancangan yang digunakan dalam tahap kedua adalah RAK faktorial Faktorial yang terdiri atas dua faktor (Tabel 2) dengan tiga ulangan dan diuji lanjut dengan uji Tukey. Seluruh set percobaan diberikan pupuk hayati dengan kombinasi karier terbaik (berdasarkan tahap I) dengan dosis 50 g per tanaman untuk mensubstitusi kebutuhan pupuk 50% pupuk rekomendasi. Faktor pertama adalah komposisi amelioran k_1 (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k_2 (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k_3 (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d_1 (kontrol/ tanpa pemberian amelioran), d_2 (5% = 500 g *polybag*⁻¹), d_3 (10% = 1000 g *polybag*⁻¹), d_4 (15% = 1500 g *polybag*⁻¹), d_5 (20% = 2000 g *polybag*⁻¹).

Tabel 2. Rancangan Tahap 2

Perlakuan Komposisi Amelioran (k)	Dosis Amelioran				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
k_1	k_1d_1	k_1d_2	k_1d_3	k_1d_4	k_1d_5
k_2	k_2d_1	k_2d_2	k_2d_3	k_2d_4	k_2d_5
k_3	k_3d_1	k_3d_2	k_3d_3	k_3d_4	k_3d_5

Perbanyakkan Isolat Bakteri Penambat Nitrogen dan Bakteri Pelarut Fosfat. Perbanyakkan isolat BPN dan BPF dimulai dengan pembuatan media agar miring Ashby

untuk BPN dan media agar miring Pikovskaya untuk BPF. Setelah itu, dilakukan pengambilan isolat bakteri dari agar miring sebelumnya menggunakan jarum ose secara aseptik dan digoreskan secara zig-zag pada tabung reaksi baru yang berisi media Ashby dan media Pikovskaya kemudian diinkubasi dengan suhu kamar (25°C) selama 3-7 hari.

Selanjutnya, masing-masing isolat unggul BPN dan BPF yang diinkubasi pada suhu ruang dibuat kultur cair dengan cara menuangkan 5 mL media cair ke dalam tabung reaksi isolat dan menggores permukaan agar miring menggunakan jarum ose kemudian menuangkannya kembali ke dalam jerigen yang berisi media Ashby dan Pikovskaya. Setelah itu dilakukan inkubasi pada *rotary shaker* 150 rpm pada suhu kamar selama 3-7 hari.

Persiapan Karier (Tahap I). Setiap karier dikeringanginkan terlebih dahulu. Selanjutnya karier ditumbuk dan disaring menggunakan saringan ukuran 200 mesh. Selanjutnya, dilakukan pencampuran setiap karier dan memasukkannya ke dalam plastik yang sudah diberi label sesuai perlakuan. Kemudian, campuran karier tersebut disterilisasi menggunakan *autoklaf* dengan suhu $\pm 121^\circ\text{C}$ selama 15 menit.

Formulasi Karier. Formulasi dilaksanakan dengan mencampur karier kemudian, inokulan pada wadah plastik sesuai dengan perlakuan karier dan dilakukan secara *aseptic* di *laminar air flow* (LAF). Karier yang digunakan yaitu sebanyak 70% dan konsorsium inokulan yang digunakan sebanyak 30% (15% BPN dan 15% BPF kepadatan 10^9 CFU/mL⁻¹) dengan total campuran adalah 4 kg. Setelah itu, campuran tersebut dipindahkan ke dalam *aluminium foil* sesuai dengan perlakuan (100% campuran karier, 95% campuran karier + 5% zat aditif, dan 90% campuran karier + 10% zat aditif dengan total massa campuran sebanyak 100 g per kemasan. Kemudian masing-masing perlakuan dalam kemasan homogenisasi dan diberi label sesuai dengan perlakuan dan jenis inokulan. Kemasan karier tersebut dimasukkan ke dalam inkubator dan disimpan di dalam ruangan pada suhu kamar 25 °C selama tiga hari serta dilakukan penentuan kandungan bahan organik sesuai dengan metode *Walkley and Black* pada 0 dan 12 Minggu setelah Perlakuan (MSP) (Food Agricultural Organization, 2019).

Pengujian Viabilitas Inokulan dalam Karier. Pengujian viabilitas dilakukan pada minggu ke-0, 2, 4, 6, 8, dan 12 setelah penyimpanan. Indikator kestabilan isolat dalam karier ditentukan oleh jumlah populasi sel hidup (viabilitas) setelah masa penyimpanan. Uji viabilitas inokulan dilakukan dengan cara memasukkan 10 g sampel karier ke dalam botol kocok yang berisi 90 ml larutan fisiologis (NaCl 0,85%), kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* selama 30 menit dan setelah itu dibuat seri pengenceran (Hastuti dan Ginting, 2007). Inokulan BPN ditumbuhkan pada media agar Ashby dan diinkubasi selama 7 hari, sedangkan inokulan BPF ditumbuhkan pada media agar Pikovskaya dan diinkubasi selama 3 hari. Penghitungan koloni dilakukan setelah inkubasi.

Persiapan Media Tanam (Tahap II). Tanah yang digunakan adalah Inceptisols dengan sub group *fluventic eutrudepts* asal Jatinangor yang diambil pada kedalaman 0 – 20 cm. Pengukuran sifat kimia, dan biologi diuji pada awal persiapan tanam (Tabel 3). Tanah tersebut disaring dengan alat penyaring berupa ayakan berukuran 2 x 3 m dengan ukuran saring 1 x 1 cm. Proses homogenisasi formula amelioran dilakukan dengan mesin molen k₁ (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k₂ (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k₃ (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Kemudian setelah formulasi amelioran terhomogenisasi, maka dicampur dengan tanah. Setelah itu, campuran media tanam (tanah dan amelioran) dimasukkan kedalam *polybag* berukuran 20 x 30 cm hingga mencapai bobot 10 kg per *polybag* dan diberi label.

Tabel 3. Data analisis tanah awal

Parameter	Nilai
pH	7,4
Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (CFU/g)	$1,32 \times 10^8$
Populasi Bakteri Penambat Nitrogen (CFU/g)	$1,24 \times 10^8$
Populasi Bakteri Total (CFU/g)	$3,68 \times 10^8$
Populasi Jamur Total (CFU/g)	0×10^5

Sumber: analisis pendahuluan

Penanaman dan Pemupukan, serta Pemeliharaan. Penanaman pada perlakuan dilakukan langsung pada *polybag* yang berukuran 20 x 30 cm. Penanaman dilakukan sekaligus dengan pemberian pemupukan awal

berupa pupuk hayati (dari tahap I sebanyak 50g per tanaman) pada lubang tanam dan SP-36 (50% dosis atau 1,7 g per tanaman) pada sekitar lubang tanam. Penanaman dilaksanakan dengan menggali lubang tanam dengan kedalaman 20-30 cm, menanam bibit *main-nursery* kelapa sawit yang berumur empat bulan, kemudian penutupan lubang tanam.

Pemupukan susulan dengan pemberian pupuk tunggal berupa urea dan KCl dengan cara diberi pada tiga titik media tanam, dilubangi dengan kedalaman 5 cm, disebar, kemudian ditutup dengan media tanam. Pemupukan dilakukan setiap empat minggu sekali, untuk setiap dosis pemupukan pemeliharaan akan disesuaikan dengan umur bibit kelapa sawit dengan 50% dosis rekomendasi. (Tabel. 4).

Tabel 4. Dosis Aplikasi Pupuk Urea, SP-36 dan KCl Pembibitan Kelapa Sawit Dosis 50% dari Dosis Rekomendasi

Jenis Pupuk	Waktu Aplikasi	Dosis Aplikasi (g tanaman ⁻¹)
Urea	0 MSP	1,30
	4 MSP	1,95
	8 MSP	1,95
	12 MSP	2,60
SP-36	0 MSP	1,70
	4 MSP	2,55
	8 MSP	2,55
	12 MSP	3,40
KCl	0 MSP	1,40
	4 MSP	2,10
	8 MSP	2,10
	12 MSP	2,80

Sumber: (Kasno dan Anggria, 2017)

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman setiap hari pada pagi dan sore hari, penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati, serta pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) dilakukan secara fisik dengan pengambilan hama secara langsung. Pengamatan tahap kedua meliputi pertambahan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun mulai umur 0, 2, 4, 6, 8, hingga 16 minggu setelah perlakuan (MSP).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan C-organik Awal dan Akhir Karier. komposisi karier dan konsentrasi molase

tidak berinteraksi pada parameter pengamatan C-organik. Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap kandungan C-organik dalam inokulan Pupuk Hayati 0 dan 12 MSP

Perlakuan	C-Organik (%)	
	0 MSP	12 MSP
Komposisi Karier:		
Campuran karier 100%	25,91 b	26,02 b
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	25,97 b	25,85 b
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	25,18 a	25,41 a
Konsentrasi Molase:		
Kontrol	25,72 a	25,80 a
Molase 1%	25,47 a	25,66 a
Molase 2%	25,86 a	25,83 a

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa kandungan C-organik tertinggi pada 12 Minggu Setelah Produksi (MSP) terdapat pada campuran karier 100% dan Campuran karier 95% ditambah zat aditif 5%. Hal ini diduga karena pemberian bahan organik seperti gambut, *biochar*, dan kompos mampu meningkatkan kandungan C-organik pada pupuk hayati. Bakteri memanfaatkan karbon sebagai sumber energi untuk membentuk sel-sel baru, pertumbuhan, dan aktivitas metabolisme (Azeem *et al.*, 2021). Selain itu, keberadaan unsur karbon akan membantu kegiatan bakteri dalam meningkatkan proses dekomposisi bahan organik serta reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan bakteri seperti fiksasi nitrogen dan pelarutan fosfat (Sudadi *et al.*, 2018).

Faktor konsentrasi molase dengan tanpa penambahan molase, penambahan molase 1%, dan penambahan molase 2% tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik, sehingga diduga persentase penambahan molase 1&2% belum signifikan dalam meningkatkan kandungan C-organik. Penambahan molase dengan konsentrasi lebih tinggi dibutuhkan karena molase mengandung C-organik yang cukup tinggi sehingga mampu meningkatkan kandungan C-organik pada pupuk hayati (Kusuma *et al.*, 2016).

Tabel 6. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap Viabilitas Inokulan Bakteri Penambat Nitrogen Pupuk Hayati 0-12 MSP

Perlakuan	BPN 10 ⁸ (CFUg ⁻¹)					
	0 MSP	2 MSP	4 MSP	6 MSP	8 MSP	12 MSP
Komposisi Karier:						
Campuran karier 100%	0,70 a	4,87 a	3,64 a	2,25 a	1,73 a	0,93 a
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	0,75 a	3,88 a	3,41 a	2,41 b	1,82 a	1,08 ab
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	1,16 b	5,51 a	4,58 a	2,45 b	2,11 b	1,18 b
Konsentrasi Molase:						
Kontrol	0,59 a	3,45 a	2,18 a	1,87 a	1,61 a	0,89 a
Molase 1%	0,75 a	4,98 ab	3,72 a	1,88 b	1,71 a	0,93 a
Molase 2%	1,26 b	5,83 b	5,74 b	2,97 b	2,34 b	1,26 b

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%

Viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen.

Tidak terdapat interaksi komposisi karier dan konsentrasi molase terhadap viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen (BPN). Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 6.

Data tabel 6 menunjukkan uji mandiri efek komposisi karier dan konsentrasi molase terhadap viabilitas sel pada 0 hingga 12 MSP. Populasi BPN pada penambahan molase 2% berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol pada 0 MSP. Hal ini karena pada penambahan molase 2%, unsur gula yang terkandung cukup tinggi sehingga ketersediaan karbon lebih tinggi. Viabilitas BPN tertinggi terdapat pada penambahan molase 2% dengan populasi sebesar $1,26 \times 10^8$. Hal ini diduga karena kadar gula di dalam penambahan molase 2% dapat mendukung BPN untuk tumbuh secara optimal sampai dengan 12 MSP. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Roslan *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa dalam setiap g *Wet Matter Basis* (WMB) molase mengandung sumber C organik seperti , sukrosa (138,73 mg), glukosa (283,53 mg), fruktosa (122,70 mg), galaktosa (11,23 mg), dan manosa (77,23 mg) yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi BPN.

Secara umum, pertumbuhan BPN pada 0 MSP memasuki fase adaptasi (*lag phase*). Pada fase ini, bakteri akan membutuhkan waktu untuk sintesis enzim baru agar dapat beradaptasi di lingkungan yang baru (Rosariastuti *et al.*, 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi lama fase adaptasi adalah kondisi lingkungan selama inkubasi, fisiologi sel, dan ukuran inoculum (Mhlongo *et al.*, 2018; Salwan *et al.*, 2019).

Pertumbuhan BPN mengalami fase perbanyakan (*log phase*) pada 2 MSP yang ditandai dengan meningkatnya jumlah sel bakteri secara eksponensial karena terjadi pembelahan sel bakteri terus menerus dalam laju yang konstan. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri adalah ketersediaan nutrisi pada media. Laju pertumbuhan menjadi lebih cepat ketika bakteri berada dalam media yang kaya nutrisi dan menjadi lebih lambat ketika dalam media yang miskin nutrisi (Hoe *et al.*, 2016; Kanchan *et al.*, 2018)

Penurunan secara terus menerus dari populasi BPN mulai terjadi pada 4 MSP, sehingga dapat dikatakan bahwa BPN tidak memasuki fase stasioner (*stationary phase*), tetapi langsung memasuki fase kematian (*death phase*). Hal ini diduga karena nutrisi telah habis dan terjadi akumulasi senyawa hasil metabolisme sel yang bersifat racun sehingga meningkatkan mortalitas BPN. Pada fase kematian, masih terdapat sel yang melakukan metabolisme dan pembelahan, namun lebih banyak sel yang mati daripada yang hidup, sehingga terjadi penurunan jumlah sel bakteri (Pepper *et al.*, 2014). Namun, sel yang masih hidup dapat bertahan selama beberapa bulan hingga beberapa tahun (Madigan *et al.*, 2015).

Pengaruh mandiri komposisi karier berbeda nyata pada setiap perlakuan dan pada 12 MSP, campuran karier 90% + zat aditif 10% lebih tinggi dibandingkan dengan campuran karier campuran karier 100%. Hal ini diduga karena pemberian zat aditif berupa asam humat yang mengandung karbon sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh

bakteri ketika nutrisi pada molase sudah mulai berkurang (Mindari *et al.*, 2018). Populasi BPN pada seluruh perlakuan sampai dengan 12 MSP adalah lebih dari 10^8 CFU g^{-1} yang memenuhi standar pupuk hayati. Hal ini karena berdasarkan kepmentan No. 261 tahun 2019 standar minimal kepadatan pupuk hayati majemuk yaitu memiliki kepadatan bakteri sebesar 10^7 CFU g^{-1} bobot kering contoh (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019).

Viabilitas Bakteri Pelarut Fosfat.

Komposisi karier dan konsentrasi molase tidak menunjukkan interaksi terhadap parameter viabilitas Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 7.

Data pada Tabel 7 memperlihatkan bahwa populasi BPF pada campuran karier 95% + zat aditif 5% dan campuran karier 90% + zat aditif 10% dari 4 MSP sampai dengan 6 MSP lebih tinggi dibandingkan dengan pada campuran karier 100%. Hal ini diduga karena pemberian zat aditif berupa asam humat yang mengandung karbon sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi bakteri ketika nutrisi pada molase sudah berkurang. Pada 12 MSP kepadatan sel tidak berbeda nyata yang mengindikasikan bahwa perkembangan bakteri telah mencapai fase stasioner pada masa akhir penyimpanan isolat di dalam karier.

Secara umum, populasi BPF pada penambahan molase 2% berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa penambahan molase. Hal ini diduga karena unsur gula yang

terkandung di dalam penambahan molase 2% mampu mendukung aktivitas BPF untuk tumbuh secara optimal sampai dengan 12 MSP. Tambahan pula, selain tinggi akan kandungan gula (60%), molase juga memiliki kandungan asam amino, dan mineral yang mampu mendukung pertumbuhan bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas fluorescent* selama masa penyimpanan hingga 4 minggu pada konsentrasi 40 gL^{-1} tanpa penambahan substrat lain (Advinda *et al.*, 2020).

Pertumbuhan BPF pada 0 MSP memasuki fase adaptasi (*lag phase*). Pada fase ini, bakteri akan membutuhkan waktu untuk sintesis enzim baru agar dapat beradaptasi di lingkungan yang baru (Rosariastuti *et al.*, 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi fase adaptasi adalah kondisi lingkungan selama inkubasi, fisiologi sel, dan ukuran inoculum (Mhlongo *et al.*, 2018; Salwan *et al.*, 2019).

Fase perbanyakan (*log phase*) pada BPF terjadi mulai dari 2 MSP sampai 6 MSP, kecuali pada penambahan molase 1% yang mengalami fase ini mulai dari 2 MSP sampai 4 MSP. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah sel bakteri secara eksponensial karena terjadi pembelahan sel bakteri terus menerus dalam laju yang konstan. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri adalah ketersediaan nutrisi pada media. Laju pertumbuhan menjadi lebih cepat ketika bakteri berada dalam media yang kaya nutrisi dan menjadi lebih lambat ketika dalam media yang miskin nutrisi (Teng *et al.*, 2020).

Tabel 7. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap Viabilitas Inokulan Bakteri Pelarut Fosfat Pupuk Hayati 0-12 MSP

Perlakuan	BPF 10^8 (CFU g^{-1})					
	0 MSP	2 MSP	4 MSP	6 MSP	8 MSP	12 MSP
Komposisi Karier:						
Campuran karier 100%	0,97 a	1,81 a	2,62 a	2,92 a	1,89 a	0,90 a
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	1,16 ab	3,10 a	3,55 b	4,20 b	2,43 a	0,82 a
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	1,23 b	4,08 a	3,69 b	5,54 c	2,66 b	1,23 a
Konsentrasi Molase:						
Kontrol	0,95 a	2,86 a	2,97 a	3,16 a	1,37 a	0,72 a
Molase 1%	1,00 a	2,86 a	3,46 b	3,29 a	1,86 a	0,85 a
Molase 2%	1,40 b	3,34 a	3,58 b	6,22 b	3,75 c	1,39 b

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%

Tabel 8. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran plus terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Bibit Kelapa Sawit (mm)

Perlakuan	Formulasi amelioran plus											
	Δ 0-2 MSP			Δ 4-6 MSP			Δ 8-10 MSP			Δ 14-16 MSP		
Dosis	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃
d ₁	29.922 b	13.22 a	12.78 a	4.22 a	1.89 a	5.22 a	1.05 a	1.55 a	5.33 a	0.83 a	0.61 a	2.83 a
	B	A	A	A	A	AB	A	A	AB	A	A	A
d ₂	17.22 a	30.33 b	20.00 ab	10.11 a	5.89 a	11.66 a	4.94 a	2.66 a	2.33 a	3.27 a	2.55 a	3.44 a
	A	A	AB	A	AB	B	A	A	A	B	B	A
d ₃	19.18 a	30.48 a	24.11 a	6.88 a	7.00 a	7.11 a	12.00 a	5.72 a	4.05 a	3.83 ab	3.28 a	4.50 b
	A	A	ABC	A	AB	AB	A	AB	AB	BC	B	A
d ₄	23.33 a	28.56 a	27.22 a	10.11 a	11.55 a	11.33 a	6.00 a	15.83 a	4.89 a	9.55 a	8.61 a	5.89 a
	AB	A	BC	A	BC	B	A	B	AB	D	D	A
d ₅	31.78 a	33.22 a	37.00 a	6.78 a	5.23 a	3.66 a	5.89 a	7.05 a	16.95 a	5.00 a	5.72 a	6.66 a
	B	A	C	A	C	A	A	AB	B	C	C	A

Keterangan: k₁ (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k₂ (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k₃ (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d₁ (kontrol), d₂ (5% =500 g *polybag*⁻¹), d₃ (10% =1000 g *polybag*⁻¹), d₄ (15% = 1500 g *polybag*⁻¹), d₅ (20% =2000 g *polybag*⁻¹), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

Penurunan secara terus menerus dari populasi BPF mulai terjadi pada 8 MSP, sehingga dapat dikatakan bahwa BPF tidak memasuki fase stasioner (*stationary phase*), tetapi langsung memasuki fase kematian (*death phase*). Hal ini diduga karena nutrisi telah habis dan terjadi akumulasi senyawa hasil metabolisme sel yang bersifat racun sehingga meningkatkan mortalitas BPF. Pada fase kematian, masih ada sel yang melakukan metabolisme dan pembelahan, namun lebih banyak sel yang mati daripada yang hidup, sehingga terjadi penurunan jumlah sel bakteri (Raimi *et al.*, 2021). Madigan *et al.* (2015) menambahkan bahwa laju kematian sel lebih lambat dibandingkan dengan laju pertumbuhan dan sel yang masih hidup dapat bertahan selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun.

Populasi BPF pada seluruh perlakuan sampai dengan 12 MSP masih memenuhi populasi standar berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian nomor 261 tahun 2019 untuk pupuk hayati majemuk dengan karier serbuk yaitu sebesar 10⁷ CFU g⁻¹ (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019).

Pertambahan Tinggi Tanaman. Komposisi dan dosis amelioran menunjukkan interaksi pada parameter tinggi tanaman terhadap pertambahan tinggi tanaman. Data Tabel 8 memperlihatkan pemberian amelioran pada komposisi yang berbeda mampu meningkatkan penambahan tinggi tanaman.

Pemberian amelioran sebanyak dosis d₃ (10% = 1000 g *polybag*⁻¹) dengan komposisi k₃ (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar*

40% + Dolomit 10%) memiliki pengaruh terhadap penambahan tinggi tanaman Penggunaan berbagai bahan pada komposisi amelioran juga berdampak secara langsung meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit setelah 16 MSP. Hal ini disebabkan komposisi amelioran mengandung unsur hara yang dapat langsung digunakan oleh tanaman. Hasil analisa pH, N, P, K, dan C pada kompos blotong sebesar 6,5-7,5 pada pH 1,02% pada kandungan N, 0,75% kandungan P₂O₅, 0,93% pada kandungan K, dan 17,88% kandungan C (Baroroh dan Setyono, 2015). Hasil analisa unsur hara pada dolomit yaitu, pH tanah 8,5 kandungan N 0,1%, kandungan P <0,1%, kandungan K 0,51%, dan kandungan C 1,5% (Aryanti *et al.*, 2016). Hastuti *et al.* (2018) menyatakan kombinasi amelioran pupuk organik arang 20% memberikan pengaruh efektif dibandingkan dengan kontrol, karena arang dapat mengkhelat seperti Cu, Zn, dan Mn secara berlebih, sehingga terbentuk ketersediaan hara yang optimal (Sa'diyah *et al.*, 2021). Sari *et al.* (2019) menyatakan bahwa kompos blotong kaya akan kandungan N, sehingga berperan dalam meningkatkan tinggi tanaman.

Perlakuan amelioran pada berbagai komposisi dan dosis terhadap pertambahan tinggi bibit kelapa sawit memiliki pengaruh nyata pada 2, 6, 10, dan 16 MSP. Hal tersebut disebabkan oleh pertambahan tinggi tanaman memiliki korelasi tinggi terhadap ketersediaan unsur hara makro pada tanah. Menurut Kholifah dan Sampoerno (2016), unsur N memiliki fungsi meningkatkan tinggi tanaman.

Tambahan pula, menurut Kholifah dan Sampoerno, (2016) hara N sangat diperlukan dalam sintesis asam amino dan protein, khususnya pada titik tumbuh dan ujung tanaman guna mempercepat pertumbuhan tanaman seperti proses perpanjangan sel dan pembelahan sel. Menurut Hakim *et al.* (2010) dalam Kholifah dan Sampoerno, (2016) pertumbuhan tinggi tanaman terjadi karena adanya perpanjangan sel dan pembelahan sel yang didominasi pada ujung dan pucuk tanaman. Proses ini memerlukan bahan organik seperti amelioran di dalam tanah untuk mensintesis protein.

Pertambahan Diameter Batang. Komposisi (k_3) dengan dosis (d_3) berinteraksi dan berpengaruh terhadap pertambahan diameter batang (Tabel 9). Data Tabel 9 memperlihatkan pemberian amelioran pada komposisi yang berbeda mampu meningkatkan pertambahan diameter batang pada setelah 16 MSP dibandingkan dengan kontrol laju pertumbuhan diameter batang meningkat sekitar 39,10%. Secara keseluruhan terlihat bahwa diameter batang terbaik dihasilkan dari pemberian amelioran sebanyak dosis 10% dengan komposisi kompos blotong 25% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 10% memiliki pengaruh yang paling tinggi terhadap pertambahan diameter batang.

Amelioran k_2 dan k_3 memberikan peningkatan diameter batang pada Δ 4-6 MSP, namun tidak menunjukkan perbedaan signifikan hingga pengamatan terakhir.

Amelioran k_2 dan k_3 mengandung dolomit yang tidak terdapat pada k_2 . Hal tersebut disebabkan oleh pemberian dolomit meningkatkan pH, mengandung Ca yang berfungsi pada pembelahan sel, penyusun dinding sel tanaman. Selain itu dolomit memiliki kandungan Mg yang berfungsi dalam pembentukan klorofil dan pembentukan enzim, sehingga mendukung aktivitas mikroorganisme di dalam tanah yang akan mampu memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperlukan oleh bibit, mendukung proses fotosintesis. Dolomit membantu pembelahan sel dan berpengaruh terhadap pertambahan diameter batang (Simangunsong *et al.*, 2015). Pengaplikasian amelioran berbagai komposisi dengan dosis terhadap pertambahan diameter batang berbeda nyata disebabkan oleh unsur hara N, P, dan K yang terkandung di dalam berbagai amelioran lebih cepat tersedia dan diserap oleh tanaman (Bahri *et al.*, 2018).

Adnan *et al.* (2015) menyatakan batang merupakan tempat akumulasi pertumbuhan pada tanaman muda, sehingga keberadaan hara meningkatkan laju fotosintesis yang berkorelasi positif dengan produksi fotosintat (mendukung pertumbuhan bonggol batang).

Laju Pertambahan Jumlah Daun. Efek interaksi beberapa komposisi dengan dosis amelioran berpengaruh terhadap jumlah daun (Tabel 10). Hasil terbaik atau tertinggi dihasilkan dari pemberian amelioran sebanyak dosis d_3 (10% = 1000 g *polybag*⁻¹) dengan formula k_3 (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%).

Tabel 9. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran Plus terhadap Pertambahan Diameter Batang Bibit Kelapa Sawit (mm)

Perlakuan	Formulasi Amelioran Plus											
	Δ 0-2 MSP			Δ 4-6 MSP			Δ 8-10 MSP			Δ 14-16 MSP		
Dosis	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3
d_1	2.86 a	3.41 a	1.91 a	9.88 a	1.07 a	0.61 a	0.79 a	1.02 a	0.64 a	0.35 a	0.77 b	0.46 a
	A	B	A	A	A	A	A	B	AB	A	C	A
d_2	1.04 a	1.45 a	3.01 a	0.74 a	0.52 a	1.03 a	0.69 a	0.95 a	0.83 a	0.48 a	0.55 a	0.51 a
	A	A	A	A	A	AB	A	B	CD	A	AB	A
d_3	2.81 a	0.43 a	1.94 a	1.03 a	0.42 a	0.92 a	0.87 a	0.92 a	0.94 a	0.58 ab	0.47 a	0.64 b
	A	A	A	A	A	A	A	B	D	A	A	B
d_4	1.88 a	1.52 a	1.90 a	0.60 a	0.99 b	1.64 c	0.73 a	0.65 a	0.69 a	0.48 a	0.72 b	0.43 a
	A	A	A	A	A	B	A	A	BC	A	BC	A
d_5	1.41 a	1.66 a	1.44 a	0.62 a	1.06 b	1.04 b	0.71 a	0.60 a	0.50 a	0.58 a	0.44 a	0.48 a
	A	AB	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A

Keterangan: k_1 (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k_2 (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k_3 (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d_1 (kontrol), d_2 (5% = 500 g *polybag*⁻¹), d_3 (10% = 1000 g *polybag*⁻¹), d_4 (15% = 1500 g *polybag*⁻¹), d_5 (20% = 2000 g *polybag*⁻¹), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

Tabel 10. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran Plus terhadap Pertambahan Jumlah Daun Bibit Kelapa Sawit

Perlakuan	Formulasi Amelioran Plus											
	Δ 0-2 MSP			Δ 4-6 MSP			Δ 8-10 MSP			Δ 14-16 MSP		
Dosis	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃	k ₁	k ₂	k ₃
d ₁	2.86 a A	3.41 a B	1.91 a A	9.88 a A	1.07 a A	0.61 a A	0.79 a A	1.02 a B	0.64 a AB	0.35 a A	0.77 b C	0.46 a A
d ₂	1.04 a A	1.45 a A	3.01 a A	0.74 a A	0.52 a A	1.03 a AB	0.69 a A	0.95 a B	0.83 a CD	0.48 a A	0.55 a AB	0.51 a A
d ₃	2.81 a A	0.43 a A	1.94 a A	1.03 a A	0.42 a A	0.92 a A	0.87 a A	0.92 a B	0.94 a D	0.58 ab A	0.47 a A	0.64 b B
d ₄	1.88 a A	1.52 a A	1.90 a A	0.60 a A	0.99 b A	1.64 c B	0.73 a A	0.65 a A	0.69 a BC	0.48 a A	0.72 b BC	0.43 a A
d ₅	1.41 a A	1.66 a AB	1.44 a A	0.62 a A	1.06 b A	1.04 b AB	0.71 a A	0.60 a A	0.50 a A	0.58 a A	0.44 a A	0.48 a A

Keterangan: k₁ (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k₂ (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k₃ (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d₁ (kontrol), d₂ (5% =500 g *polybag*⁻¹), d₃ (10% =1000 g *polybag*⁻¹), d₄ (15% = 1500 g *polybag*⁻¹), d₅ (20% =2000 g *polybag*⁻¹), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

Menurut Ariyanti *et al.* (2018) kelapa sawit umumnya hanya memunculkan satu daun setiap bulannya. Menurut Corley and Tinker (2016) pada masa pembibitan rata-rata pertambahan jumlah daun kelapa sawit sebesar satu helai/daun sampai bibit berumur enam bulan. Menurut Salibury dan (Ariyanti *et al.*, 2018) pertambahan jumlah daun pada setiap interval pengamatan dalam satuan waktu atau indeks plastokhron (selang waktu yang dibutuhkan per daun tambahan yang terbentuk) relatif konstan apabila tanaman ditanam pada level suhu udara dan intensitas cahaya yang konstan.

Kesimpulan

Perlakuan campuran karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase merupakan perlakuan terbaik dengan viabilitas BPN dan BPF tertinggi sampai dengan 12 Minggu Setelah Produksi (MSP). Viabilitas pada BPN maupun BPF dalam campuran karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase sampai dengan 12 MSP seluruh perlakuan komposisi karier masih memenuhi standar mutu pupuk hayati. Pada uji pot bibit kelapa sawit, terjadi interaksi antara komposisi dengan dosis amelioran plus (diperkaya BPF dan BPN) berpengaruh nyata terhadap kenaikan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun. Pemberian amelioran dosis d₃ komposisi k₃ memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman, diameter batang, dan pertambahan daun.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis tunjukkan kepada PT. Pupuk Kaltim yang telah mendanai penelitian ini, juga kepada PT. Kalianusa sebagai lokasi pengambilan sampel penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adiguna, G.S. dan I.N.P. Aryantha. 2020. Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan. *Manfish J.*, 1(1): 32-42.
- Adnan, I.S., B. Utoyo, dan Kusumastuti. 2015. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Main Nursery. *J. AIP*, 3(2): 69-81.
- Advinda, L., M. Fifendy, and A. Anhar. 2020. The utilization of coconut water and molasses as *Fluorescent Pseudomonad* propagation medium. *Int. J. Progress. Sci. Technol.*, 19(2): 25-28.
- Arisandi, A., M.K. Wardhani, K. Badami, dan A. Sopiyan. 2018. pengaruh perbedaan salinitas terhadap viabilitas bakteri *Pseudomonas* spp. *Rekayasa*, 10(1): 16.
- Ariyanti, M., S. Rosniawaty, dan H.A. Utami. 2018. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan pemberian kompos blotong disertai dengan frekuensi

- penyiraman yang berbeda di pembibitan utama. *Jurnal Kultivasi*, 17(3): 723-731.
- Aryanti, E., Yulita, A. Rani, and Annisava. 2016. Giving some ameliorants to changes chemical properties of peat soil. *J. Agroteknologi*, 7(1): 19-26.
- Aryanto, A., Triadiati, and Sugiyanta. 2015. Lowland and upland rice growth and production with application of biofertilizer based on plant growth promoting bacteria in acid soil. *J. Ilmu Pertan. Indones.*, 20(3): 229-235.
- Azeem, M., T.U. Hassan, M.I. Tahir, A. Ali, P.G.S.A. Jeyasundar, Q. Hussain, S. Bashir, S. Mehmood, and Z. Zhang. 2021. Tea leaves biochar as a carrier of bacillus cereus improves the soil function and crop productivity. *Appl. Soil Ecol.*, 157(August 2020): 103732.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Impor pupuk menurut negara asal utama. Badan Pus. Stat.: 1. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1044/impor-pupuk-menurut-negara-asal-utama-2000-2020.html> (accessed 18 October 2021).
- Bahri, S., C. Mulyani, dan S. Alfarizi. 2018. Respon bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery pada media tanam sub soil terhadap bahan pembenah tanah dan pupuk organik. *J. Penelirian Agrosamudra*, 5(1): 41-52.
- Baroroh, A.U.L. dan P. Setyono. 2015. Analisis kandungan unsur hara makro dalam kompos dari serasah daun bambu dan limbah padat pabrik gula (blotong). *Biotechnologi*, 12(November): 46-51.
- Corley, R.H. and P. Tinker. 2016. The palm oil. Fifth. Willey Blackwell.
- Febriati, N. and Y. Rahayu. 2019. The effect of biochar and nitrogen stimulating bacteria (*Rhizobium* & *Azotobacter* sp.) on the Growth of Soybean (*Glycine max*) in Calcarouse Soil. *LenteraBio* 8(1): 62-66.
- Fitriatin, B.N., D.D.M. Ambarita, M.R. Setiawati, and T. Simarmata. 2021. The role of rhizobacterial inoculum and formulated soil amendment in improving soil chemical-biological properties, chlorophyll content and agronomic efficiency of maize under marginal soils. *Jordan J. Biol. Sci.*, 14(3): 601-605.
- Food Agricultural Organization. 2019. Standard operating procedure for soil organic carbon Walkley-Black method. FAO.
- Hastuti, R.D. dan R.C.B. Ginting. 2007. Enumerasi bakteri, cendawan, dan aktinomisetes. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Penelitian Tanah.
- Hastuti, N., D. Hendra, and R.E. Pangarsa Gusti. 2018. Theeffect of organic ameliorant addition into the growth of three seedlings. *J. Penelit. Has. Hutan*, 36(3): 171-180.
- Hoe, T.K., M.R. Sarmidi, S.S.R. Syed Alwee, and Z.A. Zakaria. 2016. Recycling of oil palm empty fruit bunch as potential carrier for biofertilizer formulation. *J. Teknol.* doi: 10.11113/jt.v78.7375.
- Kanchan, A., K. Simranjit, K. Ranjan, R. Prasanna, B. Ramakrishnan, M.C. Singh, M. Hasan, and Y.S. Shivay. 2018. Microbial biofilm inoculants benefit growth and yield of chrysanthemum varieties under protected cultivation through enhanced nutrient availability. *Plant Biosyst.*, 153(2): 306-316.
- Kasno, A. and L. Anggria. 2017. Increasing growth of oil palm seedling with NPK fertilization. *J. Penelit. Tanam. Ind.*, 22(3): 107.
- Kementan. 2019. Keputusan menteri pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. : 1-18.
- Kementerian Pertanian Indonesia. 2019. Peraturan menteri pertanian nomor 01 tahun 2019 tentang pendaftaran pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah.
- Kholifah, M. dan Sampoerno. 2016. Pemberian amelioran pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan awal. *JOM Faperta*, 3(2): 1-8.
- Kusuma, C.A., K.S. Wicaksono, dan B. Prasetya. 2016. Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah lempung berpasir melalui aplikasi bakteri *Lactobacillus fermentum*. *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, 3(2): 401-410.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, K.S. Bender, D.H. Buckley, and D. Sthal. 2015. Brock biology of microorganism. 14th ed. Pearson Education, United States of America.
- Mandal, B.D., B. Datta, M. Chaudhury, and S.K. Dey. 2015. Nutrient requirement for natural rubber. *Better Crop.*, 99(2): 19-20.
- Mhlongo, M.I., L.A. Piater, N.E. Madala, N. Labuschagne, and I.A. Dubery. 2018. The chemistry of plant-microbe interactions in the rhizosphere and the potential for metabolomics to reveal signaling related to

- defense priming and induced systemic resistance. *Front. Plant Sci.*, 9(February): 1–17.
- Mindari, W., P.E. Sassongko, U. Khasanah, & Pujiono. 2018. Rasionalisasi peran biochar dan humat terhadap ciri fisik-kimia tanah. *Journla Folium*, 1(2): 34–42.
- Najmiyati, E. dan D.H. Akhadi. 2013. Viabilitas dan kinerja konsorsium mikroba pendegradasi hidrokarbon setelah penyimpanan dalam pendingin dan penyimpanan beku. *J. Ecolab*, 6(2): 81 – 89.
- Pathirana, B.K.W. and P.N. Yapa. 2020. Evaluation of different carrier substances for the development of an effective pelleted biofertilizer for rice (*Oryza sativa* L.) Using co-inoculated bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi. *Asian J. Biotechnol. Bioresour. Technol.*, 6(1): 1–10.
- Pepper, I.L., C.P. Gerba, and T.J. Gentry. 2014. *Environmental microbiology: Third Edition*.
- Promraksa, A., and N. Rakmak. 2020. Biochar production from palm oil mill residues and application of the biochar to adsorb carbon dioxide. *Heliyon*, 6(5): 1–9.
- Raimi, A., A. Roopnarain, and R. Adeleke. 2021. Biofertilizer production in Africa: Current status, factors impeding adoption and strategies for success. *Sci. African*, 11(1–19): 1–22.
- Rosariastuti, R., S. Sumani, S. Supriyadi, M.A. Nursetyawan, and P.Y. Daniswara. 2017. The utilization of modified cassava flour (mocaf) industrial waste and peat as carrier of nitrogen-fixing bacteria (NFB) and phosphate solubilizing bacteria (PSB) Inoculant. *Microbiol. Indones.*, 11(4): 111–116.
- Roslan, M.A.M., I. Sohedein, P.S. Ling, Z.M. Sobri, A.T.K. Zuan, S.C. Cheak, and N.A.A. Rahman. 2021. Sustainable agronomic valorization of unsulfured molasses and defatted soybean meal as an optimized formulation of bio-organic fertilizer enriched with high cell density p-solubilizing bacteria. *Agronomy*, 11(5): 1–16.
- Sa'diyah, K., P.H. Suharti, N. Hendrawati, F.A. Pratamasari, dan O.M. Rahayu. 2021. Pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai karbon aktif melalui proses pirolisis dan aktivasi kimia. *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, 4(2): 91. doi:
- Saif, S., Z. Abid, M.F. Ashiq, M. Altaf, and R.S. Ashraf. 2021. *Biofertilizer formulations. biofertilizers*. Scrivener Publishing LLC, Pakistan.
- Salwan, R., A. Sharma, and V. Sharma. 2019. Microbes mediated plant stress tolerance in saline agricultural ecosystem. *Plant Soil*, 442(1–2): 1–22.
- Sari, K., M. Wahyuni, dan H. Wijaya. 2019. Pengaruh pemberian kompos blotong limbah pabrik gula dan mikoriza terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agrotekma J. Agroteknologi dan Ilmu Pertan.*, 4(1): 64.
- Satinder, K.B., S.J. Sarman, and E. Chaabouni. 2012. Shelf-life of biofertilizers: an accord between formulations and genetics. *J. Fertil. Pestic.*, 03(05): 1–2.
- Simangunsong, D., Wardati, dan M.A. Khoiri. 2015. Pemanfaatan endapan limbah cair pabrik kelapa sawit dan kapur dolomit pada bibit kelapa sawit. *Jom Faperta*, 2(1): 70–75.
- Sudadi, Suryono, and E. Triharyanto. 2018. The application of biofilm biofertilizer-based organic fertilizer to increase available soil nutrients and spinach yield on dry land (a study case in Lithosol soil type). *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 200(1): 0–6.
- Tarmizi, A.M. and M. Tayeb. 2006. Nutrient demands of tenera oil palm planted on inland soils of Malaysia. *J. Oil Palm Res.*, 18(June): 204–209.
- Teng, Z., W. Shao, K. Zhang, F. Yu, Y. Huo, and M. Li. 2020. Enhanced passivation of lead with immobilized phosphate solubilizing bacteria beads loaded with biochar/nanoscale zero valent iron composite. *J. Hazard. Mater.*, 384: 121505.

Asrijal · A. Upe

Pengaruh dosis pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung terhadap koefisien sidik lintas karakter komponen hasil bawang merah varietas Bima

Sari. Produksi dan produktivitas bawang merah dapat ditingkatkan melalui pemberian pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan karakter yang efektif dalam meningkatkan hasil umbi bawang merah per hektar. Metode percobaan menggunakan Rancangan Petak Petak Terpisah (RPPT). dengan perlakuan dua jenis ekstrak (jagung manis dan jagung putih) sebagai Petak Utama, tiga jenis dosis pupuk organik sebagai Anak Petak, dan empat jenis konsentrasi zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung sebagai Anak Anak Petak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diameter umbi dan hasil umbi per rumpun merupakan dua karakter yang berpengaruh positif sangat nyata terhadap hasil umbi bawang merah per hektar dengan nilai pengaruh 0,515 dan 0,497. Perlakuan yang terbaik terhadap komponen hasil bawang merah adalah ekstrak jagung manis konsentrasi 1.5 ppm dengan pupuk organik dosis 4 t ha⁻¹.

Kata kunci: Bawang merah · Ekstrak jagung · karakter hasil · Pupuk organik

The effect of organic fertilizer dosages and plant growth regulator from corn extract on the path analysis coefficient of yield component characters of the shallot cv. Bima.

Abstract. The production and productivity of shallots can be increased through the application of organic fertilizer and plant growth regulator (PGR) in form of corn extract. The aim of the study was to obtain an effectively character in increasing the yield of shallot bulbs per hectare. The experimental method used a Split Split Plot Design (SSPD) with two types of extract (sweet corn and white corn) as main plot, three doses of organic fertilizer as subplot, and four concentrations of PGR in form corn extract as sub-subplot. The results showed that tuber diameter and tuber yield per clump were two characters that had a very significant positive effect on the yield of shallot bulbs per hectare with effect values of 0.515 and 0.497, respectively. The organic fertilizer at a dose of 4 t ha⁻¹ and PGR concentration of 1.5 ppm was the best treatment in this research, followed by sweet corn extract treatment. While the best effect of three factors on the yield component of shallot was sweet corn extract at a concentration of 1.5 ppm with an organic fertilizer at a dose of 4 t ha⁻¹.

Keywords: Shallots · Corn extract · Yield character · Organic fertilizer

Diterima : 23 Maret 2022, Disetujui : 12 Juli 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.38832>

Asrijal¹ · A. Upe¹

¹ Fakultas Pertanian Universitas Puangrimaggalatung Sengkang
Jl. Sultan Hasanudin, Maddukelleng, Kec. Tempe, Kabupaten Wajo 90918
Korespondensi: rijalku238@gmail.com

Asrijal dan Upe: Pengaruh dosis pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung terhadap koefisien sidik lintas karakter komponen hasil bawang merah varietas Bima

Pendahuluan

Produksi bawang merah nasional belum mencukupi permintaan dan konsumsi dalam negeri, sehingga pemerintah mengambil kebijakan impor bawang merah sebanyak rata-rata 65 ribu ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2015). Oleh karena itu, produksi bawang merah harus ditingkatkan demi tercapainya swasembada bawang merah yang dicanangkan oleh pemerintah. Upaya peningkatan produksi bawang merah dihadapkan pada masalah degradasi lahan sebagai akibat budidaya intensif pada bawang merah. Metode alternatifnya adalah dengan pemanfaatan pupuk organik (Asrijal, 2020) dan pemberian senyawa organik bukan hara yaitu zat pengatur tumbuh (ZPT) (Ambo Upe, 2019; Safitri *et al.*, 2021) serta dikenal juga dengan fitohormon (Taiz and Zeiger, 2002).

Pupuk organik selain mengandung bahan organik (Kaho *et al.*, 2020), juga mengandung sejumlah unsur hara makro dan mikro termasuk N (Supriyadi *et al.*, 2020; Subardja *et al.*, 2020), yang berfungsi merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman (Fuady *et al.*, 2019), termasuk pertambahan tinggi dan jumlah anakan (Hardianti, 2015; Jamilah *et al.*, 2019; Setiadi *et al.*, 2018), dan pembentukan akar lateral dan serabut akar (Yuniarti *et al.*, 2020), yang menyebabkan proses penyerapan air dan mineral dapat berjalan optimum (Cholilie *et al.*, 2019).

Aplikasi zat pengatur tumbuh dalam pertanian modern dilakukan untuk meningkatkan produksi, memperbesar ukuran produk (Fikrinda dan Agastya, 2019; Asrijal, 2021), dan meningkatkan kualitas produk (Fitri *et al.*, 2018), atau menyeragamkan waktu berbunga (Supriyanto dan Prakasa, 2011). Pada umumnya dikenal lima kelompok hormon tumbuh, yaitu auksin (Ningsih dan Sudiyono, 2019; Zhao, 2010), sitokinin (Hamdani *et al.*, 2019; Isyraq *et al.*, 2021), giberelin (Kusumiyati *et al.*, 2019; Suminar *et al.*, 2021), serta asam absisat and etilen (Bajguz and Piotrowska, 2009; Kyozuka, 2007; Zhao, 2008). Ekstrak jagung mengandung sitokinin alami, seperti halnya pada air kelapa dan bibit apel yang diperoleh dari stek (Pinto *et al.*, 2012). Selain sitokinin, dalam ekstrak jagung dan air kelapa juga terdapat karbohidrat dalam gula sederhana yang berperan dalam proses metabolisme sel pada awal pertumbuhan (Kasi *et al.*, 2021).

Pemberian ekstrak jagung, NAA, serta kombinasi ekstrak jagung dan NAA memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah tunas, jumlah daun, serta jumlah akar anggrek *Dendrobium* sp. (Herawati *et al.*, 2021). Pemberian ekstrak biji jagung tunggal dan NAA tunggal berpengaruh nyata terhadap jumlah akar, pertumbuhan tinggi plantlet, jumlah akar, dan waktu berkecambah biji buah naga (Widasari *et al.*, 2021). Berdasarkan uraian di atas, maka dilaksanakan percobaan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dari ekstrak jagung terhadap koefisien path karakter komponen hasil bawang merah varietas Bima.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Lahan Percobaan Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian (STIP) Puangrimagallatung Sengkang, pada Oktober 2017 sampai dengan Februari 2018. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah dua jenis ekstrak jagung sebagai zat pengatur tumbuh (ZPT) terbaik pada percobaan pertama, yaitu ZPT dari ekstrak jagung manis dan jagung putih, pupuk organik (kotoran ternak yang difermentasi selama 14 hari), bawang merah varietas Bima, aquades, pupuk Urea, dan pupuk NPK 15-15-15. Alat yang digunakan adalah timbangan elektrik, mistar geser elektrik, meteran, roll meter, cangkul, hand traktor mini (*pembuatan bedengan*), hand sprayer semi otomatis, knapsack sprayer semi otomatis, mesin pompa air, gelas ukur, alat penyiram (*sprinkler*), sabit, parang, cangkul, label, kamera, dan alat tulis.

ZPT dari ekstrak jagung. Proses pembuatan ZPT dari ekstrak jagung adalah mengambil masing-masing sebanyak 3 kg biji tanaman jagung pada fase biji masak susu yang ditandai dengan mengeluarkan cairan warna putih seperti susu ketika ditekan dengan kuku jari, selanjutnya dibersihkan, lalu disosoh. Hasil sosoh kemudian diblender dan dimasukkan ke dalam ember plastik (ukuran 20 liter air) yang berisi 15 liter aquades, 3 liter tetes tebu, 1,5 liter EM4, lalu diaduk campuran sampai rata, selanjutnya ember ditutup pakai plastik lalu diikat dengan karet (plastik dikendorkan, supaya tutup tidak pecah saat proses fermentasi berlangsung), disimpan dan diletakkan pada tempat yang teduh/gelap (tidak kena cahaya matahari), dibiarkan selama 15 hari (setiap pagi tutupnya dibuka dan bahan

diaduk, kemudian ditutup kembali). Ekstrak jagung manis mengandung auksin sebanyak 27,9303 ppm, giberelin sebanyak 442,8318 ppm, dan sitokinin dalam bentuk kinetin sebanyak 34,5724 ppm. Ekstrak jagung putih varietas Srikandi Putih-1 kandungannya adalah auksin sebanyak 18,3866 ppm, giberelin sebanyak 398,9600 ppm, dan sitokinin dalam bentuk kinetin sebanyak 41,1185 ppm (hasil analisis di laboratorium SUA Usaha Jasa dan Industri, Biofuture, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor).

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Petak-petak Terpisah (RPPT) dengan perlakuan dua jenis ekstrak (jagung manis dan jagung putih) sebagai Petak Utama (Z), terdiri dari: ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih varietas Srikandi Putih-1 (z_2), sementara pupuk organik sebagai Anak Petak (P), terdiri dari: pupuk organik dosis 0 t ha⁻¹ (p_0), pupuk organik dosis 2 t ha⁻¹ (p_1), dan pupuk organik dosis 4 t ha⁻¹ (p_2). Konsentrasi ZPT sebagai Anak-anak Petak (K), terdiri dari: konsentrasi ZPT dari ekstrak jagung 0 ppm (k_0), konsentrasi 1,5 ppm (k_1), konsentrasi 3,0 ppm (k_2), dan konsentrasi 4,5 ppm (k_3). Perlakuan terdapat 24 kombinasi dan setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Setiap unit perlakuan dilakukan pada setiap petak yang telah disiapkan dengan ukuran 1,5 x 2 m², dan jarak tanam 10 x 15 cm².

Pemupukan *bawang merah* menggunakan 100 kg/ha Urea dan 700 kg/ha NPK 15-15-15. Pemberian pupuk dilakukan pada saat tanaman berumur 15 hari setelah tanam (HST) sebanyak 50% Urea dan 50% NPK 15-15-15, sisanya masing-masing 50% diberikan pada umur 30 HST, dengan cara dibenamkan dalam tanah secara larikan diantara rumpun tanaman. Pemberian pupuk organik sebagai perlakuan (dosis 0, 2, dan 4 t ha⁻¹) hanya satu kali, diberikan pada satu minggu sebelum tanam (saat pembuatan petakan), diberikan dengan menaburkan secara merata sebelum pembuatan larikan tanaman di atas petakan sesuai perlakuan dari hasil pengacakan. Perlakuan ekstrak jagung konsentrasi 1,5 ppm, 3,0 ppm, dan 4,5 ppm, pada umur 22, 29, dan 36 HST disemprotkan pada setiap rumpun tanaman bawang merah secara merata, sesuai perlakuan dari hasil pengacakan.

Persiapan tanam dilakukan dengan pengolahan tanah minimum, meliputi pembersihan dari alang-alang dan gulma

lainnya yang tumbuh disekitar lahan dengan menggunakan parang, sabit, dan cangkul, yang dilakukan dua minggu sebelum penanaman. Satu minggu berikutnya, pembuatan petakan dilakukan menggunakan hand traktor mini sekaligus aplikasi perlakuan pupuk organik. Penyiraman lahan pertanaman secukupnya dan dilanjutkan pembuatan larikan serta lubang tanam menggunakan sosrok sesuai jarak tanam dengan kedalaman lubang $\frac{3}{4}$ bagian umbi. Pemasangan alat penyiram *sprinkler* menggunakan selang dan pipa yang airnya diambil dari sungai dekat pertanaman dan didorong oleh mesin pompa air.

Pemeliharaan meliputi penyiangan, pendangiran, penyiraman, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyiangan dilakukan dengan membersihkan areal pertanaman dari gulma yang tumbuh. Pendangiran tanah dilakukan di sekitar tanaman untuk memperbaiki/meninggikan bedengan yang sekaligus membersihkan lahan dari akar rumput yang masih tertinggal pada saat penyiangan dan dilakukan pada umur 25 hari setelah tanam (HST). Penyiraman dilakukan setiap hari sampai tanaman berumur 7 hari, selanjutnya penyiraman dilakukan dua hari sekali sampai 7 hari menjelang panen. Pengendalian OPT dilakukan bila serangan mencapai ambang pengendalian, sesuai dengan kondisi serangan OPT dan fase/stadia tanaman bawang merah sesuai teknik yang dianjurkan.

Komponen pengamatan pada tanaman bawang merah terdiri dari: (1) Jumlah anakan per rumpun, dihitung pada umur 42 HST; (2) Jumlah umbi per rumpun, dihitung pada saat panen (umbi); (3) Diameter umbi, diukur pada saat panen (cm); (4) Hasil umbi per rumpun, ditimbang pada saat sudah dikeringkan 7 hari setelah panen (g); (5) Hasil umbi per petak, ditimbang pada saat sudah dikeringkan 7 hari setelah panen (kg), kemudian dikonversi ke dalam satuan ton per hektar (t ha⁻¹). Tabulasi data, analisis ragam, analisis pola persamaan linier dan kuadratik menggunakan program Microsoft Excel 2013. Analisis sidik lintas (analisis koefisien path) menggunakan program SPSS versi 22.

Hasil dan Pembahasan

Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih

terhadap jumlah anakan per rumpun bawang merah, disajikan pada Tabel 1. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk organik pada masing-masing ekstrak jagung, yakni ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih (z_2) meningkatkan jumlah anakan per rumpun mengikuti pola persamaan linear positif secara berturut-turut adalah $y_{z1} = 0,1528x + 5,6343$ dengan nilai koefisien regresi (r_{z1}) = 0,9989 dan $y_{z2} = 0,1328x + 5,4728$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9996 (Gambar 1a); sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung manis (z_1) dan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung putih (z_2) sampai konsentrasi tertentu akan meningkatkan jumlah anakan per rumpun, dan setelah itu akan mengakibatkan menurunnya jumlah anakan per rumpun mengikuti pola persamaan kuadrat secara berturut-turut adalah $y_{z1} = -0,1656x^2 + 0,8022x + 5,4394$ dengan koefisien regresi (r_{z1}) = 0,9663 dan $y_{z2} = -0,1770x^2 + 0,8599x + 5,1972$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,8972 (Gambar 1b).

Tabel 1. Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap jumlah anakan per rumpun bawang merah

Jenis Ekstrak		Z1 (jagung manis)	Z2 (jagung putih)
Dosis Pupuk Organik (t ha ⁻¹)	0	5,64	5,47
	2	5,92	5,75
	4	6,25	6,00
Konsentrasi ZPT (ppm)	0,0	5,39	5,11
	1,5	6,41	6,36
	3,0	6,22	5,91
	4,5	5,74	5,57

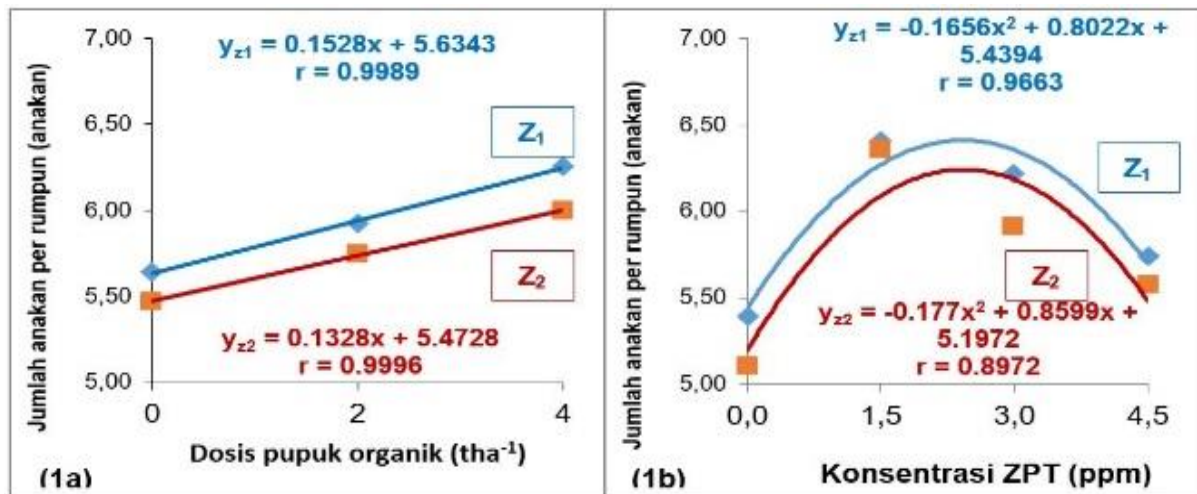
Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap jumlah umbi per rumpun bawang merah, disajikan pada Tabel 2. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk organik pada masing-masing ekstrak jagung, yakni ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih (z_2) meningkatkan jumlah umbi per rumpun mengikuti pola persamaan linear secara berturut-turut yaitu $y_{z1} = 0,1519x + 5,9667$ dengan nilai koefisien regresi (r_{z1}) = 0,9998 dan $y_{z2} = 0,1065x + 5,9834$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9823 (Gambar 2a);

sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung manis (z_1) dan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung putih (z_2) sampai konsentrasi tertentu akan meningkatkan jumlah umbi per rumpun dan setelah itu akan mengakibatkan menurunnya jumlah umbi per rumpun mengikuti pola persamaan kuadrat secara berturut-turut adalah $y = -0,2041x^2 + 0,9452x + 5,7514$ dengan koefisien regresi (r_{z1}) = 0,8652 dan $y_{z2} = -0,2439x^2 + 1,1830x + 5,4556$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9310 (Gambar 2b).

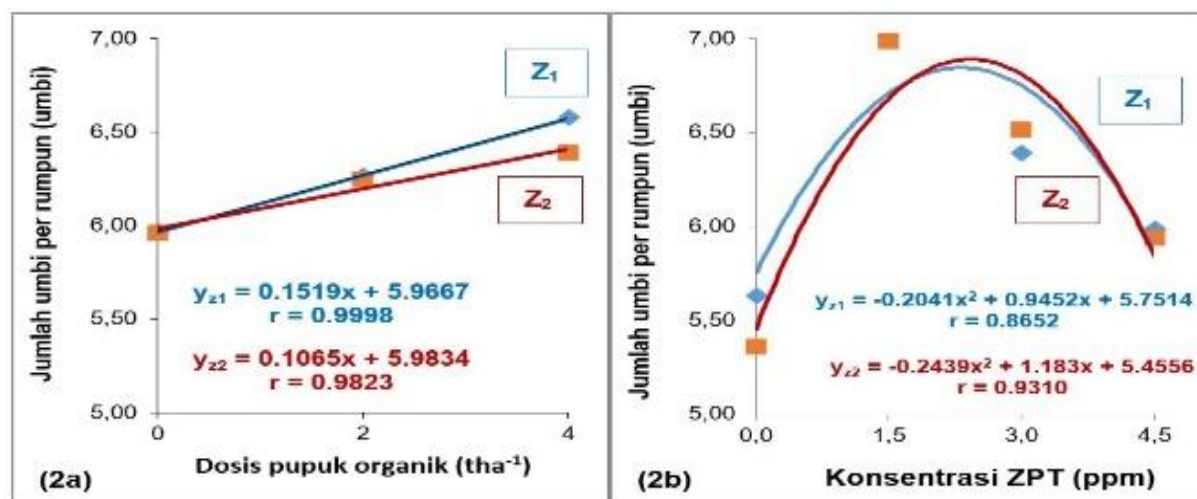
Tabel 2. Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap jumlah umbi per rumpun bawang merah

Jenis Ekstrak		Z1 (jagung manis)	Z2 (jagung putih)
Dosis Pupuk Organik (t ha ⁻¹)	0	5,97	5,96
	2	6,26	6,24
	4	6,58	6,39
Konsentrasi ZPT (ppm)	0,0	5,63	5,36
	1,5	7,07	6,98
	3,0	6,39	6,51
	4,5	5,99	5,94

Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap diameter umbi bawang merah, disajikan pada Tabel 3. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk organik pada masing-masing ekstrak jagung, yakni ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih (z_2) meningkatkan diameter umbi mengikuti pola persamaan linear positif secara berturut-turut adalah $y_{z1} = 0,4092x + 18,542$ dengan nilai koefisien regresi (r_{z1}) = 1,0000 dan $y_{z2} = 0,7108x + 16,9060$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9984 (Gambar 3a); sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung manis (z_1) dan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung putih (z_2) sampai konsentrasi tertentu akan meningkatkan diameter umbi, dan setelah itu akan mengakibatkan menurunnya diameter umbi mengikuti pola persamaan kuadrat secara berturut-turut adalah $y_{z1} = -0,3643x^2 + 1,6605x + 18,493$ dengan koefisien regresi (r_{z1}) = 0,8512 dan $y_{z2} = -0,3539x^2 + 1,6353x + 17,435$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9210 (Gambar 3b).



Gambar 1. Hubungan Antara Peningkatan Dosis Pupuk Organik pada Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Jumlah Anakan Per Rumpun (1a) dan Hubungan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Jumlah Anakan Per Rumpun (1b)



Gambar 2. Hubungan Antara Peningkatan Dosis Pupuk Organik pada Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Jumlah Umbi Per Rumpun (2a) dan Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Jumlah Umbi Per Rumpun (2b)

Tabel 3. Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap diameter umbi bawang merah

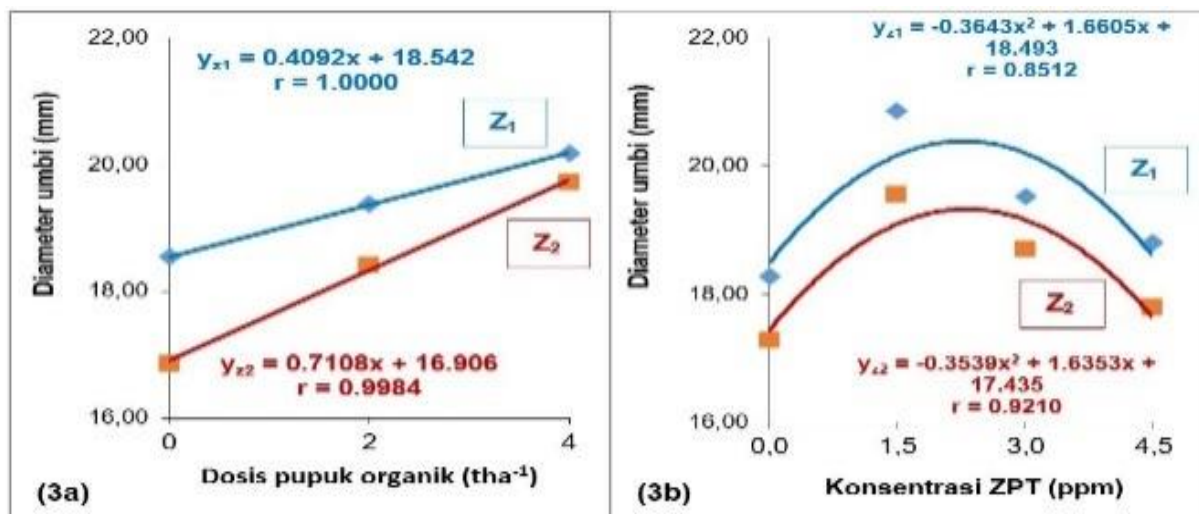
Jenis Ekstrak		Z1 (jagung manis)	Z2 (jagung putih)
Dosis Pupuk Organik (t ha^{-1})	0	18,54	16,86
	2	19,36	18,42
	4	20,18	19,70
Konsentrasi ZPT (ppm)	0,0	18,27	17,28
	1,5	20,84	19,55
	3,0	19,52	18,70
	4,5	18,81	17,78

Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap hasil umbi per rumpun bawang merah, disajikan pada Tabel 4. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk organik pada masing-masing ekstrak jagung, yakni ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih (z_2) dapat meningkatkan hasil umbi per rumpun mengikuti pola persamaan linear positif secara berturut-turut adalah $y_{z1} = 2.1029x + 21.1450$ dengan nilai koefisien regresi (r_{z1}) = 0,9752 dan $y_{z2} = 1,7064x + 21,7850$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9999 (Gambar 4a);

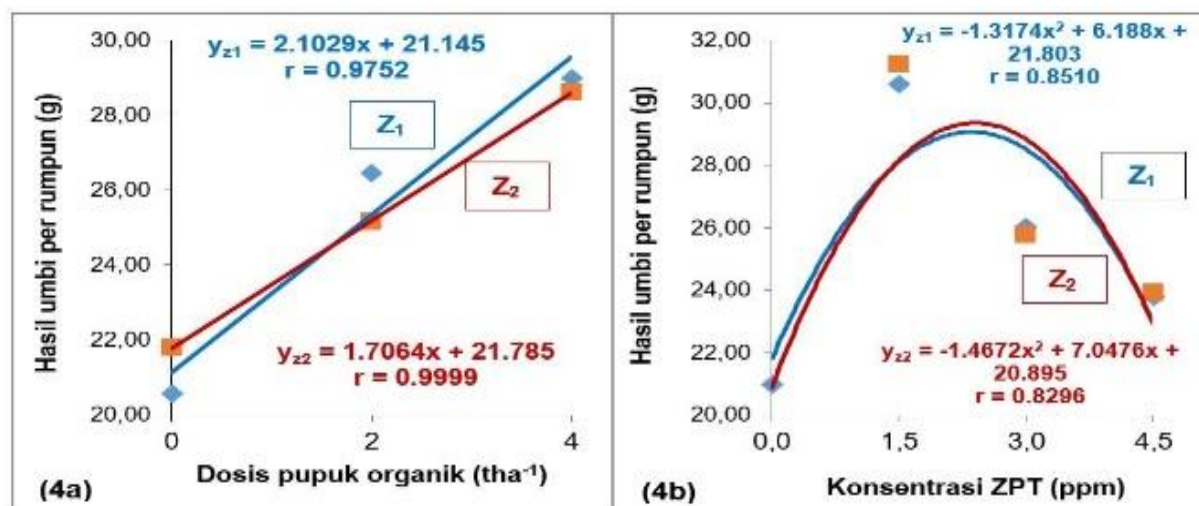
sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung manis (z_1) dan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung putih (z_2) sampai konsentrasi tertentu akan meningkatkan hasil umbi per rumpun, dan setelah itu akan mengakibatkan menurunnya hasil umbi per rumpun mengikuti pola persamaan kuadrat secara berturut-turut adalah $y_{z1} = -1.3174x^2 + 6.1880x + 21.803$ dengan koefisien regresi (r_{z1}) = 0.8510 dan $y_{z2} = -1.4672x^2 + 7.0476x + 20.8950$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0.8296 (Gambar 4b).

Tabel 4. Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap hasil umbi per rumpun bawang merah

Jenis Ekstrak		Z1 (jagung manis)	Z2 (jagung putih)
Dosis Pupuk Organik (t ha ⁻¹)	0	20,59	21,80
	2	26,45	25,16
	4	29,01	28,63
Konsentrasi ZPT (ppm)	0,0	20,98	19,88
	1,5	30,60	31,22
	3,0	26,03	25,78
	4,5	23,80	23,92



Gambar 3. Hubungan Antara Peningkatan Dosis Pupuk Organik pada Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Diameter Umbi (3a) dan Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Diameter Umbi (3b)



Gambar 4. Hubungan Antara Peningkatan Dosis Pupuk Organik pada Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Hasil Umbi Per Rumpun (4a) dan Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Hasil Umbi Per Rumpun (4b)

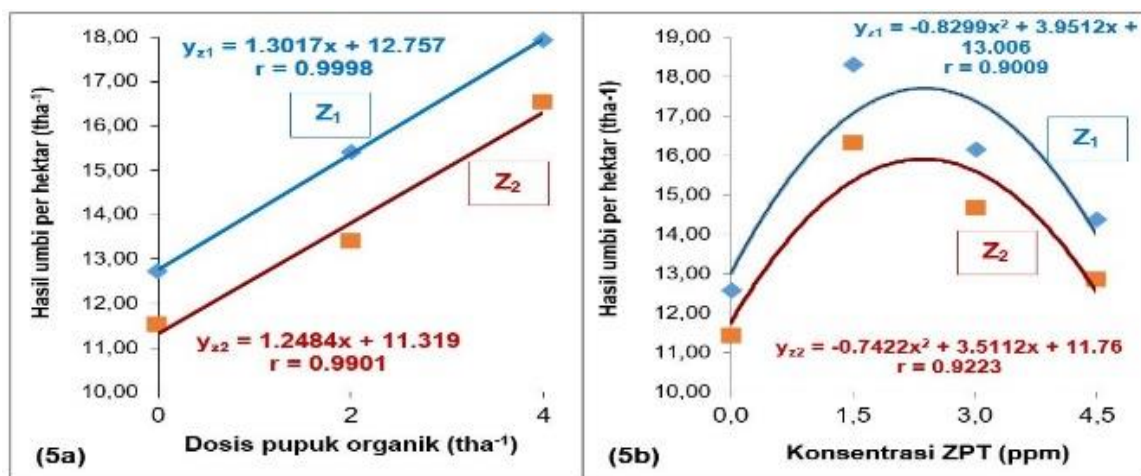
Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap hasil umbi per hektar bawang merah, disajikan pada Tabel 5. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk organik pada masing-masing ekstrak jagung, yakni ekstrak jagung manis (z_1) dan ekstrak jagung putih (z_2) meningkatkan hasil umbi per hektar mengikuti pola persamaan linear positif, yakni $y_{z1} = 1.3017x + 12.757$ dengan nilai koefisien regresi (r_{z1}) = 0,9998 (Gambar 5a); sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung manis (z_1) dan peningkatan konsentrasi ekstrak jagung putih (z_2) sampai konsentrasi tertentu akan meningkatkan hasil umbi per hektar, dan setelah itu akan mengakibatkan menurunnya hasil umbi mengikuti pola persamaan kuadratik secara berturut-turut adalah $y_{z1} = -0.8299x^2 + 3.9512x + 13.006$ dengan koefisien regresi (r_{z1}) = 0.9009 dan $y_{z2} = -0.7422x^2 + 3.5112x + 11.7600$ dengan koefisien regresi (r_{z2}) = 0,9223 (Gambar 5b).

Tabel 5. Nilai hubungan antara dosis pupuk organik dengan ekstrak jagung manis dan putih terhadap hasil umbi per hektar bawang merah

Jenis Ekstrak		Z1 (jagung manis)	Z2 (jagung putih)
Dosis Pupuk Organik (tha^{-1})	0	12,73	11,52
	2	15,41	13,41
	4	17,94	16,52
Konsentrasi ZPT (ppm)	0,0	12,60	11,44
	1,5	18,29	16,31
	3,0	16,16	14,66
	4,5	14,39	12,85

Sidik Lintas komponen hasil bawang merah didasarkan pada nilai koefisien korelasi fenotipik antar karakter-karakter komponen hasil dan karakter hasil disajikan pada Tabel 6. Karakter hasil umbi per hektar menunjukkan hubungan sangat nyata dengan jumlah anakan per rumpun, jumlah umbi per rumpun, diameter umbi, dan hasil umbi per rumpun dengan nilai koefisien korelasinya adalah masing-masing 0,896**, 0,860**, 0,935**, dan 0,925**.

Nilai koefisien korelasi yang positif dari karakter jumlah anakan per rumpun, jumlah umbi per rumpun, diameter umbi, dan hasil umbi per rumpun terhadap hasil umbi per hektar menunjukkan bahwa dengan meningkatnya jumlah anakan, banyaknya jumlah umbi, besarnya diameter umbi, dan meningkatnya hasil umbi per rumpun maka hasil umbi per hektar meningkat dan sebaliknya nilai koefisien korelasi yang negatif dari karakter terhadap hasil umbi per hektar menunjukkan bahwa hasil umbi per hektar akan turun. Hal ini sejalan dengan pendapat Kalyan *et al.* (2017) dan Shabir *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi yang nyata dari status suatu karakter terhadap peningkatan karakter pasangannya, dan sebaliknya nilai koefisien korelasi yang negatif nyata dari pasangan karakter merupakan representasi status suatu karakter terhadap penurunan karakter pasangannya.



Gambar 5. Hubungan Antara Peningkatan Dosis Pupuk Organik pada Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Hasil Umbi Per Hektar (5a) dan Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Manis (Z1) dan Peningkatan Konsentrasi Ekstrak Jagung Putih (Z2) terhadap Hasil Umbi Per Hektar (5b)

Hasil analisis korelasi dan analisis lintas (*path analysis*) disajikan pada Gambar 6, sedangkan pengaruh langsung dan tidak langsung serta nilai koefisien korelasi antara karakter-karakter komponen hasil dan karakter hasil umbi per hektar disajikan pada Tabel 6. Gambar 6 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa diameter umbi dan hasil umbi per rumpun merupakan karakter yang memiliki pengaruh langsung positif sangat nyata terhadap hasil umbi per hektar dengan nilai pengaruh langsung (C) secara berturut-turut adalah 0,515** dan 0,497**.

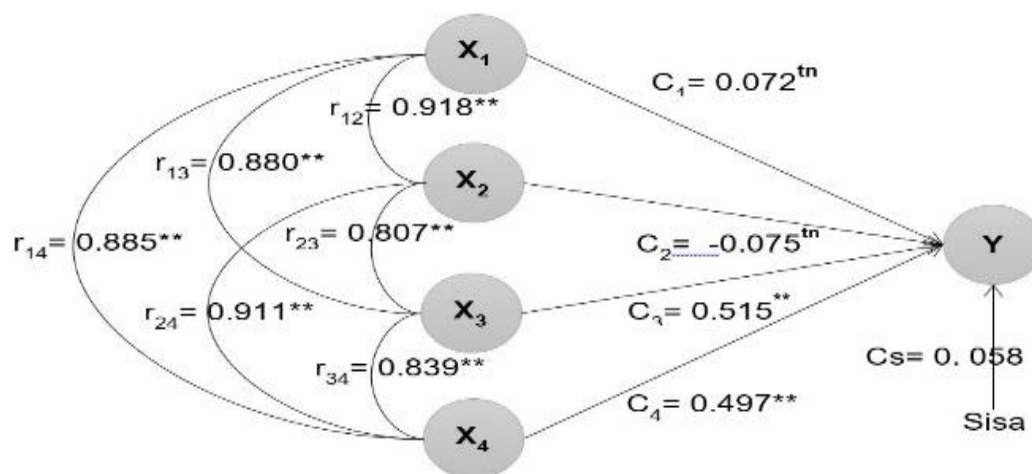
Jumlah anakan per rumpun dan jumlah umbi per rumpun merupakan karakter yang memiliki pengaruh langsung tidak nyata positif dan negatif dengan nilai pengaruh langsungnya 0,072^{tn} dan -0,075^{tn} terhadap hasil umbi per hektar. Hal ini berarti bahwa, setiap kenaikan karakter-karakter yang memiliki pengaruh langsung sangat nyata positif meningkatkan hasil umbi bawang merah per hektar, sedangkan untuk karakter-karakter yang memiliki

pengaruh langsung tidak nyata negatif akan menurunkan hasil umbi per hektar. Penelitian yang terkait dengan pengaruh langsung positif nyata diperoleh tiga karakter terhadap bobot gabah per hektar, yakni jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah gabah per malai dan bobot gabah per rumpun dilaporkan oleh Riadi *et al.* (2018). Penelitian terkait dengan pengaruh langsung positif nyata karakter jumlah anakan produktif per rumpun terhadap hasil gabah per hektar dilaporkan oleh Badri *et al.* (2016), sedangkan hasil penelitian lain terkait dengan pengaruh langsung positif nyata karakter jumlah anakan produktif per tanaman terhadap hasil gabah per tanaman dilaporkan oleh Kalyan *et al.* (2017) dan Vanisree *et al.* (2013). Hasil penelitian diperoleh dua karakter komponen hasil yang sangat penting dan dinilai efektif digunakan sebagai kriteria di dalam meningkatkan hasil umbi per hektar pada bawang merah, yaitu diameter umbi dan umbi per rumpun.

Tabel 6. Pengaruh langsung dan tidak langsung serta nilai koefisien korelasi antara komponen hasil dan hasil umbi per hektar bawang merah

Komponen hasil	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung melalui				Nilai koefisien korelasi fenotipik antar komponen hasil dengan hasil Y (Pengaruh total)
		X1	X2	X3	X4	
X1	0,072 ^{tn}	-	-0,069	0,453	0,440	0,896**
X2	-0,075 ^{tn}	0,066	-	0,416	0,453	0,860**
X3	0,515**	0,063	-0,061	-	0,417	0,935**
X4	0,497**	0,064	-0,068	0,432	-	0,925**

Keterangan: X1= Jumlah anakan per rumpun; X2= Jumlah umbi per rumpun; X3= Diameter umbi; X4= Hasil umbi per rumpun; Y= Hasil umbi per hektar; tn= tidak nyata; **= nyata pada taraf 1%.



Gambar 6. Diagram Lintasan Komponen Hasil terhadap Hasil Umbi per Hektar (X1= Jumlah Anakan per Rumpun; X2= Jumlah Umbi per Rumpun; X3= Diameter Umbi; X4= Hasil Umbi per Rumpun; Y= Hasil Umbi per Hektar).

Kesimpulan

Diameter umbi dan hasil umbi per rumpun bawang merah merupakan dua karakter yang berpengaruh langsung sangat nyata positif terhadap hasil umbi bawang merah per hektar dengan nilai pengaruh langsung adalah 0,515 dan 0,497. Perlakuan yang terbaik terhadap komponen hasil bawang merah adalah ekstrak jagung manis konsentrasi 1,5 ppm dengan pupuk organik dosis 4 t ha⁻¹.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen dan Mahasiswa Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian (STIP) Puangrimagallatung Sengkang yang ikut membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Asrijal. 2020. Produktivitas bawang merah varietas Bima melalui aplikasi ekstrak jagung manis sebagai zat pengatur tumbuh dan pupuk organik. *J. TABARO Agriculture Science*, 4(2): 458–463.
- Asrijal. 2021. Effect of biological organic fertilizers and growth regulators for yield of shallot (*Allium ascalonicum* L.). *Agrotech Journal*, 6(1): 18–22.
- BPS. 2015. Statistik Konsumsi Pangan 2015. <https://docplayer.info/47101969-Statistik-konsumsi-pangan-statistics-of-food-consumption-2015.html>
- Badri, A., G. Rassam, A. Dadkhah, and A. Mohaddesi. 2016. Path coefficient analysis for the yield related traits of rice lines in North Iran. *Annales of West University of Timisoara. Series of Biology*, 19(2).
- Bajguz, A., and A. Piotrowska. 2009. Conjugates of auxin and cytokinin. *Phytochemistry*, 70(8), 957–969.
- Cholilie, I.A., T.R. Sari, and R. Nurhermawati. 2019. Production of compost and worm casting organic fertiliser from *lumbricus rubellus* and its application on red spinach plant (*Altenanthera amoena* V.). *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 2(1), 30–38.
- Fikrinda, W. dan I.M.I. Agastya. 2019. Perbaikan keragaan bibit jeruk pamelos tanpa biji dengan strangulasi dan aplikasi beberapa dosis dari dua ZPT BAP dan 2,4-D. *Jurnal Kultivasi*, 18(1): 773–778.
- Fitri, S.N.A., S.M. Bernas, E. Sodikin, A. Wijaya, and F. Apriadi. 2018. The influence of phosphate fertilizer and plant growth regulators on the growth and yield of ratoon rice (*Oryza sativa* L.) grown on swampland. 23(2): 73–80
- Fuady, Z., H. Satriawan, dan Agusni. 2019. Effects of combination of inorganic and organic fertilizers application on morphology and physiology of immature oil palm. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 7(1): 73–81.
- Hamdani, J.S., T.P. Dewi, dan W. Sutari. 2019. Pengaruh komposisi media tanam dan waktu aplikasi zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang (*Solanum tuberosum* L.) G2 kultivar medians di dataran medium Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*, 8(2): 875–881.
- Hardianti, A. 2015. Application Of Chicken Manure And Watering Frequency For Soil Physics Improvement Of Sand Mining Tailing Simulation And The Growth Of Spinach. *Institut Pertanian Bogor*.
- Herawati, D., Mukarlina, dan Z. Zakiah. 2021. Multiplikasi anggrek *Dendrobium* sp. dengan penambahan ekstrak jagung (*Zea mays*) dan naphthalaene acetic acid (NAA) secara In Vitro. *Bioma*, 6(1): 38–47.
- Isyraq, M., L. Amalia, dan I. Aisyah. 2021. Pengaruh air kelapa sebagai sitokinin organik dan sukrosa terhadap pertumbuhan protocorm anggrek (*Phalaenopsis hybrid* M P 253 x F1 3363 (M)) in vitro. *Jurnal Kultivasi*, 20(1): 27–34.
- Jamilah, W., Haryoko, dan W. Akriweldi. 2019. Response of black madras purple rice to pruning and application of unitas super liquid organic fertilizer. *Planta Tropika*, 7(1): 26–32.
- Kaho, U.J.R., J. Naisanu, and K.S. Ida. 2020. Effect of cow manure and atonic on spinach (*Amaranthus* spp.) production in dry land. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3): 363–368.
- Kalyan, B., K.V.R. Krishna, and L.V.S. Rao. 2017. Path coefficient analysis for yield and yield contributing traits in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7):

- 2680–2687.
- Kasi, P.D., S. Cambaba, dan W. Sanggola. 2021. Aplikasi ekstrak jagung dan air kelapa sebagai zat pengatur tumbuh alami pada pertumbuhan awal bibit apel. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 9(3): 195-201.
- Kusumiyati, S. Mubarak, I.E. Putri, dan R.N. Falah. 2019. Pengaruh asam giberelat (GA3) dan waktu panen terhadap kualitas hasil buah zukini (*Cucurbita pepo* L.). *Jurnal Kultivasi*, 18(2): 882-887.
- Kyozuka, J. 2007. Control of shoot and root meristem function by cytokinin. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(5): 442-446.
- Ningsih, E.M.N. dan Sudiyono. 2019. Aplikasi plant growth regulator auxin dari isolasi limbah air kelapa terfermentasi pada pertumbuhan. *Ciastech*: 191-196.
- Pinto, P.S., I.K. Prasetyo, dan J. Rahaju. 2012. Optimasi pertumbuhan bibit apel (*Malus sylvestris* Mill.) dengan menggunakan cytokinin alami. *Primordia*, 8(2): 38-52.
- Riadi, M., R. Sjahril, N. Kasim, and R.H. Diarjo. 2018. Heritability and path coefficient analysis for important characters of yield component related to grain yield in M4 red rice mutant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157(1).
- Safitri, R., T. Rahayu, dan L. Widiastuti. 2021. Pengaruh macam media tanam dan konsentrasi zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan stek dua nodus melati. *Jurnal Kultivasi*, 20(1): 22-26.
- Setiadi, D., Noertjahyani, dan Suparman. 2018. Perbedaan kualitas dan vase life bunga krisan akibat aplikasi macam pupuk organik dengan variasi jarak tanam. *Jurnal Kultivasi*, 17(1): 587-595.
- Shabir, G., S.A. Naveed, and M. Arif. 2013. Phenotypic variability and association of yield components in rice estimation of phenotypic variability and mutual association of yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using multivariate analysis. *J. Agric. Res*, 51(4).
- Subardja, V.O., Muharam, dan Wagyono. 2020. Perbedaan waktu inkubasi pupuk organik diperkaya untuk efisiensi pemupukan anorganik N dan P pada tanaman kedelai. *Agrosainstek*, 4(1): 54-60.
- Suminar, E., D.S. Sobarna, S. Mubarak, Sulistyaningsih, dan A. Setiawan. 2021. Pertumbuhan tunas kunyit tinggi kurkumin pada berbagai jenis sitokinin dan auksin secara in vitro. *Jurnal Kultivasi*, 20(1): 42-46.
- Supriyadi, M.K. Pratiwi, S. Minardi, dan N.L. Prastiyaningsih. 2020. Carbon organic content under organic and conventional paddy field and its effect on biological activities (a case study in Pati Regency, Indonesia). *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 35(1): 108.
- Supriyanto and K.E. Prakasa. 2011. The effects of rootone-F plant growth regulators on the growth of *Duabanga mollucana*. *Blume. J. Silviculture Tropika*, 3(1): 59-65.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*, 3rd edn. In Thomas Lazar (Ed.), *Language: English* (3rd edn, p. 690 pages). Sinauer Associates.
- Upe, A. 2019. Use of various concentrations of plant growth regulator (PGR) of sweet corn on the growth and production of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 4(3): 660-663.
- Vanisree, S., K. Swapna, C.D. Raju, C.S. Raju, and M. Sreedhar. 2013. Genetic variability and selection criteria in rice. *Journal of Biological & Scientific Opinion*, 1(4): 341-346.
- Widasari, R., Mukarlina, and Z. Zakiah. 2021. Pertumbuhan biji buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) dengan pemberian NAA dan ekstrak biji jagung (*Zea mays*) secara In Vitro. *Jurnal Bios Logos*, 11(1): 47-53.
- Yuniarti, A., E. Solihin, dan A.T.A. Putri. 2020. Aplikasi pupuk organik dan N,P,K terhadap pH tanah, P tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada inceptisol. *Jurnal Kultivasi*, 19(1): 1040-1046.
- Zhao, Y. 2008. The role of local biosynthesis of auxin and cytokinin in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 11(1): 16-22.
- Zhao, Y. 2010. Auxin biosynthesis and Its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*, 61(1): 49-64.

Amien, S. · Q. Aini · N. Wicaksana

Effect of paclobutrazol on growth and root morphology of 12 crossed stevia *in vitro*

Abstract. Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) is a low-calorie alternative sweetener. The superior varieties of Stevia in Indonesia are limited. Availability of seeds plays an important role in the Stevia plant breeding program for both the selection stage and the production of high-yielding varieties. Tissue culture is the best method of Stevia propagation, but the low adaptability of plantlets causes death in the acclimatization phase. The growth and root morphology of 12 crossbreed Stevia were evaluated. A Completely Randomized Design was used with factorial consisting of two factors were Stevia genotypes (STG1,7,8,10, SGB3,4,5,7,10, SGB2,3, and SBT11) and the plant growth regulator (PGR) concentration of Paclobutrazol (PBZ) (0.1, 0.5, and 1.0 ppm) and indole acetic acid (IAA) control (0.5 and 1 ppm). The results showed that the fastest shoot emergence time was SBT11 at 0.1 and 0.5 ppm PBZ media at 4 days after culture (DAC). The fastest root emergence time was SGB7 at 0.1 and 1 ppm PBZ media (8 DAC). The highest shoots were at 1 ppm IAA media (18 cm). The highest number of shoots was STG10 at 1 ppm PBZ and SGB3 at 0.5 ppm IAA (4 shoots). The highest number of internodes was SGB5 at 0.5 ppm IAA (25 internodes). The highest number of leaves was SGB3 at 0.5 ppm IAA (57 leaves). The highest number of roots was SGB2 at 0.5 ppm PBZ (5 roots). The greenest leaf color was SGB7 at 1 ppm PBZ media. The PBZ accelerated the emergence of shoots and roots and the number of roots.

Keywords: Genotype · Interaction · *In vitro* · Paclobutrazol · Stevia

Pengaruh paclobutrazol terhadap pertumbuhan dan morfologi akar 12 stevia hasil persilangan *in vitro*

Sari Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) merupakan sumber pemanis alternatif berkalori rendah. Varietas unggul Stevia di Indonesia terbatas. Ketersediaan bibit menjadi kunci dalam program pemuliaan tanaman Stevia baik untuk pada tahap seleksi maupun produksi varietas unggul. Kultur jaringan adalah metode perbanyakan Stevia terbaik, tetapi kemampuan adaptasi planlet yang rendah menyebabkan kematian pada fase aklimatisasi. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi pertumbuhan dan morfologi akar dari 12 Stevia hasil persilangan. Metode percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial dua faktor, yaitu genotipe Stevia (STG1,7,8,10, SGB3,4,5,7,10, SGB2,3, and SBT11) dan konsentrasi zat pengatur tumbuh paklobutrazol (PBZ) (0,1; 0,5; dan 1,0 ppm) serta *indole acetic acid* (IAA) sebagai kontrol (0,5 dan 1 ppm). Hasil penelitian menunjukkan waktu muncul tunas tercepat adalah SBT11 pada 0,1 dan 0,5 ppm PBZ pada 4 hari setelah tanam (HST). Waktu muncul akar tercepat adalah SGB7 pada 0,1 dan 1 ppm PBZ (8 HST). Tunas tertinggi diperoleh pada media 1 ppm IAA (18 cm). Jumlah tunas terbanyak diperoleh STG10 pada 1 ppm PBZ dan SGB3 pada 0,5 ppm IAA (4 tunas). Jumlah ruas terbanyak diperoleh SGB5 pada 0,5 ppm IAA (25 ruas). Jumlah daun terbanyak diperoleh SGB3 pada 0,5 ppm IAA (57 daun). Jumlah akar terbanyak diperoleh SGB2 pada 0,5 ppm PBZ (5 akar). Warna daun ter hijau diperoleh SGB7 pada 1 ppm PBZ.

Kata kunci: Genotipe · Interaksi · *In vitro* · Paclobutrazol · Stevia

Diterima : 13 Mei 2022, Disetujui : 2 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.39366>

Amien, S.¹ · Q. Aini² · N. Wicaksana¹

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363

²Undergraduate Programme of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363

Correspondency: suseno@unpad.ac.id

Introduction

Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) is a potential sweetener commodity that can be developed in Indonesia and has become the government's attention as a commodity to support sugar self-sufficiency (Detik Finance, 2021). Stevia is known as a low-calorie alternative sweetener and is 300 times sweeter than sucrose. It is easily digested in the body and has many benefits such as anti-hyperglycemic, anti-hypertensive, anticaries, and immunomodulatory (Samuel *et al.*, 2018). Stevia is also regulated by Food and Drug Administration/FDA (Dwyer *et al.*, 2015).

Tissue culture is one of the most effective methods for Stevia propagation. Plant tissue culture can produce plants vegetatively in large quantities in a shorter time, produce genetically and physiologically uniform plants, and pathogens free (Sinta and Amanah, 2019). Other methods of stevia propagation can use seeds and cuttings. Stevia seeds have high uniformity, low fertility (Raina *et al.*, 2013), and low germination ability, viability, and vigor (Khalil *et al.*, 2014). Meanwhile, cutting propagation is required a large area (Djajadi, 2014). The limitations of the stevia mother plant cause high pathogenic (Chotikadachanarong and Dheeranupattana, 2013), the viability and vigor of seedlings are easily decreased due to repeated cutting (Sinta and Amanah, 2019).

In tissue culture, plantlets generally have low environmental adaptation resistance. It is caused by an underdeveloped cuticle, epicuticular wax, and functional stomata. It caused high transpiration of stomata and cuticles during acclimatization (El-Fadl, 2017) and plantlet death during acclimatization. Before acclimatization, explants were generally grown in root media. The growth regulators that play the most role in root induction are auxins, especially IAA (Indole-3-Acetic Acid) because they are most abundant in plant tissues (Zhao, 2010). In the research of Merindasya *et al.* (2013) the best concentration of IAA in stevia tissue culture was 0.5 mg/L and in the study of Seyis *et al.* (2017) 1 mg/L IAA was also used as a root induction medium for the treatment of the Stevia genotype.

Plant growth inhibitory hormones or retardants are also widely used to produce plants with better adaptation to heterotrophy during acclimatization (Sumaryono and Sinta,

2011). Retardants generally caused shortening of plant segments, reduction of leaf size, increasing the concentration of green leaf color, thickening of roots, and reducing damage due to wilting (Hassanen and Khalil, 2013). Paclobutrazol (PBZ) is one of the most widely used retardants to improve plant adaptation, including stevia (El-Fadl, 2017). Paclobutrazol research on stevia showed that 0.1 mg/L increased plant performance (Sumaryono and Sinta, 2011). El-Fadl (2017) also reported that the highest number of shoots, leaves, and roots was obtained at 0.1 mg/L PBZ, while the highest fresh and dry weight of shoots was at 0.5 mg/L ppm. PBZ is also reported to increase the content of chlorophyll-a, chlorophyll-b, carotenoids, and carbohydrates in Stevia. The successful use of PBZ was also reported at 1 mg/L in apples (*Malus domestica*) (Te-chato *et al.*, 2009) and pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) (Dewi *et al.*, 2015). In addition, PBZ can stimulate the amount and weight of fresh root biomass independently or in combination with other auxins (Wiesman and Riov, 1994). Although these two exogenous growth regulators have different mechanisms of action, the use of PBZ has the potential to stimulate root growth. Gimenes *et al.* (2018) reported that PBZ at rate of 0.5; 1.0; 1.5 mg L⁻¹ promoted root thickening and reduced length of aerial parts and roots on *Zygopetalum crinitum*. Medium contained 2 µM IAA or 2 µM of PBZ *Pinus massoniana* Lamb. improved rhizogenesis in vitro shoot culture by combined exogenous NAA, PBZ increased rooting rate and its number (Wang and Yao, (2021).

Explant growth and adaptability during acclimatization are influenced by plant genotypes (Sinta and Amanah, 2019). So, genotype selection needs to be considered. The genotype of crossbreed stevia from Garut, Tawangmangu, and Bogor accessions, is the result of exploration and continues to be developed for the assembly of superior stevia varieties (Amien *et al.*, 2020). They have the best seed quality, and quantity of stevioside among accessions of the laboratory collection of the Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran (Atmojo, 2015). Besides genetic factors, plant growth is also influenced by the interaction of genotype and environment (Poehlman and Sleper, 1995). Each different genetic constitution causes different responses to the same medium

composition, and conversely (Amien *et al.*, 2020). This urged research to be conducted to obtain the best stevia growth, according to the effect of the interactions of 12 crossbreed genotypes and plant growth regulatory (PGR) concentrations of PBZ and IAA. As well as an effort to develop Stevia in increasing genetic diversity with the most effective and efficient method of propagation.

Materials and Method

This research was carried out in the Tissue Culture, Technology Laboratory, Plant Breeding, Department of Agronomy, Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran in March-June 2021. The main ingredients used were 1 cm shoot explants which had 2 leaves from cultures of 12 crossbreed stevia genotypes (Table 1), Indole-3-acetic acid (IAA), Paclobutrazol (PBZ), and Driver and Kuniyuki Walnut (DKW) media.

A Completely Randomized Design (CRD) was used with factorial consisting of two factors, i.e., stevia genotypes (STG1,7,8,10, SBG3,4,5,7,10, SGB2,3, and SBT11) and the PGR concentration of PBZ (0.1; 0.5; and 1.0 ppm) and IAA control (0.5 and 1 ppm). This experiment was carried out in two replications, with four bottles per replication. Stevia growth data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) with the F test at the 5 % significance level and significant differences were tested using the Scott-Knott test at the same level. Analysis was performed using software R-Project 4.1.0 and R-Studio 1.4.1103.

The experiment was started by sterilizing the equipment, making stock media solutions, making plant growth regulator (PGR) solutions, making media, planting explants, maintaining culture, and observing cultures. DKW media were prepared by adding 30g/L of sucrose, and 7g/L of gelling agent. Then the media bottles were sterilized using an autoclave at 121°C with a pressure of 1 ATM for 15-20 minutes (Gamborg and Phillips, 1995). The explants were planted in a Laminar Air Flow Cabinet (LAFC). Culture maintenance at a temperature of $\pm 25-28^{\circ}\text{C}$, the humidity of $\pm 60,75\%$, and 40 watts TL

lamp or ± 1000 Lux for 16 hours of the light period.

Table 1. The Genotype of crossbreed stevia's accessions of Garut, Tawangmangu, and Bogor.

Genotype Code	Description
P1	STG 1 1st Crossbreed Tawangmangu Garut
P2	STG 7 7th Crossbreed Tawangmangu Garut
P3	STG 8 8th Crossbreed Tawangmangu Garut
P4	STG 10 10th Crossbreed Tawangmangu Garut
P5	SBG 3 3rd Crossbreed Bogor Garut
P6	SBG 4 4th Crossbreed Bogor Garut
P7	SBG 5 5th Crossbreed Bogor Garut
P8	SBG 7 7th Crossbreed Bogor Garut
P9	SBG 10 10th Crossbreed Bogor Garut
P10	SGB 2 2nd Crossbreed Garut Bogor
P11	SGB 3 3rd Crossbreed Garut Bogor
P12	SBT 11 11th Crossbreed Bogor Tawangmangu

Observations were made for eight weeks after culture (WAC) including the time of emergence of shoots and roots; shoot height; the number of shoots, internodes, leaves, and roots; and leaf color. Observations of the time of emergence of shoots and roots were carried out every day, for the height and number of shoots, number of internodes, leaves, roots, and leaf color were carried out at the end of observation (8 WAC). Observation of leaf color using the Royal Horticultural Society Color Chart (RHSCC).

Result and Discussion

Analysis of variance for 12 genotypes of crossbreed stevia traits at various concentrations of PGR (Table 2.) showed that there was an interaction between genotypes of crossbreed stevia and concentration of PGR. An interaction between genotypes of crossbreed stevia and concentration of PGR found in the number of shoots, number of internodes, number of leaves, number of roots, except for shoot length.

Table 2. Analysis of Variance for 12 genotypes of crossbreed Stevia Traits at Various Concentrations of PGR.

Source of Variation	Df	MS (Mean of Square)				
		Shoot Length	Num. of Shoots	Num. of Internodes	Num. of Leaves	Num. of Roots
Genotype	11	15,4	5,382***	93,60***	486,30***	1,1702
PGR	4	367,7***	0,771**	170,51***	706,90***	1,4847
Genotype: PGR	44	19	0,707***	19,61*	101,30**	1,6509*
Residuals	60	14	0,19	11,72	48,70	0,8908
CV		28,6	23,1	24,5	21,9	35,1

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Shoot emergence time. Each treatment gave a different response to the speed of the shoot's emergence day (Table 3). The average results of the fastest shoot emergence days were four days, which were obtained for the SBT11 genotype at 0.1 and 0.5 ppm PBZ. The emergence of shoots that occurred in the first week was also obtained in SBG10 at 1 ppm PBZ and SBG2 at 1 ppm IAA, with the emergence time being the fifth day. While on STG1, STG7, and SBG4 at 0.1 ppm PBZ and SBG10 at 1 ppm IAA and 0.5 ppm PBZ shoots grew on the seventh day.

Table 3. An average stevia shoots emergence time.

Genotype (P)	Time of Shoot Emergence (Days)				
	PGR Concentration (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	24	10	7	-	36
P2	7	-	7	8	14
P3	23	32	8	8	8
P4	15	14	35	31	13
P5	23	17	14	10	24
P6	32	9	7	21	17
P7	16	9	19	15	38
P8	9	37	16	9	19
P9	-	7	9	7	5
P10	9	5	-	30	14
P11	-	50	11	10	-
P12	41	48	4	4	-

Note:

"-" = new shoots did not appear until the end of the observation (8 weeks)

P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5= Paclobutrazol 1 ppm.

The emergence of many shoots occurred in weeks 1-3. Some treatments did not grow new shoots until the observation ended 12 weeks, i.e., STG1 at 0.5 ppm PBZ, SGB2 at 0.1 ppm PBZ,

SGB3 and SBT11 at 1 ppm PBZ. The fastest time of shoot emergence was shown on genotypes STG7, 8, SBG10, and SBT11 compared to other genotypes. The use of PBZ on media, according to data that PBZ accelerated the shoot emergence in several genotypes. In the research by Kepenek and Karoğlu (2011) on apples (*Malus domestica*), the time of shoot emergence was influenced by interactions of genotype and concentrations of PBZ/PP333 and Alar-85.

Root emergence time. The results of observations of root emergence time showed that SBG7 at 0.1 and 1 ppm PBZ showed the fastest root emergence time in eight days, and at 0.5 ppm PBZ only differed by 1 day, the ninth day (Table 4). When compared with the use of IAA, roots appear 1 week later. The emergence of roots that occurred on the ninth day also occurred in SBG3 at 0.1 ppm PBZ; SBG4 at 1 ppm PBZ; and SGB2 at 0.5 ppm PBZ. Root emergence occurred at week 2 except for STG7 with 0.1 ppm PBZ occurring on week 5 or day 32.

Table 4. An average stevia roots emergence time.

Genotype (P)	Time of Root Emergence (Days)				
	PGR Concentration (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	24	27	10	21	11
P2	14	10	32	10	11
P3	18	20	20	22	16
P4	23	18	11	15	13
P5	10	12	9	12	10
P6	18	13	13	10	9
P7	15	21	17	11	10
P8	14	15	8	9	8
P9	22	15	11	25	13
P10	22	18	10	9	18
P11	14	13	10	16	16
P12	21	26	10	14	18

Note: P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5= Paclobutrazol 1 ppm.

STG7, SBG3, SBG4, and SBG7 genotypes gave the best root emergence time compared to other genotypes, and the use of PBZ gave a faster root emergence time than IAA, although not for all genotypes. A concentration of 0.1 ppm PBZ gave the fastest root emergence time. In all genotypes with the fastest root emergence time, arrowroot parents were assumed to have the best ability in root growth.

PBZ promotes root formation due to increased abscisic acid (Soumya *et al.*, 2017) and cytokines (Desta and Amare, 2021). IAA was the main hormone in root formation but it had a complex transport and synthesis process (Saini *et al.*, 2013), so IAA's work as root induction took longer to work on its target function. Thus, the work of PBZ in accelerating the root formation was more effective than IAA.

Shoot length. There was no interaction effect between genotype and PGR concentration on the stevia shoot length character (Table 5 and Figure 1). The longest shoots were obtained in the media with the addition of 0.5 and 1 ppm IAA, while the use of PBZ obtained short shoot lengths.

Table 5. An average shoot length of 12 genotypes of crossbreed Stevia at Various Concentrations of PGR.

PGR Concentrations (G)	Shoot Length (cm)
IAA 0.5 ppm (G_1)	16.70 a
IAA 1 ppm (G_2)	18.00 a
0.1 ppm (G_3)	9.83 b
0.5 ppm (G_4)	10.67 b
1.0 ppm (G_5)	10.33 b

Note: Means within a column followed by different letters are different at the $P \leq 0.05$ level.

The use of PBZ suppressed the average shoot length of 6.03-8.17 cm. In the study of Sumaryono and Sinta (2011) IAA was reported to increase the shoot length of stevia up to 38 mm, while the use of higher concentrations of PBZ significantly decreased shoot length, except for 0.1 mg/L PBZ. The suppression of stevia shoot length at a concentration of 0.1-2 mg/L PBZ on MS media was also reported in El-Fadl (2017). The suppression of shoot length due to PBZ is caused by inhibition of cell division in the shoot sub-apical meristem (El-Fadl, 2017). Short shoot length due to PBZ could also occur as a result of the internode shortening effect (Wen *et al.*, 2013).



Figure 1. Shoot Length Comparison at Various Concentrations of PGR in STG7 Genotype. Note: Shoot length at 0.5 and 1 ppm IAA media was the highest compared to another PGR concentration.

Number of shoots. On the character of the number of shoots, the interaction effect of 12 genotypes of stevia and various PGR concentrations of PBZ and IAA control was obtained (Table 6). The highest number of shoots was on STG10 at 1 ppm PBZ and 0.5 and 1 ppm IAA compared to other PBZ concentrations. The shoots number of STG10 at 1 ppm PBZ was 4.08 shoots. Genotypes SBG3 and 5 at 0.5 ppm IAA obtained the highest number of shoots compared to other genotypes, i.e., 4.00 and 3.87 shoots. In media containing 1 ppm, IAA genotypes STG10, SBG3, 4, and 5 also obtained the most shoots compared to other genotypes. At 0.1 ppm PBZ, the highest number of shoots was obtained on SBG3 and 4 compared to other genotypes. STG10 at 1 ppm PBZ compared to other eleven genotypes also obtained the highest number of shoots (Figure 2 and 3).

The interaction of genotype and PBZ was also reported by Kepenek and Karoğlu (2011) on apple varieties of Amasya, M9, and Starking Delicious that the M9 variety gave a negative response compared to the other 2 varieties to PBZ. Each genotype had a different effect because each genotype had different abilities depending on the genes it has. The use of 0.1 mg/L PBZ on Stevia was reported to increase the number of shoots up to 11 shoots from the control without PBZ but at a concentration of 0.5-2 mg/L PBZ decreased the number of shoots to 15 shoots per explant (El-Fadl, 2017). Soumya *et al.* (2017) explained that PBZ could induce the number of shoots. However, according to Ehirim *et al.* (2014), the addition of retardant to the culture media caused suppression of the number of shoots. This difference could occur due to different genotypes and even species as well as different test concentrations.

Table 6. An average number of shoots of 12 genotypes of crossbreed stevia in various PGR concentrations.

Genotype (P)	Number of Shoots (pcs)				
	PGR Concentrations (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	1.50d	1.37b	1.17b	1.00a	1.12c
	A	A	A	A	A
P2	1.96c	1.00b	1.54b	1.88a	2.38b
	A	A	A	A	A
P3	2.25c	1.54b	1.87b	2.12a	2.50b
	A	A	A	A	A
P4	3.13b	3.88a	1.63b	1.75a	4.08a
	A	A	B	B	A
P5	4.00a	3.00a	2.62a	2.83a	2.37c
	A	A	A	A	A
P6	2.42c	3.50a	3.13a	2.25a	3.08b
	A	A	A	A	A
P7	3.87a	3.88a	1.62b	2.33a	1.29c
	A	A	A	A	A
P8	1.63d	1.25b	1.62b	1.12a	1.42c
	A	A	A	A	A
P9	1.00d	1.42b	1.62b	1.50a	1.25c
	A	A	A	A	A
P10	1.29d	1.12b	1.00b	1.12a	1.25c
	A	A	A	A	A
P11	1.13d	1.17b	1.62b	1.38a	1.00c
	A	A	A	A	A
P12	1.25d	1.12b	1.12b	1.37a	1.00c
	A	A	A	A	A

Note: Means within a column followed by different letters are different (lowercase for vertical comparison and capital letters for horizontal comparison) at the $P \leq 0.05$ level.

P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5 = Paclobutrazol 1 ppm.



Figure 2. Shoot Number Comparison at Various Concentrations of PGR in STG10 Genotype. Note: Shoot length 1 ppm PBZ, 0.5 and 1 ppm IAA media was the highest compared to another PGR concentration.

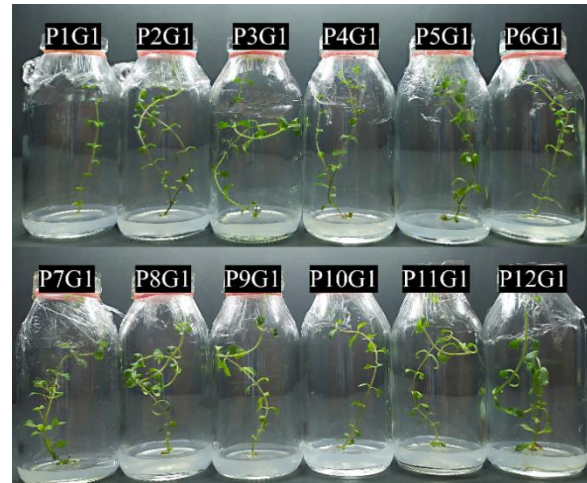


Figure 3. Shoot Number Comparison of 12 Genotypes of Crossbreed Stevia at 0.5 ppm of Paclobutrazol. Note: Shoot number of SBG3 (P5) and SBG5 (P7) were the highest compared to other genotypes.

Number of internodes. The observation results of the number of internodes according to the results of the ANOVA test showed that there was a significant effect on the interaction of the stevia genotype and the PGR concentration (Table 7). The highest number of internodes was obtained by SBG5 at the addition of 0.5 and 1 ppm IAA compared to all PBZ concentrations, which were 25.00 and 21.62 internodes.

The STG10 genotype at 1 ppm IAA, 0.1, and 1 ppm PBZ also obtained the highest number of internodes compared to the use of other concentrations. The number of STG10 internodes at 1 ppm IAA is 24.42 segments. The use of 1 ppm IAA media obtained the highest number of internodes in the STG10, SBG3, 4, and 5 genotypes compared to the other eight genotypes.

The addition of PBZ at all concentrations showed a low number of internodes and was significantly different when compared to IAA controls on several genotypes. The use of Paclobutrazol is reported to be able to shorten the segment (Wen *et al.*, 2013) due to the suppression of kaurene, which inhibits gibberellin biosynthesis so that cell division morphologically decreases. Paclobutrazol could also suppress the effect of IAA in plants (Soumya *et al.*, 2017), while IAA could induce internode elongation (Chen *et al.*, 2018).

Table 7. An average number of internodes of 12 genotypes of crossbreed stevia in various PGR concentrations

Genotype (P)	Number of Internodes (pcs)				
	PGR Concentrations (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	9.00a	12.25b	9.42a	8.62a	7.25a
	A	A	A	A	A
P2	20.33a	12.87b	10.83a	11.62a	12.75a
	A	A	A	A	A
P3	17.25a	12.79b	9.87a	11.62a	14.87a
	A	A	A	A	A
P4	18.62a	24.42a	10.37a	10.88a	20.62a
	A	A	B	B	A
P5	24.87a	20.71a	15.12a	15.79a	23.87a
	A	A	A	A	A
P6	14.42a	23.33a	19.25a	12.63a	16.92a
	A	A	A	A	A
P7	25.00a	21.62a	10.92a	14.67a	7.79a
	A	A	B	B	B
P8	14.87a	16.37b	13.25a	9.08a	15.04a
	A	A	A	A	A
P9	11.50a	16.21b	9.62a	10.50a	10.58a
	A	A	A	A	A
P10	14.37a	11.50b	8.75a	10.38a	11.75a
	A	A	A	A	A
P11	15.21a	14.79b	12.50a	10.13a	7.75a
	A	A	A	A	A
P12	15.21a	15.62b	11.42a	10.25a	8.25a
	A	A	A	A	A

Note: Means within a column followed by different letters are different (lowercase for vertical comparison and capital letters for horizontal comparison) at the $P \leq 0.05$ level.

P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5 = Paclobutrazol 1 ppm.

Number of leaves. There was an interaction effect of 12 *Stevia* genotypes with PGR concentrations on the number of leaves (Table 8). The number of leaves of *Stevia* 8 MST on the control medium, 0.5 ppm IAA genotypes STG7, SBG3, and 5 obtained more leaves than the other genotypes. The highest number of leaves was obtained by SBG3 at 0.5 ppm IAA with 56.75 leaves. In 1 ppm IAA media, genotypes STG10, SBG3, 4, and 5 also obtained more leaves than the other genotypes. The STG7 genotype at 0.5 ppm IAA when compared with other PBZ concentrations obtained more leaves. In the STG10 genotype at 1 ppm IAA, 56.13 leaves were obtained, although it was not significantly different at 1 ppm IAA and 1 ppm PBZ. SBG5 and SBT11 compared to all

concentrations of PBZ obtained more leaves at 0.5 and 1 ppm IAA.

Table 8. An average number of leaves of 12 genotypes of crossbreed stevia in various PGR concentrations.

Genotype (P)	Number of Leaves (pcs)				
	PGR Concentrations (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	21.00b	27.75b	21.83a	20.00a	18.00a
	A	A	A	A	A
P2	48.79a	27.62b	25.08a	28.62a	30.50a
	A	B	B	B	B
P3	38.75b	29.96b	25.00a	28.75a	34.75a
	A	A	A	A	A
P4	41.37b	56.00a	23.62a	27.25a	48.08a
	A	A	B	B	A
P5	56.75a	46.88a	36.63a	38.58a	51.75a
	A	A	A	A	A
P6	31.58b	52.17a	44.37a	28.62a	36.83a
	A	A	A	A	A
P7	56.13a	47.12a	23.42a	33.75a	18.08a
	A	A	B	B	B
P8	32.00b	35.62b	30.62a	21.00a	34.46a
	A	A	A	A	A
P9	24.50b	35.58b	24.63a	24.13a	24.92a
	A	A	A	A	A
P10	33.46b	27.62b	20.88a	23.50a	28.62a
	A	A	A	A	A
P11	33.12b	33.00b	28.25a	22.00a	19.12a
	A	A	A	A	A
P12	32.54b	33.50b	22.83a	23.12a	17.12a
	A	A	B	B	B

Note: Means within a column followed by different letters are different (lowercase for vertical comparison and capital letters for horizontal comparison) at the $P \leq 0.05$ level.

P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5 = Paclobutrazol 1 ppm.

The addition of PBZ at all concentrations showed a lower number of leaves and was significantly different when compared to the IAA control in several genotypes. The suppression of leaf growth due to the influence of Paclobutrazol was also reported in the study of Dewi *et al.* (2015) that the application of PBZ to apple culture suppressed leaf growth and even decreased after the 4th week and completely fell off at the 24th week with a concentration of 5 mg/L PBZ. Another effect of PBZ on leaves was a thickening of the leaf lamina (Wen *et al.*, 2013) caused by the thickening of palisade and spongy cells (El-Leil, 2016).

Number of roots. There was an interaction effect of genotype and PGR concentration of the number of roots (Table 9). The highest number of roots was obtained in 0.5 ppm PBZ media compared with another PGR concentration. 4.75 roots were obtained from SGB2, 4.37 roots for SGB5, 4.12 roots for SGB4, and STG1, STG7, and SGB7 were compared with other genotypes.

Table 9. An average number of roots of 12 genotypes of crossbreed stevia in various PGR concentrations.

Genotype (P)	Number of Roots (pcs)				
	PGR Concentrations (G)				
	G1	G2	G3	G4	G5
P1	0.83a A	1.88a A	1.25a A	3.74a A	2.25a A
P2	3.25a A	4.04a A	1.33a A	3.12a A	1.75a A
P3	3.12a A	3.21a A	2.62a A	2.12b A	3.12a A
P4	2.50a A	2.29a A	3.25a A	2.25b A	2.67a A
P5	4.00a A	1.58a A	2.38a A	1.92b A	2.87a A
P6	3.00a A	3.33a A	2.70a A	4.12a A	2.73a A
P7	2.88a A	2.87a A	1.63a A	4.37a A	2.88a A
P8	1.87a A	1.84a A	3.50a A	3.84a A	3.54a A
P9	2.42a A	2.79a A	1.38a A	2.00b A	4.17a A
P10	2.71a B	1.62a B	3.72a A	4.75a A	3.00a B
P11	2.71a A	4.42a A	1.88a A	2.00b A	1.62a A
P12	2.71a A	2.12a A	2.46a A	2.25b A	2.13a A

Note: Means within a column followed by different letters are different (lowercase for vertical comparison and capital letters for horizontal comparison) at the $P \leq 0.05$ level.

P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SGB 3, P6 = SGB 4, P7 = SGB 5, P8 = SGB 7, P9 = SGB 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11, G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5= Paclobutrazol 1 ppm.

Based on the results obtained that PBZ was a growth regulator that supported the growth of the number of roots (Figure 4 and 5). This was in line with the function of PBZ, which had been reported to promote root growth (Soumya *et al.*, 2017). PBZ inhibited gibberellin biosynthesis and increased cytokinin and abscisic acid, which causes an increase in plant root growth (El-Fadl, 2017). The optimum concentration for the number of Stevia roots was also in line according to El-Fadl (2017), which is 0.5 ppm PBZ.

The use of auxin, IAA in culture media could increase the growth of the number of roots due to increased levels of auxin in the media (Ehirim *et al.*, 2014). The use of IAA in Stevia root culture media was reported to be effective in increasing the number of roots (Nower, 2014).

Leaf color. The green color at 8 WAC was dominated by the “yellowish green” group with codes 141 and 143. The addition of PBZ to the media increased the green color of the leaves in the genotypes STG1, 7, 8, and 10, SGB4, 5, and 7, and SGB2 (Table 10). While the use of IAA on the media showed a yellow-green color in the STG10, SGB7, SGB2, and 3 genotypes.

Leaf color is a reflection of the chlorophyll content contained in the leaves (Pérez-Patricio *et al.*, 2018). The number of chloroplasts affects the biosynthesis of steviol glycosides because chloroplasts play a role in the synthesis of precursors (Kumari *et al.*, 2021).

The use of PBZ had been reported to increase chlorophyll levels (Wen *et al.*, 2013) and prevent chlorophyll degradation (Desta and Amare, 2021). This happened because PBZ increased cytokinin levels, which function in increasing chlorophyll biosynthesis (Soumya *et al.*, 2017). The dark green color due to the use of PBZ was caused by an increase in the denser chlorophyll content per unit of leaf area due to the reduction in leaf area due to the inhibition of cell division due to PBZ (Desta and Amare, 2021).

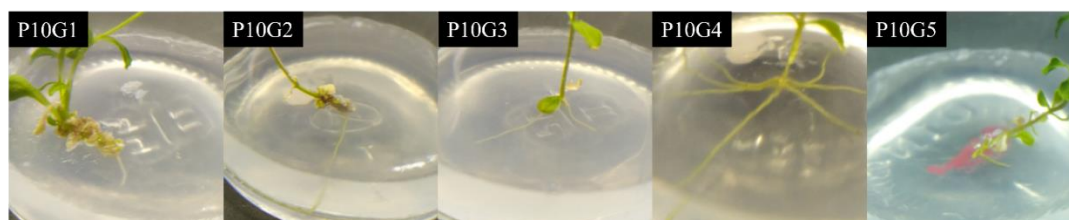


Figure 4. Roots Comparison at Various Concentrations of PGR in SGB2 Genotype. Note: Root number at 0.5 ppm PBZ media was the highest compared to another PGR concentration.

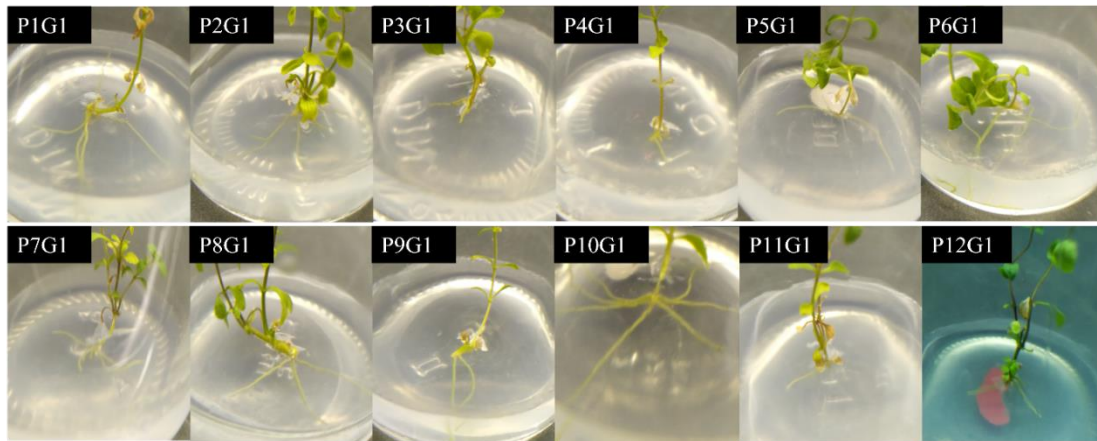


Figure 5. Roots Comparison of 12 Genotypes of Crossbreed Stevia at 0.5 ppm of Paclobutrazol. Note: Root number of SGB2 (P10), SBG5 (P7), SBG4 (P6), STG1 (P1), STG7 (P2), and SBG7 (P8) were the highest compared to other genotypes.

Table 10. Stevia leaf color of 12 genotypes of crossbreed stevia in various PGR concentrations

Genotype (P)	PGR Concentrations (G)									
	G1		G2		G3		G4		G5	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
P1	141A	141A	143A	141A	141A	141A	141A	139A	139A	141A
P2	141A	141A	141A	143A	141A	139A	141A	141B	141A	143A
P3	141A	141B	143A	141A	141A	141A	139A	139B	139B	141B
P4	143A	144A	141A	141B	141B	141B	141A	141B	139A	143A
P5	141B	141A	141B	143A	141A	141A	141A	141A	141A	143A
P6	141A	143A	141A	141A	141A	141B	139A	143A	143A	143A
P7	141A	141A	141A	141A	141B	139B	141A	141A	141A	141B
P8	144A	141A	143A	141B	139B	141A	141B	141A	141A	139A
P9	143A	143A	143A	143A	143A	143A	143A	141B	143A	143A
P10	144A	143B	144A	143A	141B	141A	141A	141B	141A	139A
P11	143A	144A	143A	143A	143A	143A	143A	143A	141B	141B
P12	143A	143A	143A	141A	141B	143A	141B	143A	143A	141B

Note: R= Replication; P1 = STG 1, P2 = STG 7, P3 = STG 8, P4 = STG 10, P5 = SBG 3, P6 = SBG 4, P7 = SBG 5, P8 = SBG 7, P9 = SBG 10, P10 = SGB 2, P11 = SGB 3, P12 = SBT 11; G1 = Control IAA 0.5 ppm, G2 = Control IAA 1 ppm, G3 = Paclobutrazol 0.1 ppm, G4 = Paclobutrazol 0.5 ppm, G5= Paclobutrazol 1 ppm.

The leaf color data in this study had a weakness because of the insignificant difference in the green color of stevia leaves, which can occur due to technical errors of observation, where the accuracy of color matching depends on the observer's eye and perception of color. Color perception referred to the part of the electromagnetic spectrum that was visible to the human eye (Hurlbert and Ling, 2017). Color observations could also become even more wrong if the observer's eyes become tired. In Post and Schlautman's (2020) study, the RHS Color chart could provide an accurate depiction of most petals, but it is difficult to distinguish wide color variations across the petals.

Conclusion

The growth of twelve stevia genotypes was influenced by genotype interactions and PGR concentration on the number of shoots, number of internodes, number of leaves, and number of roots. The shoot length was only affected by the concentration of PBZ. The fastest average shoot emergence time was SBT11 at 0.1 and 0.5 ppm PBZ (4 days). The fastest average root emergence time was SBG7 at 0.1 and 1 ppm PBZ (8 days). The longest shoot average was obtained at 1 ppm IAA (18.0 cm) media. The highest average number of shoots was on STG10 at 1 ppm PBZ and SBG3 at 0.5 ppm IAA (4.00

shoots). The average of the highest number of segments was on SBG5 at 0.5 ppm IAA (25.00 segments). The highest average number of leaves was obtained by SBG3 at 0.5 ppm IAA (56.75 leaves). The highest average number of roots was obtained by SGB2 at 0.5 ppm PBZ (4.75 roots). The greenest leaf color was obtained by SBG7 at 1 ppm PBZ. The PBZ accelerated the emergence of shoots and roots and the number of roots.

Acknowledgment

We would like to thank The National Research and Innovation Agency (Indonesian: *Badan Riset dan Inovasi Nasional*, BRIN) were funding this research and all parties who have assisted in this research.

References

- Amien, S., D.N. Aji, and T. Mamluatul. 2020. Multiplikasi cepat tunas tiga aksesi stevia secara in vitro. *Jurnal Kultivasi*, 19(3): 1247-1253.
- Atmojo, A.D. 2015. Studi Keberhasilan Enam Kombinasi Persilangan dan Perkecambahan Benih F1 dari Tiga Aksesi Stevia (*Stevia rebaudiana* B.). Universitas Padjadjaran.
- Chen, Y., Q. Zhou, R. Tian, Z. Ma, X. Zhao, J. Tang, and Z. Fu. 2018. Proteomic analysis reveals that auxin homeostasis influences the eighth internode length heterosis in maize (*Zea mays*). *Scientific Reports*, 8(1): 1-13.
- Chotikadachanarong, K. and S. Dheeranupattana. 2013. Micropropagation and acclimatization of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16: 887-890.
- Desta, B. and G. Amare. 2021. Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1): 1-15.
- Detik Finance. 2021. Jokowi Sentil soal Gula Impor, Kementan Cari Pengganti Tebu. Detik Finance. Available at: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-5332286/jokowi-sentil-soal-gula-impor-kementan-cari-pengganti-tebu> (Accessed: 1 March 2021).
- Dewi, I.S., G.S. Jawak, B.S. Purwoko, and M. Sabda. 2015. Respon pertumbuhan kultur in vitro jeruk besar (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) cv. Nambangan terhadap osmotikum dan retardan. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 5(1): 21.
- Djajadi. 2014. Pengembangan tanaman pemanis *Stevia rebaudiana* (Bertoni) di Indonesia. *Perspektif* 13(1): 25-33.
- Dwyer, J.T., K.J. Melanson, U. Sriprachy-anunt, P. Cross, and M. Wilson. 2015. *Dietary Treatment of Obesity*. Edited by K. Feingold, B. Anawalt, and A. Boyce. South Dartmouth: (MA): MDText.com, Inc. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278991/>.
- Ehirim, B.O., M.N. Ishaq, S. Agboire, C. Solomon, A.N. Ejizu, and A. Diarra. 2014. Acclimatization: an important stage in tissue culture. *Asian American Plant Science Research Journal*, 1: 1-7.
- El-Fadl, R.E.-S.A. 2017. Effect of growth retardants on shoot and root development of *Stevia rebaudiana* Bertoni plant grown in vitro. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(2): 16-24.
- El-Leil, E.F.A. 2016. Some Physiological Studies on *Stevia rebaudiana*. Cairo University.
- Gamborg, O.L. and G.C. Phillips. 1995. Laboratory Facilities, Operation, and Management, in *Laboratory Facilities, Operation, and Management*. Springer Berlin Heidelberg Berlin.
- Gimenes, R., K.L. Pivetta, R. Mazzini-Guedes, M.V. Ferraz, S.S. Pereira, Á. Santos, R. de Faria, and L. de Almeida. 2018. Paclobutrazol on in vitro growth and development of *Zygopetalum crinitum* orchid, and on seedling acclimatization. *American Journal of Plant Sciences*, 9: 1029-1036.
- Hassanen, S.A. and R.M.A. Khalil. 2013. Biotechnological studies for improving of *Stevia rebaudiana* Bertoni in vitro plantlets. *Middle East Journal of Scientific Research*, 14(1): 93-106.
- Hurlbert, A. and Y. Ling. 2017. Understanding color perception and preference. in Best, J. (ed.) *Colour Design: Theories and Applications*. 2nd Edition. Elsevier. Newcastle.
- Kepenek, K. and Z. Karoğlu. 2011. The effects of

- paclobutrazol and daminozide on in vitro micropropagation of some apple (*Malus domestica*) cultivars and M9-rootstock. *African Journal of Biotechnology*, 10(24): 4851–4859.
- Khalil, S.A., R. Zamir, and N. Ahmad. 2014. Selection of suitable propagation method for consistent plantlets production in *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21(6): 566–573.
- Kumari, A., V. Kumar, and N. Malhotra. 2021. *Stevia rebaudiana*. *Himalayan Medicinal Plants*. DOI: 10.1016/b978-0-12-823151-7.00005-2.
- Merindasya, M., T. Nurhidayati, and Parnidi. 2013. Induksi Tunas Tiga Aksesori *Stevia rebaudiana* Bertoni pada Media MS dengan Penambahan BAP dan IAA secara in vitro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nower, A.A. 2014. In vitro propagation and synthetic seeds production: an efficient methods for *Stevia rebaudiana* Bertoni', *Sugar Tech*, 16(1): 100–108.
- Pérez-Patricio, M., J.L. Camas-Anzueto, A. Sanchez-Alegria, A. Aguilar-González, F. Gutiérrez-Miceli, E. Escobar-Gómez, Y. Voisin, C. Rios-Rojas, and R. Grajales-Coutiño. 2018. Optical method for estimating the chlorophyll contents in plant leaves. *Sensors*, 18(2).
- Poehlman, J.M., and C.A. Sleper. 1995. *Breeding Field Crops*. Fourth Edition. Iowa State University Press. Iowa.
- Post, P.C. and M.A. Schlautman. 2020. Measuring camellia petal color using a portable color sensor. *Horticulturae*, 6(3): 1–15.
- Raina, R., S.K. Bhandari, R. Chand, and Y. Sharma. 2013. Strategies to improve poor seed germination in *Stevia rebaudiana*, a low-calorie sweetener. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(24): 1793–1799.
- Saini, S., I. Sharma, N. Kaur, and P.K. Pati. 2013. Auxin: A master regulator in plant root development. *Plant Cell Reports*, 32(6): 741–757.
- Samuel, P., K.T. Ayoob, B.A. Magnuson, U. Wölwer-Rieck, P.B. Jeppesen, P.J. Rogers, I. Rowland, and R. Mathews. 2018. *Stevia* leaf to *stevia* sweetener: exploring its science, benefits, and future potential. *The Journal of nutrition*, 148(7): 1186S–1205S.
- Seyis, F., E. Yurteri, and A. Özcan. 2017. In vitro multiplication of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) genotypes using different explants. *International Journal of Crop Science and Technology*, 3(2): 36–41.
- Sinta, M.M. and D.M. Amanah. 2019. Acclimatization and early growth of tissue culture-derived *Stevia rebaudiana* at low altitude area in Bogor, Indonesia. *E-Journal Menara Perkebunan*, 87(1): 68–76.
- Soumya, P.R., P. Kumar, and M. Pal. 2017. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Indian Journal of Plant Physiology*, 22(3): 267–278.
- Sumaryono and M.M. Sinta. 2011. Peningkatan laju multiplikasi tunas dan keragaan planlet *Stevia rebaudiana* pada kultur in vitro. *Menara Perkebunan*, 79(2): 49–56.
- Te-chato, S., P. Nujeen, and S. Muangsorn. 2009. Paclobutrazol enhance bud break and flowering of *Friederick's Dendrobium* orchid in Vitro. *Agricultural Technology*, 5(1): 157–165.
- Wang, Y. and R. Yao. 2021. Increased endogenous gibberellin level inhibits root growth of *Pinus massoniana* Lamb. plantlets during long-term subculture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 56: 470–479.
- Wen, Z.Z., Y. Lin, Y.Q. Liu, M. Wang, Y.Q. Wang, and W. Liu. 2013. Effects of paclobutrazol in vitro on transplanting efficiency and root tip development of *Dendrobium nobile*. *Biologia plantarum*, 57(3): 576–580.
- Wiesman, J. and J. Riov. 1994. Interaction of Paclobutrazol and Indole-3-butyric acid in relation to rooting of mung bean (*Vigna radiata*) cuttings. *Physiologia Plantarum*, 92: 608–612.
- Zhao, Y. 2010. Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*, 61: 49–64.

Putri, E.A.D. • H.A.M. Fajri • F. Iswari • F.A. Muhammad • R. Fauziah • R. Budiarto

The impact of color of artificial LED lighting on microgreen: a review

Abstract. Microgreen is an emerging agricultural food product that its development can be close type system and rely on the presence of artificial lighting, such as LED. Present study aimed to sum up the artificial LED lighting impact on microgreen production. In general, there were three important variables of light for plant, i.e., light intensity, light duration/photoperiod and light quality. The effect of different LED color on microgreen yield and phytochemical content is also revealed in present review. The red, blue, combination of red and blue, green, white, yellow and UV-A light are numerous choice for optimal microgreen production. However, there is no one-to-all recommendation here, since the LED light suitability is depending upon the plant species and target of market.

Keywords: Artificial lighting • LED color • Microgreen • UV-A light

Dampak warna pencahayaan buatan LED pada microgreen: ulasan

Sari. Microgreen adalah produk pangan pertanian yang sedang marak dikembangkan dan dapat diproduksi dalam sistem tertutup dengan dukungan pencahayaan buatan seperti LED. Penelitian ini bertujuan untuk mereview dampak penggunaan pencahayaan buatan LED terhadap produksi microgreen. Pada umumnya, terdapat 3 peubah penting cahaya untuk tanaman yakni intensitas cahaya, panjang hari/fotoperiodisitas dan kualitas cahaya. Pengaruh dari perbedaan warna LED terhadap hasil panen dan kandungan fitokimia microgreen dijelaskan pada artikel review ini. Lampu merah, biru, kombinasi merah dan biru, hijau, putih, kuning dan UV-A merupakan berbagai pilihan untuk produksi microgreen yang optimal. Namun tidak ada rekomendasi yang bersifat umum, karena kesesuaian LED bergantung pada faktor jenis tanaman dan target pasar.

Kata kunci: Pencahayaan buatan • Warna LED • Microgreen • Lampu UV-A

Diterima : 15 Juni 2022, Disetujui : 7 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.39931>

Putri, E.A.D.¹ • H.A.M. Fajri¹ • F. Iswari¹ • F.A. Muhammad¹ • R. Fauziah¹ • R. Budiarto²

¹ Undergraduate Programme of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363

Correspondency: rahmat.budiarto@unpad.ac.id

Background

Microgreen is a trending food that has begun to be developed and marketed in recent years (Riggio *et al.*, 2019a; Kyriacou *et al.*, 2017; Stoleru *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2012). Microgreen is another step further than sprouts (Wallin, 2013; Verlinden, 2020), forming an immature plant with good taste, interesting color and tender texture that highly suitable to sandwich, salad and others healthy dishes (Renna *et al.*, 2017; Xiao *et al.*, 2016; Turner *et al.*, 2020). Due to its importance, this food product is highly demanded by urban society. In addition, this product can be categorized as a functional food, since its ingredient can prevent certain diseases such as obesity, diabetes and cancer (Choe *et al.*, 2018).

Microgreen of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.), China red rose radish (*Raphanus sativus* L.), and peppercress (*Lepidium bonariense* L.) are considered to have good to excellent level of nutritional quality and consumer acceptance aspect (Xiao *et al.*, 2015). Additionally, some researchers have reported higher nutrient content in the form of microgreens compared to whole vegetables, such as in red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata), coriander (*Coriandrum sativum* L.), spinach garnet (*Amaranthus hypochondriacus* L), and green radish (*Raphanus sativus* L. var. longipinnatus) (Xiao *et al.*, 2012), kale (*Brassica oleracea* var. sabellica), broccoli (*Brassica oleracea* var. italica), and cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis) (Xiao *et al.*, 2019), lettuce (*Lactuca sativa*) (Pinto *et al.*, 2015), wheat (*Triticum aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare*) (Niroula *et al.*, 2019) as well as 30 plant cultivars from the Brassicaceae family (Xiao *et al.*, 2016).

Aside its rich phytonutrient and minerals, microgreen is categorized as low harmful nitrate residue agricultural product so that more safe to consume in order to fulfil healthy diet requirements (Treadwell *et al.*, 2010; Rajan *et al.*, 2019). Numerous plant species are exploited to be microgreen (Abellan *et al.*, 2019; Benincasa *et al.*, 2019; Di Gioia *et al.*, 2017; Di Gioia *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2016; Palmitessa *et al.*, 2020), however, most of them are derived from Brassicaceae, Fabaceae and Poaceae famili. In addition, there is still open opportunity to exploit more species in leafy vegetables, fruity vegetables, and herbs as microgreen materials, especially any species locally found in Indonesia and Southeast Asian.

The production of microgreen takes shorter time than conventional vegetables. The formation and fully opening of first true leaf is indicator of harvesting schedule for most of microgreen (Turner *et al.*, 2020). The development of microgreen production in overseas is generally carried out in a closed room of a precision farming system, for example in a controlled culture laboratory (Riggio *et al.*, 2019b). The production system in a closed space requires the support of artificial light, alike light-emitting diode (LED), due to the limitation of sunlight exposure. There is an urgency to have a brief review that sum up the artificial LED lighting effect on microgreen.

Light in General

Light is one of plant daily needs for their growth and development. The absence of light is only favourable in a short germination step, while at further stage it can bring detrimental effect of growth performances and yield. There are three variables of light that frequently reported to influence the plant growth and development, i.e., light intensity, quality, and duration/photoperiod.

Light intensity is frequently indicated by photosynthetic photon flux density (PPFD) variable and expressed in the unit of $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Microgreen growth was optimally achieved in light intensity of $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Jones-Baumgardt *et al.*, 2019) or $330\text{--}440 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ specifically for Brassica species (Samuoliene *et al.*, 2013). Lower light intensity, in range of 110 to $220 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was used to gain the α tocopherol and ascorbic acid content of microgreen (Samuoliene *et al.*, 2013). For arugula (*Eruca vesicaria* ssp sativa), kale (*Brassica oleracea* var. sabellica), cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata), (Kong *et al.*, 2019), calibrachoa (*Calibrachoa parviflora*), marigold (*Tagetes erecta* Linn), geranium (*Geranium* sp.) and petunia (*Petunia* sp.) (Kong *et al.*, 2018). The light intensity of $50\text{--}100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ is reported to have growth promotion effect.

Another important light variable is light duration, also known as photoperiod, that is defined as the number of day to dark time. In tropical condition, the land is commonly exposed to 12 hours of day and 12 hours of dark. The combination of lower light intensity and longer lighting time resulted in a good yield as

indicated by a larger leaf area, while the higher light intensity followed by shorter lighting time tended to produce good quality of spinach as indicated by its nutritious and tasteful characters (Zou *et al.*, 2020).

Another variable is the light quality that could be indicated by the ratio between red and blue light. Light quality was reported to affect the growth, morphology, color, flavor, and nutrition of plant (Kyriacou *et al.*, 2016). The effect of three mentioned light variables was through the alteration on morphogenesis, metabolic and photosynthetic apparatus functionality (Wang *et al.*, 2017). In spinach, earlier study reported the order from the most to the least influential light factor as photoperiod, light intensity and light quality (Zou *et al.*, 2020). However, previous study by Bian *et al.*, (2015) reported opposite result than light quality was more complex effects than light duration and intensity.

There is an absence of sunlight in close room agriculture system, therefore there is a need to set the artificial lighting for plant over there. The advantage of artificial light usage was the opportunity to make light customization by using specific spectral composition to meet plant need, leading to the gain of yield in both quantity and quality (Morrow, 2008). Light management was required to (i) achieve energy efficiency (Bian *et al.*, 2015), and (ii) avoid the photo-negative effect such as high-light condition that could impede plant growth and eventually yield (Kopsell *et al.*, 2012; Walters, 2005). The choice of artificial light is important step to prepare good and nutritious microgreen. Earlier reports had been underlined the different content of phytochemicals in response to different LEDs supplementation (Samuoliene *et al.*, 2011; Loedolff *et al.*, 2017; Brazaityte *et al.*, 2015a; Rahmani *et al.*, 2021).

Red light

Artificial red light in form of red LED is successfully proved to have positive effect on microgreen production and quality, i.e., growth stimulative and phytochemical accumulative effect, that seemed to be vary in differs genotype (species-dependent). The red light improved photosynthesis (Alrifai *et al.*, 2019), leaf macro nutrient status (Brazaityte *et al.*, 2018), hypocotyl length (Brazaityte *et al.*, 2021) and the accumulation of certain phytochemical such as carotenoid in pea (*Pisum sativum*) (Wu *et al.*,

2007), red pak choi (*Brassica rapa*) and taksoi (*Brassica rapa* subsp. *narinosa*) (Choi *et al.*, 2015); soluble solids and vitamin C in buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) (Choi *et al.*, 2015), mineral accumulation in lettuce (*Lactuca sativa*) (Amoozgar *et al.*, 2017), basil (*Ocimum basilicum*) (Pennisi *et al.*, 2019) and marigold (*Tagetes erecta*) (Sams *et al.*, 2016). In addition, the lighting by using red LED, commonly with a wavelength of 638 nm, was reported to elevate ascorbic acid and anthocyanin level in microgreen of purple mint (*Perilla frutescens* var. *crispa*) (Brazaityte *et al.*, 2013). Interestingly, this kind of light could be used to decrease the nitrate content on leaf, due to the amplification of nitrate reductase activity (Ohashi-Kaneko *et al.*, 2007).

Blue light

In general, the blue light solely was also positively promote the plant growth through photosynthesis booster effect, leading to faster harvesting schedule (Yoshida *et al.*, 2016). Moreover, the blue LED lighting was proved to be able to increase both the area and fresh weight of microgreen cotyledon, as well as the content of functional phytochemicals, such as anthocyanin, chlorophyll, phenolic content, and free radical scavenging activity (Lobiuc *et al.*, 2017), carotenoids (Samuoliene *et al.*, 2017), glucosinolates, mineral elements (Kopsell and Sams, 2013; Kopsell *et al.*, 2015), shoot tissue pigment (Kopsell *et al.*, 2015), vitamin C and total soluble solids (Choi *et al.*, 2015). Interestingly, Kopsell *et al.* (2014) reported the nutrient dense character in microgreen cultured under blue light. This nutrient rich condition was associated with the amplification of membrane transport activity and stomatal opening (Wu *et al.*, 2007; Kopsell *et al.*, 2014). To overcome nitrate residue issue in several case of leafy vegetable, the use of blue lighting treatment was strongly recommended to apply at 3 days prior harvesting schedule is reported to reduce nitrate content (Simanavicius and Virsile, 2018).

Combination of red and blue light

Not only red and blue light solely, but also the combination of both lights was effective to reduce nitrate residue in vegetable plant (Ohashi-Kaneko *et al.*, 2007). The combination of blue and red LED in one lighting board was popular practice in horticulture industry, including microgreens (Ying *et al.*, 2020; Jones-

Baumgardt *et al.*, 2019; Massa *et al.*, 2008). Earlier study showed the success of blue-red combination to enhance growth, yield, and pigment content in terms of chlorophyll and carotenoid (Madar *et al.*, 2022). Previous study revealed red to blue light ratio of 95 : 5 and 85 : 15 as the best option to have optimal cotyledon area and hypocotyl length in mustard (*Brassica nigra*) and kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) microgreen (Ying *et al.*, 2020). The red : blue light ratio of 85 : 15 was also reported to be success for increasing the fresh weight of Brassicaceae microgreen (Jones-Baumgardt *et al.*, 2019). Interestingly, the elevation of chlorophyll content in cucumber (*Cucumis sativus*) leaf was also reported to be the effect of blue light proportion improvement to 50% in the red : blue light combination treatment (Hogewoning *et al.*, 2010). Different proportion of blue to red light in the lighting equipment also caused different phytonutrient content on basil (*Ocimum basilicum*), pakchoi (*Brassica rapa* subsp. *chinesis*) and tatsoi (*Brassica rapa* subsp. *narinosa*) microgreens (Vastakaite *et al.*, 2015). In more specific, the content of carotenoid on beet (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) microgreen could be increased by the blue light proportion improvement up to 33% in the combination of blue : red lighting (Samuoliene *et al.*, 2017).

Other lights

Aside red, blue and combinations of both light, there were several studies reported the use of green, white, yellow and UV-A light. Green light with a wavelength of 520 nm was reported to gain the phytonutrient such as b-carotene in mustard (*Brassica nigra*) microgreens, (Choi *et al.*, 2015). Greenlight was also control the production of anthocyanin content in red and green leaf color of microgreen (Carvalho and Folta, 2016). White LED with a PPFD for about 400–600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was successfully increase the leaf crown biomass of lettuce (*Lactuca sativa*) (Lin *et al.*, 2013). Aside plant biomass, white LED also alter the phytochemical composition, by increasing zeaxanthin content in mustard (*Brassica nigra*) microgreens (Kopsell *et al.*, 2012) and soluble solids and vitamin C content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) microgreen rather than dark/control treatment (Choi *et al.*, 2015). However, in certain case, the used of white LED solely is less effective strategy to improve yield and quality. The use of white and yellow were reported to less effective in

reducing nitrate concentration rather than red, blue and combination of both lights (Ohashi-Kaneko *et al.*, 2007). Far red supplemented in white light resulted the significant gain on harvested weight of lettuce (*Lactuca sativa*) than only white light treatment (Li and Kubota, 2009).

Another supplemental light ever reported on microgreen production is the Ultraviolet-A (UV-A) light. The UV-A is a range of light with a wavelength of 315 to 400 nm that could displays both inducer of inhibitor effect for plant growth and development (Verdaguer *et al.*, 2016). The application of UV-A at 366 and 390 nm was reported to increase the activity of antioxidant (Brazaityte *et al.*, 2015b) and the content of ascorbic acid, anthocyanins and phenol of several microgreens (Brazaityte *et al.*, 2015a). Similar finding by Vastakaite *et al.* (2015), also reported the antioxidant improvement as the impact of supplemental UV-A LED lighting on 7-14 days prior to harvest.

Conclusion

Microgreen production under closed type system requires suitable artificial LED setting. The present study review several important variables of light for plant and the effect of different LED colors on microgreen yield and phytochemical content. The red, blue, combination of red and blue, green, white, yellow and UV-A light are numerous choice for optimal microgreen production. Determination of suitable LED color should be made by considering the species and targeted phytochemicals on cultivated microgreen.

Acknowledgement

Authors acknowledge the Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran for supporting this team to achieve the student research funding scheme, in the name of PKM-RE 2022.

References

Abellán, A., R. Domínguez-Perles, D.A. Moreno, and C. García-Viguera. 2019. Sorting out the value of cruciferous sprouts as sources

- of bioactive compounds for nutrition and health. *Nutrients*, 11(2): 1–22.
- Alrifai, O., X. Hao, M.F. Marcone, and R. Tsao. 2019. Current review of the modulatory effects of LED lights on photosynthesis of secondary metabolites and future perspectives of microgreen vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67: 6075–6090.
- Amoozgar, A., A. Mohammadi, and M.R. Sabzalain. 2017. Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. Grizzly. *Photosynthetica*, 55(1): 85–95.
- Benincasa, P., B. Falcinelli, S. Lutts, F. Stagnari, and A. Galieni. 2019. Sprouted grains: A comprehensive review. *Nutrients*, 11(2): 1–29.
- Bian, Z.H., Q.C. Yang, and W.K. Liu. 2015. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5): 869–877.
- Brazaitytė, A., J. Jankauskienė, and A. Novičkovas. 2013. The effects of supplementary short-term red LEDs lighting on nutritional quality of *Perilla frutescens* L. microgreens. *Rural Dev*, 6: 54–58.
- Brazaitytė, A., S. Sakalauskienė, G. Samuolienė, G., J. Jankauskienė, A. Viršilė, A. Novičkovas, ... and P. Duchovskis. 2015a. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food chemistry*, 173: 600–606.
- Brazaityte, A., A. Viršile, J. Jankauskiene, S. Sakalauskiene, G. Samuoliene, R. Sirtautas, A. Novičkovas, L. Dabašinskas, J. Miliauskiene, V. Vaštakaite, A. Bagdonavičiene, and P. Duchovskis. 2015b. Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29(1): 13–22.
- Brazaitytė, A., V. Vaštakaitė, A. Viršilė, J. Jankauskienė, G. Samuolienė, S. Sakalauskienė, ... and P. Duchovskis. 2018. Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse. In *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant*, 1227: 507–516.
- Brazaitytė, A., J. Miliauskienė, V. Vaštakaitė-Kairienė, R. Sutulienė, K. Laužikė, P. Duchovskis, and S. Małek. 2021. Effect of different ratios of blue and red led light on brassicaceae microgreens under a controlled environment. *Plants*, 10: 1–20.
- Carvalho, S.D. and K.M. Folta. 2016. Green light control of anthocyanin production in microgreens. *Acta Horticulturae*, 1134: 13–18.
- Choe, U., L.L. Yu, and T.T.Y. Wang. 2018. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 11519–11530.
- Choi, M.K., M.S. Chang, S.H. Eom, K.S. Min, and M.H. Kang. 2015. Physicochemical composition of buckwheat microgreens grown under different light conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 44(5): 709–715.
- Di Gioia, F., C. Mininni, and P. Santamaria. 2015. How to grow microgreens. In *Microgreens: Microgreens: Novel Fresh and Functional Food to Explore All the Value of Biodiversity*; Di Gioia, F., Santamaria, P., Eds.; ECO-logica. Bari, Italy.
- Di Gioia, F., M. Renna, and P. Santamaria. 2017. Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables BT-Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables; Yildiz, F., Wiley, R.C., Eds.; Springer US. Boston, MA, USA.
- Hogewoning, S.W., G. Trouwborst, H. Maljaars, H. Poorter, W. van Ieperen, and J. Harbinson. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J. Expt. Bot.*, 61:3107–3117.
- Jones-Baumgardt, C., D. Llewellyn, Q. Ying, and Y. Zheng. 2019. Intensity of sole-source light emitting diodes affects growth, yield, and quality of Brassicaceae microgreens. *HortScience*, 54: 1168–1174.
- Kong, Y., M. Stasiak, M.A. Dixon, and Y. Zheng. 2018. Blue light associated with low phytochrome activity can promote elongation growth as shade-avoidance response: A comparison with red light in

- four bedding plant species. *Environmental and Experimental Botany*, 155: 345–359.
- Kong, Y., K. Schiestel, and Y. Zheng. 2019. Pure blue light effects on growth and morphology are slightly changed by adding low-level UVA or far-red light: A comparison with red light in four microgreen species. *Environmental and Experimental Botany*, 157: 58–68.
- Kopsell, D.A. and C.E. Sams. 2013. Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 138: 31–37.
- Kopsell, D.A., N.I. Pantanizopoulos, C.E. Sams, and D.E. Kopsell. 2012. Shoot tissue pigment levels increase in “Florida Broadleaf” mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. *Scientia Horticulturae*, 140: 96–99.
- Kopsell, D.A., C.E. Sams, T.C. Barickman, and R.C. Morrow. 2014. Sprouting broccoli accumulate higher concentrations of nutritionally important metabolites under narrow-band light-emitting diode lighting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 139: 469 – 477.
- Kopsell, D.A., C.E. Sams, and R.C. Morrow. 2015. Blue wavelengths from led lighting increase nutritionally important metabolites in specialty crops. *HortScience*, 50: 1285–1288.
- Kyriacou, M.C., Y. Roupheal, F. Di Gioia, A. Kyratzis, F. Serio, M. Renna, ... and P. Santamaria. 2016. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science and Technology*, 57A: 103– 115.
- Kyriacou, M.C., S. De Pascale, A. Kyratzis, and Y. Roupheal. 2017. Microgreens as a component of space life support systems: A cornucopia of functional food. *Frontiers in Plant Science*: 8–11.
- Li, Q. and C. Kubota. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1): 59–64.
- Lin, K.H., M.Y. Huang, W.D. Huang, M.H. Hsu, Z.W. Yang, and C.M. Yang. 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. Var. *Capitata*). *Scientia Horticulturae*, 150: 86–91.
- Lobiuc, A., V. Vasilache, M. Oroian, T. Stoleru, M. Burducea, O. Pintilie, and M-M. Zamfirache. 2017. Blue and red LED illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens. *Molecules*, 22: 2111.
- Loedolff, B., J. Brooks, M. Stander, S. Peters, and J. Kossmann. 2017. High light bio-fortification stimulates de novo synthesis of resveratrol in *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket) microgreens. *Functional Foods in Health and Disease*, 7: 859–872.
- Madar, A.K., T. Vargás-Rubóczy, and M.T. Hájos. 2022. Microgreen leaf vegetable production by different wavelengths. *Acta Agraria Debreceniensis*: 79–84.
- Massa, G.D., H.H. Kim, R.M. Wheeler, and C.A. Mitchell. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, 43: 1951–1956.
- Morrow, R.C. 2008. LED lighting in horticulture. *HortScience*, 43(7): 1947–1950.
- Niroula, A., S. Khatri, R. Timilsina, D. Khadka, A. Khadka, and P. Ojha. 2019. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *Journal of Food Science and Technology*, 56: 2758–2763.
- Ohashi-Kaneko, K., M. Tarase, K.O.N. Noya, K. Fujiwara, and K. Kurata. 2007. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. *Environmental Control in Biology*, 45: 189–198.
- Palmitessa, O.D., M. Renna, P. Crupi, A. Lovece, F. Corbo, and P. Santamaria, P. 2020. Yield and quality characteristics of Brassica microgreens as affected by the NH₄: NO₃ molar ratio and strength of the nutrient solution. *Foods*, 9: 677.
- Pennisi, G., S. Blasioli, A. Cellini, L. Maia, A. Crepaldi, I. Braschi, F. Spinelli, S. Nicola, J.A. Fernandez, C. Stanghellini, L.F.M. Marcelis, F. Orsini, and G. Gianquinto. 2019. Unraveling the role of red:Blue LED lights on resource use efficiency and nutritional properties of indoor grown sweet basil. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1–14.

- Pinto, E., A.A. Almeida, A.A. Aguiar, and I.M. Ferreira. 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 38–43.
- Rahmani, F.A., S. Mubarak, M.A. Soleh, and B.M.P. Prawiranegara. 2021. Evaluasi kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau menggunakan cahaya buatan. *Jurnal Kultivasi*, 20: 168–174.
- Rajan, P., R.R. Lada, and M.T. MacDonald. 2019. Advancement in indoor vertical farming for microgreen production. *American Journal of Plant Sciences*, 10: 1397–1408.
- Renna, M., F.D. Gioia, B. Leoni, C. Mininni, and P. Santamaria. 2017. Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. *Journal of Culinary Science Technology*, 15: 126–142.
- Riggio, G.M., Q. Wang, K.E. Kniel, and K.E. Gibson. 2019a. Microgreens-A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. *International Journal of Food Microbiology*, 290: 76–85.
- Riggio, G.M., S.L. Jones, and K.E. Gibson. 2019b. Risk of human pathogen internalization in leafy vegetables during lab-scale hydroponic cultivation. *Horticulturae*, 5: 1–22.
- Sams, C.E., D. Kopsell, and R.C. Morrow. 2016. Light quality impacts on growth, flowering, mineral uptake and petal pigmentation of marigold. *Acta Horticulturae*, 1134: 139–145.
- Samuolienė, G., A. Urbonavičiūtė, A. Brazaitytė, G. Šabajevienė, J. Sakalauskaitė, and P. Duchovskis. 2011. The impact of LED illumination on antioxidant properties of sprouted seeds. *Open Life Sciences*, 6: 68–74.
- Samuolienė, G., A. Brazaitytė, J. Jankauskienė, A. Viršilė, R. Sirtautas, A. Noviškova, ... and P. Duchovskis. 2013. LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Central European Journal of Biology*, 8: 1241–1249.
- Samuolienė, G., A. Viršilė, A. Brazaitytė, J. Jankauskienė, S. Sakalauskienė, V. Vaštakaitė, A. Noviškova, A. Viškelienė, A. Sasnauskas, and P. Duchovskis. 2017. Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. *Food Chemistry*, 228: 50–56.
- Simanavicius, L. and A. Virsile. 2018. The effects of led lighting on nitrates, nitrites and organic acids in tatsoi. *Research for Rural Development*, 2: 95–99.
- Stoleru, T., A. Ionită, and M. Zamfirache. 2016. Microgreens—A new food product with great expectations. *Romanian Journal of Biology*, 61: 7–16.
- Treadwell, D., R. Hochmuth, L. Landrum, and W. Laughlin. 2010. *Microgreens: A New Specialty Crop*. University of Florida IFAS Extension HS1164. Gainesville, FL.
- Turner, E.R., Y. Luo, and R.L. Buchanan. 2020. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of Food Science*, 85: 870–882.
- Vaštakaitė, V., A. Viršilė, A. Brazaitytė, R. Sirtautas, and A. Noviškova. 2015. The effect of blue light dosage on growth and antioxidant properties of microgreens. 34: 25–36.
- Verdaguer, D., M.A.K. Jansen, L. Llorens, L. Morales, and S. Neugart. 2016. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. *Plant Science*, 255: 72–81.
- Verlinden, S. 2020. Microgreens: definitions, product types, and production practices. *Hortic. Rev. (Am. Soc. Hortic. Sci.)* 47: 85–124.
- Wallin, C. 2013. *Growing Microgreens For Profit*. Headstart Publishing, LLC. Anacortes, WA.
- Walters, R.G. 2005. Towards an understanding of photosynthetic acclimation. *Journal of Experimental Botany*, 56: 435–447.
- Wang, H., M. Gui, X. Tian, X. Xin, and J. Li. 2017. Effects of UV-B on vitamin C, phenolics, flavonoids and their related enzyme activities in mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *International Journal of Food Science and Technology*, 52: 827–833.
- Wu, M.C., C.Y. Hou, C.M. Jiang, Y.T. Wang, C.Y. Wang, H.H. Chen, and H.M. Chang. 2007. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, 101: 1753–1758.
- Xiao, Z., G.E. Lester, Y. Luo, and Q. Wang. 2012. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60: 7644–7651.
- Xiao, Z., G.E. Lester, E. Parka, R.A. Saftner, Y. Luo, and Q. Wang. 2015. Evaluation and correlation of sensory attributes and

- chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 140-148.
- Xiao, Z., E.E. Codling, Y. Luo, X. Nou, G.E. Lester, and Q. Wang. 2016. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 49: 87-93.
- Xiao, Z., S.R. Rausch, Y. Luo, J. Sun, L. Yu, Q. Wang, and J.R. Stommel. 2019. Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. *LWT – Food Science and Technology*, 101: 731-737.
- Ying, Q., Y. Kong, C. Jones-Baumgardt, and Y. Zheng. 2020. Responses of yield and appearance quality of four Brassicaceae microgreens to varied blue light proportion in red and blue light-emitting diodes lighting. *Scientia Horticulturae*, 259: 108857.
- Yoshida, H., D. Mizuta, N. Fukuda, S. Hikosaka, and E. Goto. 2016. Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry. *Plant Biotechnology*, 33(4): 267-276.
- Zou, T., C. Huang, P. Wu, L. Ge, and Y. Xu. 2020. Optimization of artificial light for spinach growth in plant factory based on orthogonal test. *Plants*, 9: 1-14.

Yuwariah, Y. · D. N. Putri · D. Ruswandi · F.Y. Wicaksono, D. Esperanza

Karakter agronomi beberapa jagung hibrida Padjadjaran dan hubungannya dengan hasil di dataran medium

Sari Budidaya tanaman jagung dengan menggunakan varietas unggul baru dapat memenuhi kebutuhan jagung, baik sebagai pangan maupun pakan dan industri. Karakter agronomi yang dimiliki oleh varietas unggul menjadi kebutuhan evaluasi perakitan kualitas benih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter agronomi pada jagung hibrida Padjadjaran secara umum maupun masing-masing Jagung Hibrida Padjadjaran yang menentukan hasil. Penelitian ini dilakukan di Sanggar Penelitian, Latihan dan Pengembangan Pertanian (SPLPP) Universitas Padjadjaran di Desa Arjasari, Kecamatan Arjasari, Kabupaten Bandung yang dilakukan sejak 20 Februari hingga 20 Juli 2020. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dan analisis regresi linear berganda dengan 12 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari 12 genotipe jagung hibrida dengan latar belakang genotipe yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 12 jagung hibrida Padjadjaran memiliki karakter tinggi tanaman, bobot tongkol dengan kelobot, serta panjang tongkol yang berbeda. Analisis jagung hibrida Padjadjaran secara umum menunjukkan bobot tongkol tanpa kelobot yang menentukan hasil dengan capaian koefisien determinasi 95% sedangkan bobot tongkol tanpa kelobot dan jumlah biji per baris pada beberapa hibrida sebagai penentu hasil.

Kata kunci: Jagung hibrida · Karakter agronomi · Hasil · Regresi

Agronomic character of several Padjadjaran hybrid maize and its relation to yield in medium land

Abstract. Cultivation of maize by using new superior varieties can fulfill the need of maize both for food and feed as well as industry. Agronomic character possessed by superior varieties is important to evaluate during the program of seed quality assembly. This research aimed to determine which agronomic character corresponded to yield for hybrid maize in general and for each hybrid maize. This research was conducted at Sanggar Penelitian, Latihan dan Pengembangan Pertanian (SPLPP) Universitas Padjadjaran, Arjasari, Bandung Regency from February 20 to July 20, 2020. The experiment used Randomize Experimental Design and Multiple Linear Regression Analysis with 12 treatments and 3 replications. Treatments consisted of 12 genotypes of hybrid maize with different genetic background. The results showed that there was different in character of plant height, cob weight with husk and cob length. In general, Padjadjaran hybrid maize yield were greatly affected by cob weight without husk (coefficient of determination was 95%), while cob weight without husk and number of grain on some hybrids determined the yield.

Keywords: Hybrid maize · Agronomic character · Yield · Regression

Diterima : 14 Oktober 2021, Disetujui : 2 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.34955>

Yuwariah, Y.¹ · D. N. Putri² · D. Ruswandi¹ · F.Y. Wicaksono¹ · D. Esperanza³

¹ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

² Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

³ Departemen Ekonomi Pertanian dan Ilmu Sosial, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Korespondensi: yuyun.yuwariah@unpad.ac.id

Pendahuluan

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas terpenting selain padi dan gandum. Komoditas jagung mempunyai fungsi multiguna yang biasa disebut 4F, yaitu bahan pakan (*feed*), pangan (*food*), bahan baku industri (*fiber*), dan bahan bakar (*fuel*) (Panikkai *et al.*, 2017). Tantangan budidaya jagung di masa mendatang yakni dengan terpenuhinya kebutuhan jagung sebagai bahan baku pakan, bahan baku pangan, dan energi (Zakaria, 2016).

Peranan strategis jagung sebagai pakan ternak maupun pangan telah mendorong konsumsi jagung domestik lebih cepat dibandingkan dengan produksinya. Kementerian Pertanian (2018) mengungkapkan bahwa kebutuhan jagung tahun 2018 untuk industri mencapai 30 juta ton, sehingga produksi nasional jagung ditargetkan oleh pemerintah sebesar 32 juta ton yang akhirnya Indonesia harus berupaya setiap tahunnya untuk meningkatkan produksi jagung guna memenuhi perkembangan pengolahan industri jagung.

Peluang swasembada jagung masih sangat besar dengan melakukan beberapa usaha, seperti perluasan areal pertanaman, peningkatan produktivitas menggunakan varietas unggul baru, penerapan teknologi budidaya inovatif dengan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), pengendalian serangan organisme pengganggu tanaman, serta penanganan pascapanen. Pemanfaatan varietas unggul yang didukung oleh peningkatan mutu benih menjadi salah satu strategi yang efisien sehingga dapat memenuhi kebutuhan jagung setiap tahunnya. Peningkatan produktivitas jagung melalui penggunaan varietas unggul dapat dilakukan dengan memadukan varietas unggul jagung hibrida dan bersari bebas yang lebih berdaya saing (Erawati *et al.*, 2013). Banziger *et al.* (2004) mengemukakan bahwa varietas unggul baru jagung hibrida diperoleh melalui program pemuliaan tanaman yang berkelanjutan. Upaya tersebut juga didukung oleh kebijakan Kementerian Pertanian 2014 dalam budidaya tanaman jagung dengan target penanaman jagung hibrida mencapai 75% (Sutardjo *et al.*, 2012).

Lahan pertanian di daratan medium Arjasari, Kabupaten Bandung, merupakan lahan kering. Lahan kering meliputi lahan pertanian

dengan masa pertanaman 1 – 179 hari serta tidak memiliki fasilitas pengairan (Food Agriculture Organization, 2011). Jagung merupakan tanaman dengan kebutuhan air yang sedang (Aqil *et al.*, 2007), sehingga varietas unggul yang tahan rebah pada tanaman jagung hibrida Padjadjaran dapat tetap tumbuh di areal pertanaman Arjasari.

Tim pengembangan jagung dari Laboratorium Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih Universitas Padjadjaran sudah memiliki lebih dari 350 genotipe jagung dengan berbagai keunggulan spesifik, diantaranya mempunyai daya hasil yang tinggi, kandungan protein tinggi, resisten bulai, hama gudang, toleran kekeringan, serta resisten hawar daun. Dari 350 genotipe jagung hibrida, terseleksi 12 hibrida Padjadjaran yang dalam penelitian ini akan dilihat penampilan karakter agronominya dan bagaimana hubungan dengan hasil dari masing-masing hibrida.

Masing-masing genotip dari tetua yang berbeda akan dilihat berdasarkan penampilan agronomi serta bagaimana hubungannya terhadap hasil, sehingga dapat dihasilkan model genotip yang terbaik yang selanjutnya menjadi bahan rekayasa produksi tanaman. Karakter agronomi erat kaitannya dengan hasil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Azizah *et al.* (2017), bahwa identifikasi karakter agronomi dapat menjadi acuan dalam memilih hibrida dengan hasil yang tinggi.

Perbedaan genotip akan menghasilkan tanaman dengan komponen pertumbuhan dan hasil yang berbeda. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suwarno *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa genotip berpengaruh nyata terhadap karakter panjang daun bendera dan tinggi tanaman padi. Pertumbuhan tanaman jagung hibrida Padjadjaran berdaun lebih banyak menyebabkan adanya penangkapan energi matahari lebih besar yang akan memacu proses fotosintesis yang lebih pesat pada kondisi ILD (Indeks Luas Daun) optimum 3,3 sampai 4,0 (Stoskopf, 1981).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk membandingkan beberapa keragaan agronomi dari 12 jagung hibrida Padjadjaran pada masing-masing galur hibrida dan selanjutnya akan dihasilkan karakter agronomi apa saja yang paling berpengaruh terhadap hasil pada masing-masing hibrida.

Bahan dan Metode

Penelitian menggunakan metode eksperimen. Percobaan dilaksanakan di Sanggar Penelitian, Latihan, dan Pengembangan Pertanian (SPLPP) Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Unit Arjasari, Kecamatan Arjasari, Kabupaten Bandung, dengan ketinggian tempat ± 700 meter di atas permukaan laut. Percobaan dilaksanakan dari bulan Februari hingga Juli 2020. Lahan di Arjasari memiliki kemiringan lahan $>15\%$, pH tanah 4,5-5,5 serta bertekstur lempung. Curah hujan pada lahan percobaan dari bulan Februari – Juli 2020 berkisar antara 216,1 – 273 mm per bulan. Suhu rata-rata di SPLPP Arjasari berkisar antara 25 – 32 °C.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari benih jagung elit Padjadjaran sebanyak 12 genotipe, yang terdiri dari hibrida dan tetuanya, fungisida Propineb 70%, insektisida Sipermetrin 50 g/L, pupuk NPK majemuk 15-15-15, urea, serta herbisida isopropil amina glifosat 486 g/L dan parakuat diklorida 276 g/L. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, penggaris, jangka sorong, gunting/pisau *cutter*, label, plastik *zipper*, bambu sebagai patok di lahan penelitian, timbangan analitik, dan karung jaring.

Rancangan percobaan dalam penelitian yang dilakukan berupa Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 12 perlakuan genotipe hibrida jagung Padjadjaran dengan tiga kali ulangan (Tabel 1). Data hasil pengamatan akan dianalisis menggunakan SPSS versi 22 dengan uji F pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan pengaruh rata-rata perlakuan. Apabila hasil uji F menandakan adanya perbedaan yang nyata, maka pengujian dilanjutkan dengan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terbaik. Rancangan analisis lain pada penelitian ini yakni analisis regresi linear berganda Metode Curve Fit. Pengamatan dilakukan pada tinggi tanaman 12 minggu setelah tanam (MST), indeks luas daun (ILD) 12 MST, diameter batang 12 MST, bobot tongkol dengan dan tanpa kelobot, diameter tongkol, panjang tongkol, jumlah baris biji per tongkol, jumlah biji per baris, bobot 100 biji, dan bobot pipilan per petak.

Tabel 1. Perlakuan dengan latar belakang genetik

Notasi	Kode Hibrida	Latar Belakang Genetik
A	JH1	DR4 x MDR 7.2.3
B	JH2	DR 4 x MDR 16.6.4
C	JH3	DR 6 x DR 7
D	JH4	DR 7 x DR 8
E	JH5	DR 8 x DR 9
F	JH6	MDR 7.4.1 x MDR 1.1.3
G	JH7	MDR 18.8.1 x MRD 7.1.9
H	JH8	MDR 15.3.3.2 x MDR 18.5.13
I	JH9	MDR 18.8.1 x MDR 7.1.9
J	JH10	MDR 153.3.2 x MDR 18.8.1
K	JH11	BR 154 x MDR 18.8.1
L	JH12	BR 154 x MDR 153.3.2

Keterangan: DR adalah Downey Resistance, MDR adalah Mutan DR.

Plot percobaan dibuat dengan ukuran 3,5 x 3,5 m, sementara jarak antar plotnya adalah 75 cm. Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm. Setiap lubang tanam diisi dengan 2 benih. Pemupukan pertama dilakukan pada umur 10 HST dengan pupuk NPK 15-15-15 dengan dosis 50 g/tanaman, sedangkan pemupukan kedua pada umur 25 HST menggunakan pupuk NPK 15-15-15 dengan dosis 50 g/tanaman ditambah pupuk urea 150 g/tanaman. Pemupukan dilakukan dengan cara membenamkan pupuk diantara lubang tanam. Pembumbunan dilakukan bersamaan dengan pemupukan kedua. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik tongkol jagung ketika tongkol jagung sudah matang dengan ciri- ciri 95% daun menguning, kelobot berwarna kekuningan, dan rambut tongkol berwarna coklat, yaitu pada saat jagung telah berusia ± 118 HST.

Hasil dan Pembahasan

Komponen Pertumbuhan. Penampilan pertumbuhan beberapa jagung hibrida Padjadjaran memberikan perbedaan pada tinggi tanaman, namun menunjukkan penampilan yang sama pada karakter indeks luas daun serta diameter batang (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan penampilan pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh kultivar.

Tabel 2. Komponen pertumbuhan jagung hibrida

Hibrida	Tinggi Tanaman (cm)	ILD	Diameter Batang (cm)
JH1	173,89 bc	5,81 a	1,45 a
JH2	177,56 a	5,91 a	1,49 a
JH3	172,00 cde	5,40 a	1,45 a
JH4	173,90 bc	5,51 a	1,34 a
JH5	171,00 ef	5,63 a	1,53 a
JH6	166,67 g	5,41 a	1,49 a
JH7	170,11 ef	5,55 a	1,38 a
JH8	164,45 h	5,44 a	1,42 a
JH9	177,89 a	5,81 a	1,40 a
JH10	175,55 b	5,16 a	1,43 a
JH11	174,33 bc	5,24 a	1,46 a
JH12	169,78 f	5,19 a	1,45 a

Keterangan: huruf yang sama yang menyertai nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Hibrida JH2 dan JH9 lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, dengan demikian JH2 dan JH9 menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman yang beragam sehingga dapat diartikan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman pada tanaman jagung hibrida dipengaruhi oleh faktor genetik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Warbaal *et al.* (2015), bahwa perbedaan tinggi tanaman antar varietas dapat disebabkan oleh kemampuan genetik dari setiap varietas dan faktor lingkungan setempat. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ichwan (2007) menyatakan bahwa pengamatan ILD pada tanaman jagung yang dilaksanakan pada fase vegetatif akhir menyebabkan ILD yang relatif seragam. Hal yang sama terjadi pada diameter batang 12 genotip jagung hibrida yang menunjukkan tidak berbeda nyata.

Komponen Hasil. Karakter bobot tongkol dengan kelobot memberikan hasil yang lebih tinggi pada perlakuan JH1, JH10 serta JH12 dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 3). Hal ini diduga karena perlakuan varietas hibrida jagung Padjadjaran mampu meningkatkan bobot tongkol dengan kelobot dalam keadaan pengisian biji yang optimal. JH10 memiliki bobot tongkol yang paling tinggi, yakni sebesar 185,55 g, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya kecuali dengan JH1, JH4, dan JH8, yakni sebesar 171,67 g, 127,11 g, 185,55 g. Menurut Siswati *et al.* (2015) hasil karakter bobot tongkol tanpa kelobot dapat menunjukkan kuantitas pembentukan biji pada

masing-masing galur tetua betina paling baik jika yang disilangkan dengan tetua jantan. Hal ini berarti perlakuan JH10 menunjukkan persilangan yang terjadi antara MDR 18.8.1 dengan MDR 8.5.3 memiliki tingkat kompatibilitas yang baik.

Karakter agronomi diameter tongkol tidak berbeda nyata pada JH1 sampai dengan JH12, dengan demikian jagung hibrida Padjadjaran memiliki karakter agronomi diameter tongkol yang seragam. Hal ini menunjukkan jagung hibrida Padjadjaran dengan latar belakang genotip DR serta MDR memiliki ukuran diameter tongkol pada masing-masing hibrida yang hampir sama, yaitu sekitar 2-3 cm.

Karakter agronomi panjang tongkol secara umum sama, kecuali JH10 yang berbeda nyata dengan perlakuan JH3, JH8, JH9 (Tabel 3). Ruswandi *et al.* (2017) menyatakan bahwa panjang tongkol berkaitan erat dengan rendeman hasil varietas, jika rata-rata panjang tongkol lebih panjang dibandingkan varietas lain, varietas tersebut memiliki peluang hasil yang lebih tinggi dibandingkan varietas lain. Hal ini sejalan dengan ukuran panjang tongkol yang lebih panjang pada JH10 dengan bobot 100 biji JH10 yang lebih berat dibandingkan perlakuan lainnya yakni sebesar 19,33 cm serta 31,22 g.

Karakter agronomi jumlah biji terbagi menjadi dua komponen yakni jumlah baris biji per tongkol serta jumlah biji per baris. Rata-rata jumlah baris biji per tongkol berkisar antara 12,45 - 14,44 sedangkan untuk jumlah biji per baris berkisar antara 31,56 - 37,22. Jumin (2005) dalam Dini *et al.* (2018) menyatakan bahwa perkembangan jumlah biji tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti varietas tanaman, ketersediaan unsur hara dan lingkungan seperti cahaya matahari dan kelembaban udara.

Karakter agronomi bobot 100 biji menunjukkan hasil yang secara umum sama, kecuali perlakuan JH10 dan JH10 yang memiliki berat yang sama namun berbeda nyata dengan JH3 serta JH8 (25,33 g serta 24,22 g). Karakter agronomi bobot 100 biji merupakan parameter yang menunjukkan besar endosperm pada biji. Menurut Kusnadi (2000) endosperm adalah bagian terbesar dari biji yang merupakan tempat menyimpan cadangan makanan.

Karakter agronomi bobot pipilan kering per tanaman pada beberapa jagung hibrida Padjadjaran menunjukkan hasil secara umum

yang sama. Rata-rata hasil bobot pipilan kering perlakuan JH1 – JH12 mempunyai rentang 97,11 – 143,33 g. Rahni (2012) mengemukakan bahwa peningkatan bobot kering biji berkaitan dengan besarnya translokasi fotosintat ke dalam biji dan semakin baiknya sistem perakaran tanaman untuk mengabsorpsi unsur hara dari dalam tanah. Karakter agronomi bobot pipilan kering per petak secara umum sama, namun pada JH1 berbeda nyata dengan JH4 dan JH8 (6.215 g dan

6.378 g). Hal ini menandakan JH10 memiliki pertumbuhan yang baik, sementara hibrida yang memiliki pertumbuhan yang baik dapat meningkatkan hasil. Hal ini sejalan dengan pernyataan Atman (2015) bahwa tanaman yang pertumbuhan vegetatifnya baik akan mempunyai berat segar yang tinggi diikuti oleh kandungan air yang rendah, maka akan diperoleh berat kering yang tinggi.

Tabel 3. Komponen hasil tanaman jagung hibrida

Perla- kuan	Bobot tongkol dan kelobot (g)	Bobot tongkol tanpa kelobot (g)	Diameter tongkol (cm)	Panjang tongkol (cm)	Jumlah baris biji/ tongkol	Jumlah biji/baris	Bobot 100 biji (g)	Bobot pipilan kering/ tanaman (g)
JH1	200,55 a	171,67 b	2,63 a	18,56 ab	12,45 a	31,56 a	28,78 abc	143,33 a
JH2	184,89 b	163,33 ab	2,84 a	16,78 c	12,66 a	31,67 a	31,00 bc	122,78 ab
JH3	159,77 cd	136,78 ab	2,64 a	16,29 c	12,89 a	32,89 a	25,33 ab	112,67 ab
JH4	154,67 d	127,11 b	2,60 a	16,33 c	13,11 a	33,44 a	25,78 abc	97,11 b
JH5	187,56 b	159,77 ab	2,84 a	17,06 bc	13,11 a	33,56 a	28,56 abc	122,22 ab
JH6	168,44 c	143,56 ab	2,64 a	17,56 abc	13,56 a	34,11 a	25,34 ab	103,66 ab
JH7	179,89 b	155,11 ab	2,71 a	17,52 abc	13,56 a	34,22 a	27,33 abc	119,33 ab
JH8	153,44 d	127,67 b	2,63 a	16,44 c	13,56 a	34,33 a	24,22 c	99,67 ab
JH9	161,55 cd	139,11 ab	2,57 a	16,89 c	13,78 a	34,92 a	25,89 abc	107,11 ab
JH10	206,33 a	185,55 a	2,88 a	18,78 a	13,78 a	35,33 a	31,22 a	140,11 ab
JH11	168,12 c	140,78 ab	2,64 a	17,96 abc	14,11 a	35,45 a	29,22 abc	113,56 ab
JH12	198,39 a	173,33 ab	3,04 a	17,44 abc	14,44 a	37,22 a	31,44 a	139,43 ab

Keterangan: huruf yang sama yang menyertai nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 4. Model regresi karakter agronomi-hasil

Persamaan Regresi	Koefisien determinasi
$Y_{JH} = -3,408 + 0,01X_1 - 0,004X_2 - 0,013X_3 + 0,802X_4^* - 0,036X_5 - 0,095X_6 - 0,005X_7 + 0,033X_8$	95%
$Y_{JH1} = -5,116 + 0,64X_1 - 0,137X_2 - 0,006X_3 + 0,836X_4^* - 0,100X_5 - 0,500X_6 - 0,085X_7 + 0,024X_8$	80,6%
$Y_{JH2} = 334,162 - 0,115X_1 + 0,273X_2 - 0,381X_3 - 0,441X_4 + 0,67X_5 + 0,308X_6 + 0,302X_7 - 6,400X_8^*$	52,5%
$Y_{JH3} = -454,679 - 0,113X_1 - 0,007X_2 + 0,289X_3 + 0,222X_4 + 0,214X_5 + 0,242X_6 + 0,048X_7 + 16,81X_8^*$	94,1%
$Y_{JH4} = -146,107 + 0,89X_1 - 0,173X_2 - 0,427X_3 + 0,071X_4 - 0,166X_5 + 15,219X_6^* - 0,046X_7 - 0,017X_8$	77,6%
$Y_{JH5} = -313,972 - 0,158X_1 + 0,196X_2 + 0,021X_3 - 0,097X_4 + 0,087X_5 + 24,624X_6^* - 0,304X_7 - 0,283X_8$	48,4%
$Y_{JH6} = -382,939 - 0,063X_1 - 0,078X_2 + 0,112X_3 + 0,185X_4 + 0,214X_5 + 7,680X_6^* - 0,052X_7 + 16,861X_8^*$	93%
$Y_{JH7} = -327,549 + 0,217X_1 + 0,043X_2 + 0,298X_3 + 0,448X_4 + 0,296X_5 + 25,383X_6^* + 0,163X_7 - 0,191X_8$	56,8%
$Y_{JH8} = -215,457 + 2,004X_1^* + 0,267X_2 + 0,003X_3 - 0,299X_4 - 0,291X_5 + 0,008X_6 - 0,1X_7 - 0,155X_8$	65%
$Y_{JH9} = -442,495 - 0,081X_1 + 21,916X_2^* + 0,296X_3 - 0,825X_4 - 0,103X_5 + 25,200X_6^* - 0,024X_7 - 0,009X_8$	73,4%
$Y_{JH10} = -171,568 - 0,492X_1 + 0,132X_2 - 0,382X_3 - 0,825X_4 - 0,182X_5 + 16,236X_6^* - 0,111 - 0,034X_8$	46,3%
$Y_{JH11} = 286,153 - 0,358X_1 + -0,471X_2 - 0,924X_3^* - 0,004X_4 - 0,277X_5 + 0,295X_6^* - 0,001X_7 - 0,129X_8$	49,5%
$Y_{JH12} = -214,909 - 0,342X_1 - 0,153X_2 - 0,211X_3 - 0,058X_4 - 0,036X_5 + 20,379X_6^* - 0,020X_7 - 0,170X_8$	52,8%

Keterangan: X_1 adalah tinggi tanaman, X_2 adalah indeks luas daun, X_3 adalah bobot tongkol dengan kelobot, X_4 adalah bobot tongkol tanpa kelobot, X_5 adalah diameter tongkol, X_6 adalah panjang tongkol, X_7 adalah jumlah baris biji per tongkol, X_8 adalah jumlah biji per baris, Y adalah hasil, * adalah karakter agronomi yang paling mempengaruhi hasil.

Model Karakter Agronomi-Hasil. Hasil analisis data yang telah dilakukan dengan menggunakan analisis permodelan regresi linear berganda berdasarkan Metode Curve Fit (Motulsky and Christopoulos, 2003). Model regresi terpilih yang dihasilkan oleh kedua belas genotip jagung hibrida menunjukkan adanya karakter agronomi yang berpengaruh nyata terhadap hasil. Pada model regresi ini dapat menjelaskan keragaman data yang berdasarkan nilai Regresi Signifikansi dan Koefisien Signifikansi $<0,05$ serta persentase koefisien determinasi (R^2). Koefisien determinasi yang berada pada nilai $> 80\%$ dikatakan memiliki hubungan yang kuat antar variabel (Fatoni *et al.*, 2012). Persamaan regresi yang menunjukkan karakter agronomi yang paling menentukan hasil baik secara umum maupun dari masing masing jagung hibrida Padjadjaran dapat dilihat pada Tabel 4.

Potensi tanaman ditentukan oleh produksi atau hasil yang diperoleh. Jagung hibrida Padjadjaran secara umum serta JH1 dan JH3 memiliki nilai koefisien determinasi $> 80\%$ yang dipengaruhi oleh komponen hasil yang berkaitan dengan tongkol, baik bobot tongkol tanpa kelobot ataupun jumlah biji. Hubungan antara karakter komponen hasil dengan hasil menunjukkan korelasi positif nyata. Hal ini menunjukkan bahwa penampilan tongkol yang baik pada masing-masing jagung hibrida akan berpengaruh terhadap peningkatan hasil. Maintang dan Nurdin (2013) menyatakan bahwa semakin berat bobot tongkol jagung hibrida semakin tinggi pula hasil biji. Hal yang bisa dikembangkan dari penampilan karakter agronomi, yakni pemilihan varietas hibrida sebagai varietas unggul pada dataran tinggi, dapat disesuaikan dengan kebutuhan tujuan penggunaan hasil panen.

Arjasari merupakan lokasi tanam yang berada pada dataran tinggi sehingga pemilihan varietas jagung hibrida dengan latar belakang genetik DR dengan MDR yang memiliki keragaan tanaman tinggi dan umur panen singkat dapat ditanam di lahan tersebut. Balitsereal (2010) mengemukakan bahwa ukuran biji jagung yang akan ditanam berkaitan dengan tujuan produksinya. Produksi jagung yang ditujukan untuk konsumsi manusia menggunakan varietas dengan bulir jagung yang besar, sedangkan jagung untuk pakan ternak dapat dipilih ukuran yang lebih kecil. Zulaiha *et al.* (2012) menyatakan tongkol yang

panjang akan memiliki jumlah biji dan asimilat yang lebih banyak sehingga berpengaruh terhadap bobot hasil tanaman.

Hasil hibrida JH8 serta JH9 paling dipengaruhi oleh komponen pertumbuhan, yakni tinggi tanaman atau ILD (Tabel 4). Komponen pertumbuhan berpengaruh terhadap hasil, namun komponen pertumbuhan tinggi tanaman jagung hibrida Padjadjaran tidak menghasilkan perkiraan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain, tinggi tanaman JH8 sebesar 164,45 cm yang terpendek dibandingkan dengan perlakuan lainnya menghasilkan perkiraan hasil hanya 5,69 ton/ha. Hal ini menandakan JH8 memiliki tinggi tanaman yang belum optimal dan harus ditingkatkan agar dapat meningkatkan hasil. Hal ini selaras dengan pernyataan Soehendi dan Syahri (2013) bahwa tinggi tanaman sebagai salah satu komponen pertumbuhan dapat dijadikan parameter adaptasi suatu varietas jagung terhadap lingkungan tumbuh. Sifat tanaman yang lebih tinggi dapat meningkatkan suplai bahan kering ke daun, batang, dan biji sehingga memicu pertumbuhan dan biomassa tanaman.

Nilai ILD hibrida JH9 yakni sebesar 5,81 memberikan perkiraan hasil 6,21 ton/ha, sekalipun ILD cukup tinggi namun belum memberikan hasil yang sepadan tinggi seperti pada hibrida lainnya. Tampaknya dalam hal ini ada kemungkinan hasil masih dapat ditingkatkan apabila ILD pada hibrida JH9 diturunkan mendekati ILD optimum. Irwan dan Nurmala (2018) menyatakan indeks luas daun yang optimal untuk tanaman budidaya berkisar dari nilai 3 hingga 5. Yuliana *et al.* (2013) menyatakan bahwa tanaman jagung dapat mencapai produktivitas secara optimal pada ILD yang mendekati 5 dan ditanam secara monokultur.

Jagung hibrida Padjadjaran yang dihasilkan dari galur-galur DR serta MDR merupakan tetua yang berbeda dari masing-masing hibrida dapat menentukan karakter yang berpengaruh nyata dan positif terhadap hasil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kasim *et al.* (2003) bahwa persilangan dengan latar belakang genetik yang berbeda akan menghasilkan segregan baru yang memiliki karakter kedua tetuanya. Selain akan muncul sifat baru yang baik untuk tanaman, penanaman jagung hibrida juga berpengaruh positif terhadap komponen hasil. Yuwariah *et al.* (2017) menyatakan bahwa penanaman benih

hibrida merupakan salah satu langkah untuk meningkatkan hasil tanaman dari segi produktivitas serta memiliki daya tumbuh yang baik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakter agronomi dari 12 jagung hibrida Padjajaran menunjukkan beberapa penampilan karakter yang berbeda pada komponen pertumbuhan, yakni tinggi tanaman, serta komponen hasil, yakni bobot tongkol dengan kelobot serta panjang tongkol.
2. Karakter agronomi yang paling menentukan hasil pada kedua belas jagung hibrida Padjajaran secara umum berkaitan dengan tongkol, yakni bobot tongkol tanpa kelobot dengan koefisien determinasi sebesar 95%, sedangkan pada hibrida JH1 dan JH3 memiliki keamatan paling kuat pada karakter bobot tongkol tanpa kelobot serta jumlah biji per baris yang menentukan hasil dengan koefisien determinasi masing-masing sebesar 80,6% serta 94,1%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kemeristek Dikti atas bantuan pendanaan melalui Prof. Ir. Dedi Ruswandi, M.Sc., Ph.D dan tim.

Daftar Pustaka

- Atman. 2015. Produksi Jagung: Strategi Meningkatkan Produksi Jagung. Yogyakarta: Plantaxia.
- Aqil, M., I.U. Firmansyah, dan M. Akil. 2007. Pengelolaan air tanaman jagung. Balai Tanaman Serealia, Maros. <http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/ind//bjagung/duatujuh.pdf>
- Azizah, E., A. Setyawan, Y. Yuwariah, & D. Ruswandi. 2017. Identifikasi morfologi dan agronomi jagung hibrida Unpad pada tumpangsari dengan padi hitam di dataran tinggi Arjasari Jawa Barat. *Kultivasi*, 16(1).
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2010. Analisis Produktivitas Jagung sebagai Upaya Swasembada Pangan. Karawang: Kementerian Pertanian.
- Bänziger, M., P. S. Setimela, D. Hodson, & B. Vivek. 2004. Breeding for improved drought tolerance in maize adapted to southern Africa. In *New directions for a diverse planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*.
- Dini, A. Z., Y. Yuwariah, F. Y. Wicaksono, & D. Ruswandi. (2018). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Pola Tanam Tumpangsari dengan Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) di Arjasari Kabupaten Bandung. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 3(2), 113-120.
- Erawati, B. T. R., N. Herawati, & E. Widiastuti. 2013. Peran PTT Jagung dalam Peningkatan Produksi dan Finansial: Kasus di Desa Donggobolo Kecamatan Woha Kabupaten Bima NTB. In *Seminar Nasional Serealia. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros*.
- Fatoni, F., & L. Lusiana (2012). Sistem Otomasi Perpustakaan Universitas Bina Darma Menggunakan Model Human Organization Technology. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 95-106.
- Febriani, Y., Ruswandi, S., Rachmady, M., & Ruswandi, D. (2008). Keragaman galur-galur murni elite baru jagung Unpad di Jatinangor-Indonesia. *Zuriat*, 19(1).
- Food Agricultural Organization. (2011). Terminal evaluation of the UNEP/FAO/GEF project "Land Degradation Assessment in Drylands (LADA)". United Nation Environment Programme.
- Ichwan, B. (2007). Pengaruh Efek Mikroorganisme-4 (EM-4) dan Kompos terhadap Pertumbuhan Jagung Manis (*Zea mays saccharata*) pada tanah Entisol. *J. Agron*, 11(2), 32.
- Irwani, A.W. dan T. Nurmala. 2018. Pengaruh pupuk hayati majemuk dan pupuk fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di inceptisol Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*, 17(3): 750-759.
- Kasim, F., M. B. Pabendon, M. Azrai, M. Dahlan, A. T. Makkulawu, R. N. Iriany, Sutrisno, M. Herman, D. Ruswandi dan N. Wicaksana. 2003. Marker assisted selection for downy mildew resistance and diversity study of Indonesia lines. *AMBIONET -Indonesia Semi Annual Progress Report : Apr-Sept 2003*.

- AMBIONET Meeting. 3-6 Nov 2003. Chiang Mai Thailand.
- Kementerian Pertanian. 2018. Luas Lahan dan Produktivitas Tanaman Jagung Indonesia (1993-2018). Kementerian Pertanian - Direktorat Jenderal Horti.
- Kusnadi, M.H. 2000. Kamus Istilah Pertanian. Penerbit : Kanisius. Yogyakarta.
- Maintang dan M. Nurdin. 2013. Pengaruh waktu penyerbukan terhadap keberhasilan pembuahan jagung pada populasi SATP-2 (S2)C6. *Jurnal Agribisnis Kepulauan*, 2(2): 94 – 108.
- Motulsky, H.J. and Christopoulos, A., 2003. Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression. a Practical Guide to Curve Fitting. GraphPad Software, Inc., San Diego CA.
- Panikkai, S., R. Nurmalina., S. Mulatsih, & Purwati, H. 2017. Analisis Ketersediaan Jagung Nasional Menuju Swasembada dengan Pendekatan Model Dinamik.
- Rahni, N.M. 2012. Efek Fitohormon PGPR Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah* Vol.3 No. 2 Juni 2012. 27- 35p.
- Ruswandi, D., Suryadi, E., Marta, H., Makkulawu, A. T., Azrai, M., Nuraini, A., Sudarjat, Poppy, N. M., Hapsari, H., Mansyur, Rostini, N., Yuwariah, Y. 2017. Perakitan Hibrida Jagung Padjadjaran. Bandung. Unpad Press. ISBN 978-602-439-234-5.
- Siswati, A., N. Basuki., & A. N. Sugiharto. (2015). Karakterisasi Beberapa Galur Inbrida Jagung Pakan (*Zea mays* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(1).
- Soehendi, R. dan Syahri. 2013. Potensi Pengembangan Jagung di Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 2 (1): 81-92.
- Stoskopf, N.C. 1981. Understanding crop Production. Respon Publishing. Company. Inc. Reston. Virginia A Prentile - Hall Company. 433 p.
- Sutardjo, S, & W. Newfetri. 2012. Optimasi Produksi Empat Varietas Jagung Hibrida di Kertosono Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 14(1):74-80.
- Suwarno, P. M., D. Wirnas, & A. Junaedi. 2016. Kendali genetik toleransi kekeringan pada padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(2), 119-125.
- Warbaal, A., J. Renwarin, N. L. Mawikere, & A. Y. Mustamu. (2019). Daya hasil beberapa varietas Kedelai unggul nasional di Distrik Manokwari Barat dan Sidey Provinsi Papua Barat. *Cassowary*, 2(2), 106-113.
- Yuliana, A.I., T. Sumarni, dan S. Fajriani. 2013. Upaya peningkatan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) dengan pemupukan bokashi dan *Crotalaria juncea* L. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1): 36-46.
- Yuwariah, Y., D. Ruswandi, dan A.W. Irwan. 2017. Pengaruh pola tanam tumpangsari jagung dan kedelai terhadap pertumbuhan dan hasil jagung hibrida dan evaluasi tumpangsari di Arjasari Kabupaten Bandung. *Jurnal Kultivasi*, 16(3): 514 – 521.
- Zakaria, A. K. 2016. Kebijakan Antisipatif dan Strategi Penggalangan Petani Menuju Swasembada Jagung Nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 9(3), 261-274.
- Zulaiha, S., Suprpto, dan D. Apriyanto. 2012. Waktu panen yang tepat menentukan kandungan gula biji jagung manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 1(1):15-28.

Fauziah, A.A. · N. Setiari · E. Saptiningsih

Analysis effect of shade level on the physiological and anatomical characteristics of hybrid *Phalaenopsis* orchid at the acclimatization stage

Abstract. Production of hybrid *Phalaenopsis* seedlings is generally applied by *in vitro* culture techniques. The final stage of *in vitro* culture is acclimatization. The acclimatization stage is crucial because the plantlets must adapt to the *ex-vitro* environment. Shade supports plantlet growth during the early stages of acclimatization. This study aims to determine the effect of shade level on the physiological and anatomical characteristics of the *Phalaenopsis* hybrid orchid at the acclimatization stage. The research used *Phalaenopsis* plantlet hybrid and shading level. Plantlets were shaded at 40%, 55%, and 70%. Parameters measured included: photosynthetic pigment content, number and area of leaves, number and length of roots, stomata density, size of stomata and fresh weight. This study used a completely randomized design with one factor and ten replications. Data were analyzed using the ANOVA test and LSD test at a significance level of 5% ($p < 0.05$). The results showed the highest photosynthetic pigment content in the 55% shade, and there was a difference in the size of the stomatal guard cells between *ex vitro* and *in vitro* leaves at 40% shade. Shade level did not affect leaf growth, roots, fresh weight and stomata density. However, it affected photosynthetic pigment content and size of guard cells in the *ex vitro* leaves of *Phalaenopsis* hybrid orchids. The most optimal growth of the *Phalaenopsis* hybrid was at 55% shade.

Keywords: Acclimatization · Ex vitro leaves · Shade

Analisis efek tingkat naungan terhadap karakteristik fisiologis dan anatomis anggrek *Phalaenopsis* hibrid pada tahap aklimatisasi

Sari. Produksi bibit *Phalaenopsis* hibrid umumnya dilakukan dengan teknik kultur *in vitro*. Tahap akhir dari kultur *in vitro* adalah aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan tahap paling penting karena planlet harus beradaptasi di lingkungan *ex vitro*. Naungan menunjang pertumbuhan planlet selama tahap awal aklimatisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat naungan terhadap karakteristik fisiologis dan anatomis anggrek *Phalaenopsis* hibrid pada tahap aklimatisasi. Penelitian menggunakan planlet *Phalaenopsis* hibrid dan tingkat naungan. Planlet diberi paranet 40%, 55%, dan 70%. Parameter yang diukur meliputi: kandungan pigmen fotosintesis, jumlah dan luas daun, jumlah dan panjang akar, densitas stomata, ukuran stomata dan berat segar. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor dan 10 ulangan. Data dianalisis menggunakan Uji ANOVA dan Uji LSD pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan pigmen fotosintesis tertinggi terdapat pada naungan 55% dan terdapat perbedaan ukuran sel penutup stomata antara daun *ex vitro* dan *in vitro* pada naungan 40%. Tingkat naungan tidak mempengaruhi pertumbuhan daun, akar, berat segar serta densitas stomata, namun mempengaruhi kandungan pigmen fotosintesis serta ukuran sel penutup stomata daun *ex vitro* pada anggrek *Phalaenopsis* hibrid. Pertumbuhan *Phalaenopsis* hibrid yang paling optimal berada pada naungan 55%.

Kata kunci: Aklimatisasi · Daun *ex vitro* · Naungan

Diterima : 1 Maret 2022, Disetujui : 11 Juli 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.38554>

Fauziah A.A.¹ · N. Setiari² · E. Saptiningsih³

¹⁾ Alumni of the Biology Study Program, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University

²⁾ Lecturer of the Biology Study Program, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University

³⁾ Lecturer of the Biology Study Program, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University

Korespondensi: nintyasetiari@yahoo.co.uk

Introduction

Orchid plants are ornamental plants from the Orchidaceae family with attractive flower shapes, sizes, and colours. Based on this, orchid plants can provide excellent market prospects, thereby increasing cultivators' interest in producing new hybrid orchids (Yasmin *et al.*, 2018). *Phalaenopsis* hybrids are the result from plant breeding activities, so they have superior characteristics to their parents, including more diverse flower colours, larger sizes and less wilting (Kartana, 2017). In 2018, orchid production in Indonesia increased and ranked fourth in the cut flower production category (Badan Pusat Statistik, 2018). Orchid production applies *in vitro* culture techniques, which are capable to produce large quantities of seed quickly. *In vitro* culture systems can minimize stress on plants, so that plants develop quickly, but these plants have abnormal structures and functions. The application of exogenous sugar can grow plantlets that appear normal, but the photosynthetic apparatus is not active, causing a low waxy coating on the leaves and abnormal stomata function so that plants are unable to control water loss due to evaporation. Because the *ex vitro* environment is not ideal and is not able to support the growth of plants that have various variants of structure and function, improvements need to be induced so that the redistribution of inorganic nutrients from roots and photosynthetic products from leaves can proceed normally to enhance viability (Adiputra, 2012). Shade supports the adaptation of plantlets to an *ex vitro* environment with wild microclimate fluctuations. In addition, shade regulates incoming light's intensity so that the plantlets' temperature and humidity are maintained (Sudartini *et al.*, 2020).

In spermatophyte plants, photosynthetic pigments such as chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids play a role in capturing light, so the amount of photosynthetic pigment content can affect the process of capturing light and photosynthesis. Photosynthesis produces glucose and water for use as plant growth materials. Therefore, the range of photosynthetic pigments is used to determine the physiological characteristics of plants that are influenced by the environment and the ability to adapt to different light intensities (Chen *et al.*, 2011).

Different light intensity affects the anatomical characteristics of a plant, especially stomata.

Stomata opening is influenced by high light intensity, causing stomatal density to increase. Stomata density affects the amount of CO₂ fixed during the photosynthesis process, thus affecting plant metabolic processes (Yuniarachma *et al.*, 2019). Plants at low light intensity have a small number of stomata and large size, causing low stomata density. Plant metabolism is disturbed when there is a lack of light, such as a decrease in the rate of photosynthesis and carbohydrate synthesis (Sihotang, 2017).

Research on shade during the acclimatization stage has been reported, among others, on gaharu (Mulyono, 2014), dragon fruit (Basri *et al.*, 2013), and *Phalaenopsis* sp. (Yasmin *et al.*, 2018). However, there has been no research, especially on *Phalaenopsis* hybrid orchids during the acclimatization stage, so further studies are needed by looking at plantlets' physiological and anatomical characteristics at the shade level.

Materials and Method

Hybrid *Phalaenopsis* was used as research material. The research was conducted in March - June 2021 at the greenhouse located in Sikebrok Hamlet, Beji Village, East Ungaran and the Laboratory of Biological Structure and Plant Function, Department of Biology, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University, Semarang.

In the first step, coconut fibers were washed with running water and soaked with a 2 g L⁻¹ solution of dithane M-45 for 15 minutes. Next, the plantlets were washed with running tap water to remove agar from the roots, soaked with 2 g L⁻¹ solution of dithane M-45 for 15 minutes, and then transplanted into a hollow plastic box (20x10 cm) and placed in shaded containers. There were three treatments: shade 40% (720 lux), 55% (510 lux), 70% (380 lux) and application of control based on cultivators using shade range 50%-80%. Plantlets were watered twice a day in the morning and evening. In addition, plantlets were given 1 g L⁻¹ vitamin B1 and 2 g L⁻¹ of fertilizer once a week using a spray. Research parameters included photosynthetic pigment content, leaf growth (number and area of leaves), root growth (number and length of roots), stomata density and stomata guard cell size.

At the end of the study, three leaves with the same green colour were taken from each

treatment with according color chart to be used as three samples of the chlorophyll test. Then, 0.1 g of the middle leaf was crushed using a mortar and pestle, dissolved with 10 ml of acetone, filtered into a plastic tube, and covered with aluminium foil. The chlorophyll solution was put into a cuvette and analyzed using a UV-VIS spectrophotometer with wavelengths 646, 663, and 470. The pigment content of chlorophyll and carotenoids was calculated based on (Kharkongor and Ramanujam, 2021):

Chlorophyll a = $12.21 (A_{663}) - 2.81 (A_{646})$

Chlorophyll b = $20.13 (A_{646}) - 5.03 (A_{663})$

Total Chlorophyll = Ca + Cb

Carotenoids = $(1000 A_{470} - 3.27 Ca - 104 Cb) / 198$

Pigment Content = $(C \times V) / BS$

Abbreviation:

A663, A646, A470	: Absorbance value at wavelength
Ca	: Chlorophyll a
Cb	: Chlorophyll b
C	: Pigment content in $\mu\text{g.ml}^{-1}$
V	: Volume of solution (ml)
BS	: Fresh weight of sample (g)

The growth of leaves and roots was observed once a month during acclimatization. The length of the leaves and roots was measured using ropes and a ruler. The length of the leaves and roots were averaged at the end of the study.

The density and size of stomatal guard cells were observed at the end of the study. Each shade was taken three types of leaves such as leaf A, leaf B, and leaf C. Leaf A was a small leaf size when *in vitro* and grow large when *ex vitro* (A1, A2, A3), leaf B was the size of a large leaf when *in vitro* and the size of the leaves increased large during *ex vitro* (B1, B2, B3), leaf C was a leaf that grow fully during *ex vitro* (C1, C2, C3). The replica method was used to make stomata preparations (Fauziah *et al.*, 2019). The first stage was the leaf cleaned of dust, then the abaxial part of the leaf was smeared with clear nail polish and dried for 5-10 minutes. The part that has been spread was covered with clear tape and then peeled off. After that, it was glued to the glass object and labelled identity. Stomata density was observed three times for each preparation. As for the size of the stomata, ten stomata were taken for each leaf type to

measure the guard cells. Observations used a Olympus binocular microscope with 10x magnification and optilab advance. Measurements used a raster image application with units of division = 100 micrometres and a field of view of 0.69 mm².

The stomata calculation formula:

The Density of stomata = $\frac{\text{Number of stomata}}{\text{Unit area of field of view}}$

Fresh weight was observed at the beginning and end of the study. At the end of the study, the shoots and roots were separated and then weighed to determine the translocation of photosynthetic results in plantlets.

The study used experimental methods and a one-factor, completely randomized design. Shade levels of 40% (720 lux), 55% (510 lux), and 70% (380 lux) were used as treatments. Each treatment was carried out with ten replications. Data were analyzed using an ANOVA test with a significance level of 5% to determine the effect of shade levels during the acclimatization stage. If there was a significant effect, continue with the LSD test to determine the difference between the three shade levels during the acclimatization stage. The data were analyzed using the SPSS 22.0 application.

Result and Discussion

Photosynthetic Pigment Content. Based on the results of the ANOVA test, the pigment content of chlorophyll a, total chlorophyll, and carotenoids showed a significant effect ($p < 0.05$) (Table 1). The highest chlorophyll a, total chlorophyll, and carotenoid content appeared in the 55% shade and decreased in the 40% and 70% shade. In contrast, the chlorophyll b content (Table. 1) did not show a significant effect ($p > 0.05$) in three levels of shade.

Chlorophyll a, total chlorophyll and carotenoid pigments decreased at 70% shading (Table 1), which was caused by inefficient light capture because plants were not yet adapted. Generally, plants adapted by increasing chlorophyll pigments in low light conditions (Liu *et al.*, 2016). Low shading had a short wavelength of light that could inhibit light capture. Chlorophyll biosynthesis occurred when the chlorophyll pigment absorbs light 628-630 nm

(Fanindi *et al.*, 2010). Research by Fanindi *et al.* (2010) in line with this study, found that *Calopogonium mucunoides* decreased the content of chlorophyll a and total chlorophyll at 40% light intensity.

Chlorophyll a, total chlorophyll and carotenoid pigments also decreased at 40% shading (Table 1), caused by the plantlets which were still too young, so they were susceptible. Increased light exposure could damage the pigment and structure of the thylakoid membrane (Akmalia, 2017), decreased electron transport (Pires *et al.*, 2012), and accelerated the degradation of chlorophyll (Ayu *et al.*, 2016). The loss of Mg in the chlorophyll chain could easily degrade the chlorophyll into its derivative molecules, such as pheophytin (Hermawan *et al.*, 2011). According to Budiyo *et al.* (2008), high light exposure triggered the presence of free radical compounds such as O_2^- produced from photooxidation reactions, causing the leaves, which were initially green, to slowly turn yellow and eventually die. Generally, photoprotection occurred by carotenoid pigments under conditions of high light exposure (Chen *et al.*, 2011), but this was not the case in this study.

The highest pigment content of chlorophyll a, total chlorophyll, and carotenoid appeared at 55% shading (Table 1), caused by plantlets ability to maximize light capture in shaded conditions. The increase in chlorophyll pigment affected light absorption and electron transport used in photosystems I and II (Sirait, 2008). The maximum light capture increased the electron excitation so that the photosynthesis process becomes optimized (Martins *et al.*, 2014). The increase in the rate of photosynthesis affected the photosynthate produced so that it could support growth in the vegetative phase (Tini *et al.*, 2019). Research by Supriyono *et al.* (2017) revealed that in arrowroot, the highest content of chlorophyll a and chlorophyll b pigments occurred at 50% shade. Khusni *et al.* (2018) also reported that red spinach leaves at 50% shade were greenest due to the presence of chlorophyll pigment.

Leaf Growth. The number of leaves and leaf area had no significant effect ($p>0.05$) between the three levels of shade at the end of the study (Figure 2), caused by the *Phalaenopsis* hybrids which were still in a period of slow vegetative growth. (Handini *et al.*, 2016) stated that the *Phalaenopsis* orchid had a long juvenile phase and relatively slow growth. Priyadi and Hendriyani (2016) also reported that *Bulbophyllum*

echinolabium, *Dendrobium fimbriatum*, *Dendrobium spectabile* orchids had slow growth, with an increase of 1-2 leaves per 4 months. In addition, each shade level had a slight difference in temperature and humidity, so it still supports leaf growth. The same thing happened in the research of Sudartini *et al.* (2020) on *Dendrobium* orchids, that shade had no significant effect on the number of leaves because the environment had a very controlled microclimate, which is in a greenhouse under a paranet. Thus, the absorption process can balance the transpiration process.

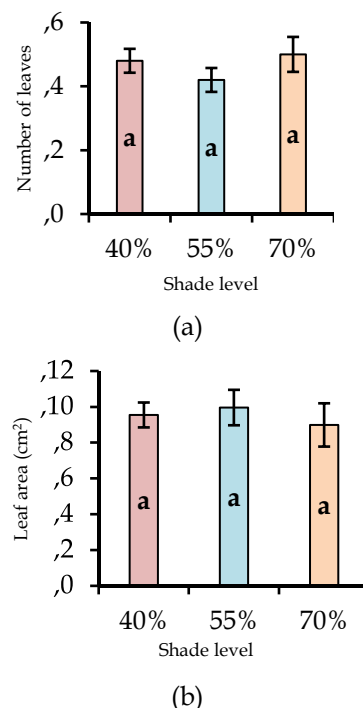


Figure 1. Growth of hybrid *Phalaenopsis* leaves at the end of the study. a). The Number of leaves, and b). Leaf area. The same letter on the histogram shows no significant influence ($p>0.05$) on the ANOVA test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE ($n=5$)

In the trend of leaf number and area, there was an increasing pattern at all shade levels during the acclimatization period. The 55% shading produced the least number of leaves and the widest leaves. The opposite way appeared in the 70% shade (Figure 3). Plants showed different adaptations to each shade level. The highest photosynthetic pigment content appeared at 55% shade, so leaf widening was necessary in order to maximize the light capture in shaded conditions (Mathur *et al.*, 2018). Shao *et al.* (2014) stated that plants must absorb sufficient light for photosynthesis at low light intensity. If light

deficiency appeared, there was an insufficient ATP for carbon fixation and carbohydrate biosynthesis, which resulted in a decreased growth. The same thing happened at 70%, the low light received by the plantlets caused a decrease in the photosynthetic pigment content.

Root Growth. The level of shade had no significant effect ($p>0.05$) on the number of roots in the ANOVA test. However, there was a significant difference ($p<0.05$) in the root length of the 40% shade against the 55% shade and 70% on the LSD test (Fig. 4). The high light intensity caused an inhibited root length growth at 40% shade, which caused an increase in transpiration rate, and the absorption process was not optimal. According to Filipović (2020), the lack of water caused an inhibited root growth because there was no flow of nutrients. Edreira and Otegui (2012) stated that high light intensity with no sufficient water availability caused drought stress so that it has an impact on plant productivity. This study was in line with (Lee *et al.*, 2017), in *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis*, high light intensity inhibited water absorption and root growth. Kircher and Schopfer (2012) also reported that root growth induction depends on the photosynthesis process results. The translocation of sucrose to the roots was the energy for root growth, which did not occur in this study due to a decrease in photosynthetic pigment at 40% shade (Table 1), thus inhibiting sucrose translocation for root growth.

Table 1. The photosynthetic pigment content of hybrid *Phalaenopsis* leaves at the end of the study.

Treatment	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Carote
40%	311.23 ^a	172.18 ^a	483.41 ^a	75.6
55%	422.59 ^b	218.1 ^a	640.6 ^a	99.8
70%	349.97 ^a	185.95 ^a	535.91 ^a	87.8

The same letter showed no significant ($P>0.05$) on the ANOVA test. Different letters showed significant differences ($P<0.05$) in the LSD test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE (n=3)

In the trend of root number and length, there was an increasing pattern at all shade levels during the study. The lowest root number and length occurred in the 40% shade (Figure 4). It was suspected that in high light conditions, there was an

increase in the rate of transpiration and evaporation of water in the media which disrupted the vegetative growth. Conversely, in low light conditions, the medium became moist, and then the roots could develop to store water, but too much water could increase the leaching of nutrients or asphyxiation of root (Filipović, 2020). Pires *et al.* (2012) reported that low light intensity causes an increase in water use efficiency in *Miltonia avescens* and *Miltonia spectabilis* orchids so that the roots could store water for the photosynthesis process. (Dewir *et al.*, 2015) also reported that 30% light intensity resulted in the highest elongation of the main root of *Cattleya* compared to 60% and 90% light intensity. In this study, the lack of light exposure at 55% and 70% shade, so plantlets must maximize the storage by increasing the root growth to optimize the photosynthesis process.

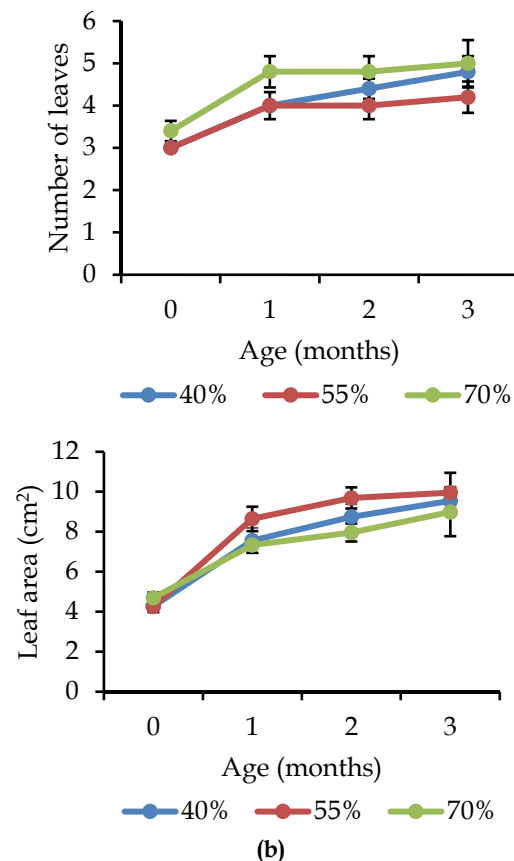


Figure 2. The growth of hybrid *Phalaenopsis* leaves at different shade levels during the study. a). The Number of leaves, and b). Leaf area. The Bar line indicates the mean $\pm$ SE (n=5)

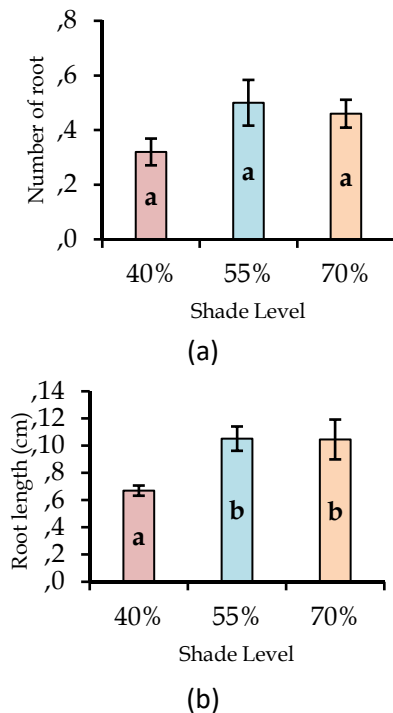


Figure 3. Growth of hybrid *Phalaenopsis* roots at the end of the study. a) Number of roots, and b). Root length. The same letter on the histogram shows no significant influence ($p > 0.05$) on the ANOVA test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE ($n=5$)

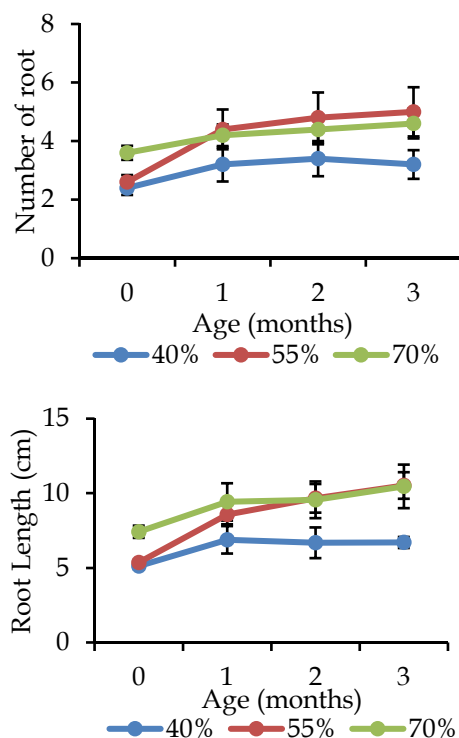


Figure 4. The growth of hybrid *Phalaenopsis* roots at different shade levels during the study. a) Number of roots, and b). Root length. Bar line indicates the mean $\pm$ SE ($n=5$)

Density of Stomata. During acclimatization, there were 3 types of leaf growth (Figure 5). In this study, the level of shade had no significant effect ($p > 0.05$) on the stomatal density of various leaf types (Table 2) which was caused by the plantlets that had not yet been adapted (Table 2). Sihotang (2017) reported that plantlets could adjust to environmental changes by forming stomata. The high light intensity increased the number of stomata. However, in this study, it was assumed that 40% of the shade had not reached high light intensity, so it did not increase the number of stomata. The ambient temperature also affects the stomata density. The ambient temperature in all treatments was almost the same, so the stomatal density was not significantly different. In this study, the maximum temperature at 40% shade is 29°C. Nikmah *et al.* (2017) reported that the temperature was still optimal for *Phalaenopsis* growth, so it was suspected that the CO₂ fixation to 40% shade still supported the photosynthesis process. The stomatal density that was not significantly different was also caused by the shaded and pollutant-free greenhouse environment, so there was no increase or decrease in the stomatal density. Humami *et al.* (2020) reported that the greenhouse environment was surrounded by large trees and it is free of pollution which maintains the microclimate conditions.

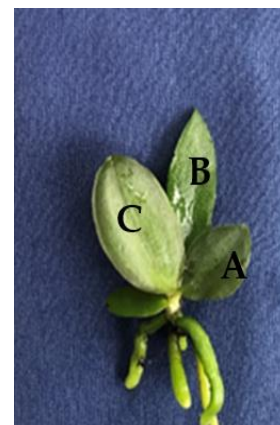


Figure 5. Leaf growth type during the study. a) The leaf that has a small size when *in vitro* and increases in size during *ex vitro*, b). The leaf that is already large *in vitro* and gets bigger during *ex vitro*, and c). The leaf that grows fully during *ex vitro*.

Size of Stomata. The stomata length and the width of leaves A and B at each shade level had no significant differences ($p > 0.05$). However, leaf C at 40% shade was significantly different ($p < 0.05$) against 55% and 70% shade (Table 3), which

suggests that the stomata on leaves A and B have not functioned optimally. According to Garvita and Wawangningrum (2020), the stomata of leaves *in vitro* were less functional, and the guard cells of leaves A and B were smaller than those of C leaves, thus affecting the opening of the stomata (Figure 6). Priyadi and Hendriyani (2016) reported that *Bulbophyllum echinolabium ex vitro* leaf had a higher number and size of the stomata than *in vitro* leaf, up to five times. The differences in the character of stomata affected the leaf growth. In this study, leaf C had a fast growth (Figure 7), so it was necessary to open the stomata in order to the CO₂ absorption as photosynthetic material to support their growth. However, leaves A and B had a slow growth. Leaf A and B were *in vitro* leaves so that a new leaf covered the leaf position (*ex vitro*), so it was suspected that the stomata did not respond to light. (Shin *et al.*, 2014) reported that *Doritaenopsis* had larger *ex vitro* leaves, so the *in vitro* leaves were shaded. *In vitro* leaves also had less functional stomata, few leaf cuticles (Garvita and Wawangningrum, 2020) and thin mesophyll (Zhang *et al.*, 2017) These factors inhibited the

growth of leaves A and B in this study. Leaves A and B had the slowest growth rate than leaves C (Figure 7).

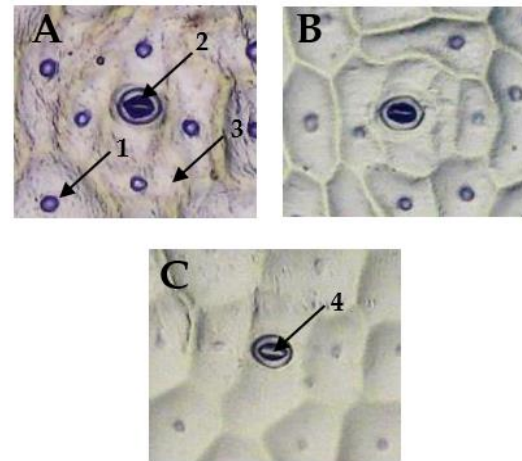


Figure 6. Stomata at a shade level of 40% at the end of the study. A). Porus leaf A closes, B). Porus leaf B closes. C). Porus leaf C opens. Description: 1). cell nucleus, 2). Guard cells, 3). The Epidermis, 4). Porus

Table 2. The density of leaf stomata at different shade levels and leaf types during the study

Treatment	Leaf A	Leaf B	Leaf C
40%	0.1380 ^a	0.1602 ^a	0.1454 ^a
55%	0.1018 ^a	0.1356 ^a	0.1549 ^a
70%	0.1502 ^a	0.1648 ^a	0.1503 ^a

The same letter indicates no significant influence ($p > 0.05$) on the ANOVA test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE ($n = 3$)

Table 3. The size of the leaf stomata at different shade levels and leaf types during the study

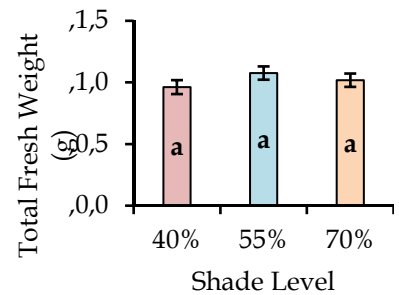
Treatment	Stomata Length (μ m)			Stomata Width (μ m)		
	Leaf A	Leaf B	Leaf C	Leaf A	Leaf B	Leaf C
40%	236.1 ^a	241.4 ^a	260.56 ^b	177.48 ^a	185.97 ^a	201.96 ^b
55%	215.31 ^a	244.7 ^a	233.20 ^a	164.23 ^a	182.14 ^a	166.44 ^a
70%	236.64 ^a	250.55 ^a	234.65 ^a	164.55 ^a	196.23 ^a	182.2 ^a

The same letter indicates no significant influence ($p > 0.05$) on the ANOVA test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE ($n = 10$)

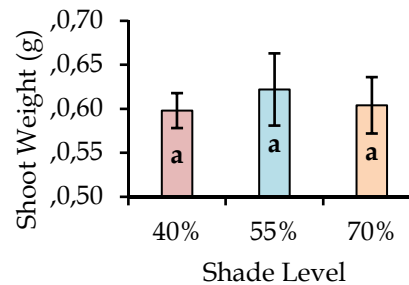


Figure 7. *Ex vitro* leaf growth at a shade rate of 40% during the acclimatization stage. A) Early growth, B). 1st Month, C). 2nd Month, D). 3rd Month. Arrows show *ex vitro* leaves that are undergoing growth

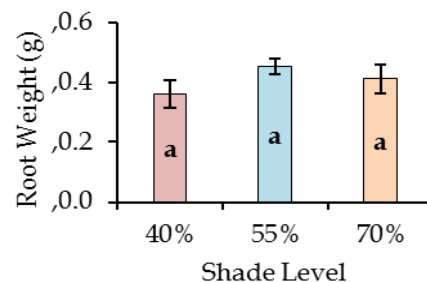
Fresh Weight. The fresh weight of plantlets in each shade showed no significant effect ($p>0.05$) at the end of the study (Figure 8). However, there was an increase compared to the fresh weight at the beginning of the study. Fresh weight was the accumulation of photosynthate and water content (Wu and Lin, 2013). The sunlight, water, and nutrients affected the photosynthate and water content (Febriyono *et al.*, 2017). In this study, the growth of leaves and roots did not differ significantly, so it did not affect the fresh weight produced. Based on the results of the fresh weight, it could be interpreted that leaf growth, root growth, and stomata character still supported the development of plantlet photoautotrophs at different light intensities. Shin *et al.* (2014), reported that the ability of photoautotrophs in hybrid *Doritaenopsis* orchids affected the plantlet survival during acclimatization. This was in line with this study, during the acclimatization period, each shade level had a 100% survival rate. da Silva *et al.* (2017) reported that the root system and stomata function in *Dendrobium* plantlets support survival during the acclimatization period. Cha-um *et al.* (2010), reported that on *Phalaenopsis* plantlets, the role of stomata affected the rate of photosynthesis so that plantlets could adapt to *ex vitro* conditions.



(a)



(b)



(c)

Figure 8. The fresh weight of hybrid *Phalaenopsis* at the end of the study. a). Total fresh weight, b). The weight of the title, and c). The weight of the roots. The same letter indicates an insignificant influence ($p>0.05$) on the ANOVA test. The number value indicates the mean value of $\pm$ SE ($n=5$)

Conclusion

Based on the results of the study, it could be concluded as follows:

1. The level of shade did not affect leaf growth, roots, fresh weight and stomata density. However, it affected the content of photosynthetic pigments as well as the size of stomata in *ex vitro* leaf types in hybrid *Phalaenopsis* orchids.
2. Shade level of 55% resulted in the most optimal growth of *Phalaenopsis* hybrid plantlets.

References

- Adiputra, I.G.K. 2012. Pengaruh auxin dan nutrient terhadap viabilitas dan pertumbuhan bibit anggrek botol pada lingkungan ex-vitro. *Widya Biologi*, 3(2).
- Akmalia, H.A. 2017. The effect of different light intensity and water treatment to the growth of maize (*Zea mays* L.) 'Sweet Boy-02. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1): 8.
- Ayu, D.F., N. Andarwulan, P. Hariyadi, and E.H. Purnomo. 2016. Photodegradation kinetics of chlorophyll, tocopherol, and carotenoid in red palm oil. *Jurnal Agrotech. Jurnal Agrotech.*, 36(2): 117.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Tanaman Hias Indonesia. Badan Pusat Statistik.
- Basri, H., Z. Basri, and A. Syakur. 2013. Acclimatisation dragon fruit plant (*Hylocereus undatus*) at a different shade layer. *E-J. Agrotekbis.*, 1(4): 339-345.
- Budiyanto, W.A., Notosudarmo and L. Limantara. 2008. The effect of acidification on photodegradation of chlorophyll a. *Jurnal Matematika Dan Sains*, 13(3): 66-75.
- Cha-um, S., B. Ulziibat, and C. Kirdmanee. 2010. Effects of temperature and relative humidity during in vitro acclimatization, on physiological changes and growth characters of phalaenopsis adapted to in vivo. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9): 750-756.
- Chen, Q., J. Wang, J. Zheng, X. Li, H. Xia, X. Wei, and L. Ma. 2011. Retracted Article: Effects of Shading on Pigment and Chlorophyll Fluorescence of *Cyclobalanopsis glauca* Container Seedlings. 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. ICBBE. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/icbbe.2011.5781568>
- da Silva, J.A.T., M.M. Hossain, M. Sharma, J. Dobránszki, Cardoso, and Z. Songjun. 2017. Acclimatization of In Vitro-derived *Dendrobium*. *Horticultural Plant Journal*, 3(3): 110-124.
- Dewir, Y.H., M.E. El-Mahrouk, H.N. Murthy, and K.Y. Paek. 2015. Micropropagation of cattleya: improved in vitro rooting and acclimatization. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 56(1): 89-93.
- Edreira, J.I.R. and M.E. Otegui. 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research.*, 130: 87-98.
- Fanindi, A., B.R. Prawiradiputra, and L. Abdullah. 2010. The effect of light intensity on forage and kalopo seed production (*Calopogonium mucunoides*). *JITV*, 15(3): 205-214.
- Fauziah, A., A. Salsabila, and Z. Izzah. 2019. Analisis tipe stomata pada daun tumbuhan menggunakan metode stomatal printing. *Seminar Nasional Hayati*, VII: 1-7.
- Febriyono, R., Y.E. Susilo, and A. Suprpto. 2017. Through treatment of planting distance and number of planting per hole. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika*, 2(1): 22-27.
- Filipović, A. 2020. Water Plant And Soil Relation Under Stress Situations. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93528>
- Garvita, R.V. and H. Wawangningrum. 2020. Stomata cells studies of *Paraphalaenopsis* spp. from in vitro and greenhouse condition. *Biodiversitas*, 21(3): 1116-1121.
- Handini, A.S., D. Sukma, and D. Sudarsono. 2016. Morphological and biochemical diversity analysis on *Phalaenopsis* (Orchidaceae). *Indonesian Journal of Agronomy*, 44(1): 62.
- Hermawan, R., E.K. Hayati, U.S. Budi, and A. Barizi. 2011. Effect of temperature pH on total concentration of color stability of anthocyanins compounds extract roselle calyx (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Alchemy*, 2(1): 104-115.
- Humami, D.W., P.A.W. Sujono, and I. Desmawati. 2020. Density and morphology of leaf stomata of *Pterocarpus indicus* on Jalan Arif Rahman Hakim and ITS Campus, Surabaya. *Rekayasa*, 13(3): 240-245.
- Kartana, S.N. 2017. Test various planting media in increasing the growth of Moon Orchid seeds from nature. *Piper*, 13(24): 20-26.
- Kharkongor, D. and P. Ramanujam. 2021. Effect of photon irradiance and temperature on carotenoids accumulation in four species of *Trentepohlia* (Trentepohliales, Chlorophyta). *Int J Complement Alt Med.*, 14(6): 291-297.
- Khusni, L., R.B. Hastuti, and E. Prihastanti. 2018. The impact of shade to the growth and the antioxidant activity of red spinach (*Alternanthera amoena* Voss.). *Anatomy and Physiology Bulletin*, 3(1): 62.
- Kircher, S. and P. Schopfer. 2012. Photosynthetic Sucrose Acts as Cotyledon-derived Long-

- distance Signal to Control Root Growth during Early Seedling Development in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(28): 11217-11221.
- Lee, H.B., S.K. An, S.Y. Lee, and K.S. Kim. 2017. Vegetative growth characteristics of phalaenopsis and doritaenopsis plants under different artificial lighting sources. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 35(1): 21-29.
- Liu, Y.C., C.H. Liu, Y.C. Lin, C.H. Lu, W.H. Chen, and H.L. Wang. 2016. Effect of low irradiance on the photosynthetic performance and spiking of Phalaenopsis. *Photosynthetica*, 54(2): 259-266.
- Martins, S.C.v., J. Galmés, P.C. Cavatte, L.F. Pereira, M.C. Ventrella, and F.M. Da Matta. 2014. Understanding the low photosynthetic rates of sun and shade coffee leaves: bridging the gap on the relative roles of hydraulic, diffusive and biochemical constraints to photosynthesis. *Plos One*, 9(4): 1-10.
- Mathur, S., L. Jain, and A. Jajoo. 2018. Photosynthetic efficiency in sun and shade plants. *Photosynthetica*, 56(1): 354-365.
- Mulyono, D. 2014. Effect of shade intensity on acclimatization of agarwood (*Aquilaria beccariana*) plantlet growth. 16(1): 28-33.
- Nikmah, Z.C., W. Slamet, and B.A. Kristanto. 2017. Application of silica and NAA for Moon Orchid (*Phalaenopsis amabilis* L.) growth in acclimatization. *Journal of Agro Complex*, 1(3): 101.
- Pires, M.v., A.A.F. de Almeida, P.P. Abreu, and D. da Costa Silva. 2012. Does shading explain variation in morphophysiological traits of tropical epiphytic orchids grown in artificial conditions? *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(6): 2155-2164.
- Priyadi, A., and E. Hendriyani. 2016. Leaf morpho-physiological characters of three orchid species on an acclimatization stage. *Journal of Hortikultura*, 26(2): 143 - 152.
- Shao, Q., H. Wang, H. Guo, A. Zhou, Y. Huang, Y. Sun, and M. Li. 2014. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of *Anoectochilus roxburghii*. *Plos One*, 9(2).
- Shin, K.S., S.Y. Park, and K.Y. Paek. 2014. Physiological and biochemical changes during acclimatization in a doritaenopsis hybrid cultivated in different microenvironments in vitro. *Environmental and Experimental Botany*, 100: 26-33.
- Sihotang, L. 2017. analysis of the stomata density of goldberry (*Centella asiatica* L.) plants with differences in light intensity. *Jurnal Pro-Life: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi dan Ilmu Serumpun*, 4(2): 329-338.
- Sirait, J. 2008. Leaf area, chlorophyll content and grass growth rate at different shades and fertilization. *JITV*, 13(2): 109-116.
- Sudartini, T., D. Zumani, and D. Diantini. 2020. Effect of hood application and type of planting media to growth of dendrobium orchid seedlings during acclimatization. *Media Pertanian*, 5(1): 31-43.
- Supriyono, S., R.B.A. Putri, and R. Wijayanti. 2017. Growth analysis of garut (*Marantha arundinacea*) at several shade levels. *Agrosains*, 19(1): 22.
- Tini, W.E., P. Sulistyanto, and G.H. Sumartono. 2019. Acclimatization of orchid (*Phalaenopsis amabilis*) with different plant substrate and giving of leaf fertilizer. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(2): 119-127.
- Wu, H.C. and C.C. Lin. 2013. Carbon dioxide enrichment during photoautotrophic micropropagation of *Protea Cynaroides* L. plantlets improves in vitro growth, net photosynthetic rate, and acclimatization. *HortScience*, 48(10): 1293-1297.
- Yasmin, Z.F., S.I. Aisyah, and D. Sukma. 2018. Nursery (tissue culture up to enlargement) of *Phalaenopsis* orchids in Hasanudin Orchids, East Java. *Buletin Agrohorti*, 6(3): 430-449.
- Yuniarachma, A., M. Roviq, and E. Nihayati. 2019. Growth response and flavonoid content of wavy plants (*Plectranthus amboinicus* Lour.) at various shade densities and nitrogen fertilizer doses. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(12): 2206-2214.
- Zhang, W., W. Huang, and S.B. Zhang. 2017. Study of a determinate growth orchid highlights the role of new leaf production in photosynthetic light acclimation. *Plant Ecology*, 218(8): 997-1008.