

Jurnal KULTIVASI

Arini, P.B. · Y.R. Ahadiyat

Pengaturan suhu inkubasi dan perlakuan benih dalam upaya meningkatkan daya tumbuh benih carica

149-159

Rosniawaty, S. · R. Sudirja · M. Ariyanti · S. Mubarak

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah Inceptisol

160-167

Rahmani, F.A. · S. Mubarak · M.A. Soleh · B.M.P. Prawiranegara

Evaluasi kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau menggunakan cahaya buatan

168-174

Carsono, N. · A. Dewi · N. Wicaksana · S. Sari

Periode inkubasi, tingkat keparahan, dan ketahanan sepuluh genotipe padi harapan terhadap penyakit hawar daun bakteri strain III, IV, dan VIII

175-182

Fitriatin, B.N. · M.I.M. Yusuf · A. Nurbaity · N.N. Kamaluddin · M. Rachmady · E.T. Sofyan

Serapan nitrogen dan fosfor serta hasil jagung yang dipengaruhi oleh teknik aplikasi pupuk hayati dengan berbagai teknik dan dosis pada jenis tanah Inceptisols

183-188

Murgayanti · A.A. Putri · A. Nuraini

Multiplikasi tunas tanaman temu putih pada berbagai jenis karbohidrat dan sitokinin secara *in vitro*

189-195

Mubarak, S. · A. Mardatillah · A. Nuraini

Pertumbuhan dan hasil dua kultivar bayam pada sistem budidaya hidroponik untuk lahan sempit

196-201

Kurniadie, D. · U. Umiyati · D.A. Ardhianty

Efikasi herbisida campuran tienkarbazon metil dan tembotrion sebagai herbisida purna tumbuh terhadap gulma berdaun lebar dan sempit pada budidaya tanaman jagung

202-212

Syahrudin, K. · M. Azrai · M. B. Pabendon · M. Abid · A. Nur

Keragaman genetik koleksi plasma nutfah jewawut *sister line* dan lokal menggunakan marka SSR

213-221

Hamdani, J.S. · Sumadi · Kusumiyati · S. Mubarak

Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium

222-229

JURNAL **KULTIVASI**

Volume 20 Nomor 3 Desember 2021

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

Fiky Yulianto Wicaksono, Tati Nurmala (UNPAD)
Rosi Widarawati (UNSOED)
Muhammad Syafi'i (UNSIKA)
Asep Hidayat (ITB)
Bambang Pujiasmanto (UNS)
Trias Sitaresmi (BB Padi)

Reviewer

Devi Rusmin (BALITTRO)
Sumadi, Intan Ratna Dewi Anjarsari, Anne Nuraini, Yuyun
Yuwariah, Erni Suminar (UNPAD)
Hidayati Karamina (UNITRI)
Estria Furry Pramudyawardani (BB Padi)
Karlina Syahrudin (BALITSER)
Sulassih (IPB University)
Yugi R. Ahadiyat (UNSOED)
Rita Andini (UNSYIAH)
Koko Tampubolon (Universitas Tjut Nyak Dhien)

Proofreading Editor

Rahmat Budiarto

STAF TEKNIS (TECHNICAL STAFF)

Deden Junjunan
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 Maret, Agustus, dan Desember

ALAMAT REDAKSI & PENERBIT / EDITORIAL & PUBLISHER'S ADDRESS

"KULTIVASI"

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

Menutup tahun 2021, kami sajikan sepuluh artikel terbaik yang telah lolos editorial serta ditelaah oleh para ahli di bidangnya masing-masing. Artikel-artikel yang dimuat pada edisi ini mengupas beberapa topik mengenai ekofisiologi tanaman, pemuliaan tanaman, teknologi benih, ilmu gulma, serta *plant factory* yang mendukung ilmu agronomi. Semoga dapat memberikan wawasan baru bagi pembaca Jurnal Kultivasi. Ucapan terimakasih kami sampaikan 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 Desember 2021

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 berurut.

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

Arini, P.B. · Y.R. Ahadiyat

Pengaturan Lingkungan suhu inkubasi Suhudan perlakuan benih dalam upaya meningkatkan daya tumbuh benih carica 149-159

Rosniawaty, S. · R. Sudirja · M. Ariyanti · S. Mubarok

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah Inceptisol 160-167

Rahmani, F.A. · S. Mubarok · M.A. Soleh · B.M.P. Prawiranegara

Evaluasi kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau menggunakan cahaya buatan 168-174

Carsono, N. · A. Dewi · N. Wicaksana · S. Sari

Periode inkubasi, tingkat keparahan, dan ketahanan sepuluh genotipe padi harapan terhadap penyakit hawar daun bakteri strain III, IV, dan VIII 175-182

Fitriatin, B.N. · M.I.M. Yusuf · A. Nurbaity · N.N. Kamaluddin · M. Rachmady · E.T. Sofyan

Serapan nitrogen dan fosfor serta hasil jagung yang dipengaruhi oleh teknik aplikasi pupuk hayati dengan berbagai teknik dan dosis pada jenis tanah Inceptisols 183-188

Murgayanti · A.A. Putri · A. Nuraini

Multiplikasi tunas tanaman temu putih pada berbagai jenis karbohidrat dan sitokinin secara *in vitro* 189-195

Mubarok, S. · A. Mardatillah · A. Nuraini

Pertumbuhan dan hasil dua kultivar bayam pada sistem budidaya hidroponik untuk lahan sempit 196-201

Kurniadie, D. · U. Umiyati · D.A. Ardhianty

Efikasi herbisida campuran tienkarbazon metiltienkarbazon metil dan tembotrion sebagai herbisida purna tumbuh terhadap gulma berdaun lebar dan sempit pada budidaya tanaman jagung 202-212

Syahrudin, K. · M. Azrai · M. B. Pabendon · M. Abid · A. Nur

Keragaman genetik koleksi plasma nutfah jawawut sister line dan lokal menggunakan marka SSR 213-221

Hamdani, J.S. · Sumadi · Kusumiyati · S. Mubarok

Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium 222-229

Arini, P.B. · Y.R. Ahadiyat

Pengaturan suhu inkubasi dan perlakuan benih dalam upaya meningkatkan daya tumbuh benih carica

Sari Buah carica merupakan jenis buah khas tropis namun memiliki kendala dalam produksi benihnya. Benih carica memiliki daya kecambah rendah disebabkan oleh adanya lapisan sarcotesta yang menjadi penghambat dalam proses perkecambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penghilangan lapisan sarcotesta terhadap viabilitas benih carica dan menentukan suhu optimum untuk mematahkan dormansi benih dan mempertahankan viabilitas benih carica. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari dua faktor, yaitu faktor penghilangan lapisan sarcotesta terdiri atas benih tanpa sarcotesta dan ber-sarcotesta, serta faktor inkubasi suhu, yang terdiri atas inkubasi 15 °C, 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Variabel yang diamati antara lain kadar air (%), daya hantar listrik (mS/m), laju respirasi benih (mol/g/jam), jumlah benih rusak (%), kandungan fenol, dan uji lapangan meliputi daya kecambah (%), kecepatan pematangan dormansi (hari), potensi tumbuh maksimum (%), dan indeks vigor benih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghilangan lapisan sarcotesta mampu meningkatkan daya tumbuh benih carica. Suhu inkubasi 15 °C memberikan viabilitas terbaik, namun belum ditemukan suhu optimum yang mampu mematahkan dormansi benih dan mempertahankan viabilitas benih.

Kata kunci: Benih carica · Dormansi benih · Sarcotesta · Vigor dan viabilitas benih

Regulation of incubation temperature and seed treatment in order to increase the carica seed viability

Abstract. Carica fruit is a typical tropical fruit with seed production problem. Carica seeds have low germination rate due to the presence of a sarcotesta layer which is an inhibitor in the germination process. The objective of this study was to determine the effect of removing the sarcotesta on the viability of carica seeds and to determine the optimum temperature to break seed dormancy and maintain viability of carica seeds. This experiment was conducted using a completely randomized block design consisting of two factors, i.e., removal treatment and temperature. The first factor was composed of removed sarcotesta seed and normal seed with sarcotesta. Temperature treatment was composed of 4 levels, i.e., 15°C, 25°C, 35°C, and 45°C. The observed variables were moisture content (%), electrical conductivity (mS/m), seed respiration rate (mol/g/hour) number of damaged seeds (%), phenolic content, and field tests included germination rate (%), dormancy breaking speed (days), maximum growth potential (%), and seed vigor index. The results showed that removing the sarcotesta layer was able to improve growth capacity of carica seeds. Temperature treatment at 15 °C was determined as the optimum temperature that could break seed dormancy and also maintain seed viability.

Keywords: Carica seed · Seed dormancy · Sarcotesta · Seed vigor and viability

Diterima : 15 Maret 2021, Disetujui : 2 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: <https://10.24198/kultivasi.v20i3.32626>

Arini, P.B.^{1,2} · Y.R. Ahadiyat³

¹ Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal Purwokerto 53122

² Balai Besar Karantina Pertanian, Tanjung Priok, Kementerian Pertanian, Jl. Enggano 17, Jakarta Utara, Jakarta 14310

³ Laboratorium Agroekologi, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal Purwokerto 53122

Korespondensi: ahadiyat.yugi@unsoed.ac.id

Pendahuluan

Tanaman carica atau biasa disebut pepaya gunung merupakan salah satu jenis dari spesies *Carica papaya* (Dinesh *et al.*, 2017). Tanaman ini antara 700-1000 n dpl dengan curah hujan 1000-2000 mm per tahun (Hartati, 2018).

Budidaya carica sampai saat ini masih memiliki kendala diantaranya produktivitas yang rendah dan belum optimalnya penerapan kegiatan budidaya yang dilakukan oleh para pelaku usaha tani. Salah satu hal yang menjadi kendala adalah keberadaan sarcotesta pada benih yang menghambat proses perkecambahan (Yogeesha *et al.*, 2013). Sarcotesta yang tetap dipertahankan selama proses pengeringan benih menimbulkan induksi dormansi (Zainudin and Adini, 2019). Aplikasi NaOCl pada benih *Carica* mampu mengatasi sarcotesta namun berdampak negatif terhadap daya kecambah benih dibandingkan dengan dilakukan pengeringan sampai kadar air benih 7% dengan hasil masing-masing 88% dan 35% (Jesus *et al.*, 2016). Perlakuan pematangan dormansi yang efektif perlu dikembangkan untuk mengatasi kendala dalam perkecambahan yang mempunyai viabilitas rendah.

Beberapa upaya pemecahan dormansi benih carica sudah dilakukan dengan perlakuan pengeringan sampai kadar air benih rendah (Dias *et al.*, 2009), perendaman dengan giberelin (Salomão and Mundim, 2000; Lay *et al.*, 2013), disimpan di tempat air mengalir, dan diaduk dalam pasir (de Melo and Segui, 2013). Perlakuan inkubasi suhu diduga memiliki potensi untuk mengatasi masalah dormansi dan rendahnya perkecambahan benih carica, namun belum pernah dilakukan. Inkubasi pada suhu kamar 25 °C selama 2 hari mampu meningkatkan daya kecambah benih dari 6% menjadi 90% dibandingkan tanpa inkubasi (Salomão and Mundim, 2000).

Oleh karena itu, teknik pematangan dormansi yang sesuai perlu dilakukan untuk meningkatkan viabilitas benih carica. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penghilangan lapisan sarcotesta terhadap daya tumbuh benih carica dan menentukan suhu yang optimum untuk mematahkan dormansi benih.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Mei 2013 di Laboratorium Agronomi,

usia hidup yang relatif panjang yaitu dapat mencapai 14-20 tahun, namun peka terhadap berbagai penyakit sehingga hanya bisa berproduksi secara ekonomis berkisar 2-4 tahun (Dinesh *et al.*, 2017). Secara umum tanaman carica dapat tumbuh pada ketinggian Universitas Jenderal Soedirman, dan Laboratorium Ilmu Tanaman, Jurusan Budidaya Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah carica “Merdada Dieng” yang merupakan varietas lokal berdasarkan nomor tanda daftar 59/PVL/2013 dari Pusat Perlindungan Varietas dan Perizinan Pertanian. Bahan dan alat pendukung lain yang digunakan antara lain kapur tohor, abu gosok, kertas merang, KOH, mikroskop, oven/inkubator, petridish, conductivity meter, dan alat titrasi.

Uji pendahuluan. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui keefektifan pembuangan sarcotesta, antara lain melepaskan lapisan lendir dari benih carica yang paling efektif, yaitu dengan beberapa cara, antara lain: benih langsung dijemur dibawah sinar matahari, benih dicuci hingga bersih dalam air yang mengalir, benih digosok dengan abu gosok dan benih direndam dengan kapur tohor 20 g/L selama 30 menit. Uji pendahuluan ini menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap diulang 6 kali sebagai dasar penelitian selanjutnya.

Metode yang paling efektif untuk menghilangkan lapisan sarcotesta selanjutnya digunakan sebagai perlakuan dalam faktor penghilangan lapisan sarcotesta (menghasilkan benih tanpa sarcotesta) dalam penelitian ini. Tolak ukur untuk penentuan metode yang digunakan adalah dengan melihat kebersihan benih carica dari lendir, yang dicirikan dengan kasatnya benih (tidak lengket), dan warnanya lebih mengkilap (Sari, 2005). Benih dikecambahkan dengan cara merendam benih selama 24 jam dengan air hangat (45° C), kemudian air ditiriskan Benih dikecambahkan pada tray perkecambahan dengan menggunakan media pasir halus dan steril. Benih ditanam ke dalam tray perkecambahan sedalam 1 cm kemudian ditutupi pasir, masing-masing tray berisi 25 benih, tray ditutup dan dipelihara kelembaban media dengan cara menyemprot dengan air setiap hari. Variabel yang diukur meliputi kecepatan pematangan dormansi (hari), daya kecambah (%) dan indeks vigor (Copeland and McDonald, 2001).

Uji karakter fisiologi benih dan viabilitas benih. Pengujian benih dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah penghilangan lapisan sarcotesta yang terdiri dari taraf benih tanpa sarcotesta dan ber-sarcotesta, sementara faktor kedua adalah inkubasi suhu yang terdiri atas inkubasi 15°C, 25°C, 35°C, dan 45°C. Tiap perlakuan diulang 4 kali sehingga terdapat 32 perlakuan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, 10, 20, dan 30 umur simpan. Mutu benih diamati pada hari ke-0, 10, 20, dan 30 umur simpan. Pengamatan meliputi kadar air (%) dengan metode gravitimetri; daya hantar listrik (mS/m) diukur dengan menempatkan dua elektroda ke dalam sampel, dan mengukur perbedaan potensial listriknya menggunakan *electric conductivity meter*; laju respirasi benih (mol/g/jam) dilakukan dengan metode titrasi dan jumlah benih rusak (%).

Uji viabilitas benih mengacu pada Copeland and McDonald (2001), dilakukan dengan cara melakukan pengukuran selama 14 hari, meliputi: uji daya berkecambah benih (%), berdasarkan jumlah benih yang berkecambah normal dibagi jumlah benih yang dikecambahkan; kecepatan pematangan dormansi (hari), berdasarkan kecepatan munculnya plumula setelah waktu tertentu dan dinyatakan dalam hari; potensi tumbuh maksimum (PTM) (%), diukur berdasarkan kemampuan benih untuk tumbuh atau berkecambah dalam kondisi yang optimum pada hari terakhir pengamatan terhadap semua benih yang menunjukkan gejala tumbuh; dan indeks vigor, diukur berdasarkan akumulasi jumlah kecambah normal berdasarkan satuan waktu.

Pengamatan penunjang dilakukan terhadap uji total fenolik. Sampel sebanyak 10

mg dilarutkan dalam 10 mL akuades. Sampel kemudian dipipet sebanyak 0,5 mL dan ditambahkan 0,3 mL reagen Folin Ciocalteu (Merk Milipore, Germany), 2 mL Na₂CO₃ (7%) dan ditempatkan dengan akuades hingga volume larutan menjadi 5 mL. Selanjutnya, sampel divortex dan diinkubasi selama 2 jam, sampel diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-VIS (Perkin Elmer Lambda 25) pada panjang gelombang 750 nm (Gulcin et al., 2003).

Analisis data. Data yang diperoleh kemudian diuji normalitas menurut Kolmogorov-Smirnov, untuk memastikan data tersebut terdistribusi normal, dan dilanjutkan ke uji F (Gomez and Gomez, 1984). Data yang sudah diuji keragamannya (uji F) dan menunjukkan perbedaan yang nyata kemudian diuji dengan uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$). Uji regresi dilakukan untuk menentukan titik optimum dari faktor suhu.

Hasil dan Pembahasan

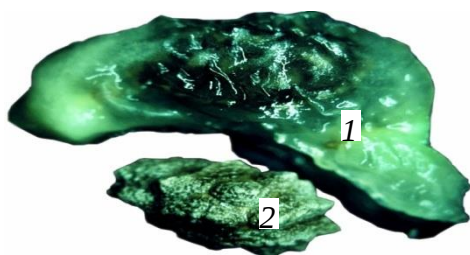
Uji Pendahuluan. Tabel 1 menunjukkan bahwa penghilangan lapisan sarcotesta paling efektif dilakukan dengan cara menggosok benih dengan abu gosok. Metode ini lebih efisien karena pembersihan lendir hanya memerlukan waktu 15 menit dibandingkan dengan benih yang dijemur selama 2 hari, dicuci dengan air mengalir selama 45 menit, dan direndam dalam kapur tohor selama 30 menit. Benih yang sarcotestanya dihilangkan menggunakan abu gosok menghasilkan pematangan dormansi paling cepat, yaitu hari ke-22 setelah tanam, daya kecambah tertinggi yaitu 35,75% dan indeks vigor benih sebesar 5,80.

Tabel 1. Hasil pengamatan awal terhadap benih dengan berbagai ekstraksi.

Variabel pengamatan	Jenis Ekstraksi			
	Langsung dijemur	Dicuci dengan air mengalir	Digosok dengan abu gosok	Direndam kapur tohor 20g/l 30'
1. kondisi benih*	Lengket	Agak lengket	Bersih	Agak lengket
2. waktu pembersihan**	2 hari	45 menit	15 menit	30 menit
3. kecepatan pematangan dormansi (hari)	28,50 a	25,00 b	22,75 c	25,25 b
4. daya kecambah (%)	27,5 b	28,75 b	35,75 a	30,25 b
5. indeks vigor	3,83 b	3,95 b	5,80 a	4,45 b

Keterangan : Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan Uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$). * adalah diamati secara visual. ** adalah tidak dianalisis statistik.

Berdasarkan pengujian pendahuluan disimpulkan bahwa penggunaan abu gosok merupakan cara yang paling efektif menghilangkan sarcotesta. Keberadaan sarcotesta ini sangat melekat kuat dalam testa benih (Gambar 1). Gambar 1 menunjukkan benih yang berselimut sarcotesta dan terlihat masih ada sisa lapisan sarcotesta yang tertinggal (1) dan benih yang sarcotesta-nya sudah dibersihkan (2). Penghilangan lapisan sarcotesta dimaksudkan untuk memperoleh perkecambahan yang cepat dan serempak serta kualitas bibit yang baik.



(Sumber dari data pribadi dengan mikroskop perbesaran 10x)

Gambar 1. Perbandingan benih bersarcotesta (1) dan tanpa sarcotesta (2) dari penampilan fisik benih.

Uji Karakter Fisiologi Benih. Karakter fisiologi benih menunjukkan kualitas benih setelah disimpan dalam durasi waktu tertentu. Karakter fisiologi benih meliputi kadar air, daya hantar listrik, laju respirasi, dan persentase benih rusak.

Hampir semua perlakuan penghilangan sarcotesta menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata kecuali kadar air pada hari ke-20, DHL hari ke-20, dan 30 dan persentase benih rusak pada hari ke-30. Suhu menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap DHL pada hari ke-0 dan 20, dan persentase benih rusak pada hari ke-10 dan 30, serta tidak ada interaksi antara perlakuan penghilangan lapisan sarcotesta dan suhu terhadap semua karakter fisiologi.

Kadar Air (%). Benih yang dihilangkan sarcotesta-nya setelah proses inkubasi mempunyai kadar air yang tidak berbeda secara nyata dari benih ber-sarcotesta. Namun demikian, inkubasi suhu yang bervariasi tidak menyebabkan perbedaan yang nyata pada kadar air benih carica. Kadar air untuk semua perlakuan berkisar 9 - 12% (Tabel 2).

Daya Hantar Listrik (mS/m). Benih tanpa sarcotesta memiliki daya hantar listrik (DHL) lebih rendah dari benih bersarcotesta setelah lama inkubasi 20 dan 30 hari. Semakin lama waktu disimpan, kenaikan nilai DHL menunjukkan adanya peningkatan meskipun secara statistik menunjukan hasil tidak berbeda nyata, kecuali pada lama inkubasi 20 hari pada kisaran suhu 25 - 45 °C yang menunjukkan nilai DHL tinggi (Tabel 3).

Laju Respirasi (mol/g/jam). Benih ber-sarcotesta maupun tidak ber-sarcotesta, dan perlakuan suhu pada lama inkubasi yang berbeda selama 0 - 30 hari memiliki laju respirasi yang tidak berbeda nyata. Secara umum, laju respirasi benih berkisar antara 0,01 - 0,13 mol/g/jam (Tabel 4).

Tabel 2. Kadar air benih (%) Carica selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Penghilangan Sarcotesta				
Tanpa Sarcotesta	9,25 a	9,67 a	10,05 b	11,33 a
Sarcotesta	10,04 a	10,38 a	11,17 a	12,21 a
Suhu(°C)				
15	9,75 a	9,92 a	10,83 a	12,08 a
25	9,41 a	10,75 a	10,61 a	12,08 a
35	9,75 a	9,92 a	10,32 a	11,58 a
45	9,67 a	9,50 a	10,67 a	11,33 a
KK (%)	6,00	5,41	10,21	6,57

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $(x+0,5)^{1/2}$. Nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 3. Daya Hantar Listrik (mS/m) benih selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	9,28 a	11,47 a	9,89 b	11,71 b
Sarcotesta	9,84 a	11,97 a	11,14 a	12,65 a
Suhu(°C)				
15	9,43 ba	11,31 a	9,89 b	11,63 a
25	10,61 a	11,87 a	10,96 a	12,29 a
35	9,31 b	11,18 a	10,56 ab	12,43 a
45	8,89 b	12,53 a	10,67 a	12,37 a
KK (%)	11,71	6,87	5,97	8,52

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 4. Laju respirasi benih (mol/g/jam) carica selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	0,016328 a	0,030500a	0,06363a	0,10325a
Sarcotesta	0,021771 a	0,038500a	0,09613a	0,12788a
Suhu(°C)				
15	0,020625 a	0,01950 a	0,06875a	0,11300a
25	0,022917 a	0,04138 a	0,06950a	0,11300a
35	0,015469 a	0,04138 a	0,08838a	0,12900a
45	0,017187 a	0,03575 a	0,09288a	0,10725a
KK (%)	0,93	2,39	4,95	3,99

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 5. Benih rusak (%) selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	1,38 a	2,75 a	3,56 a	4,00 b
Sarcotesta	1,69 a	2,75 a	4,00 a	4,62 a
Suhu(°C)				
15	1,50 a	1,63 c	3,25 a	3,38 c
25	1,63 a	2,88 ab	4,13 a	4,63 ab
35	1,50 a	2,63 b	3,50 a	4,00 bc
45	1,50 a	3,50 a	4,25 a	5,25 a
KK (%)	12,34	12,17	12,24	8,15

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\arcsin x^{1/2}$. Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

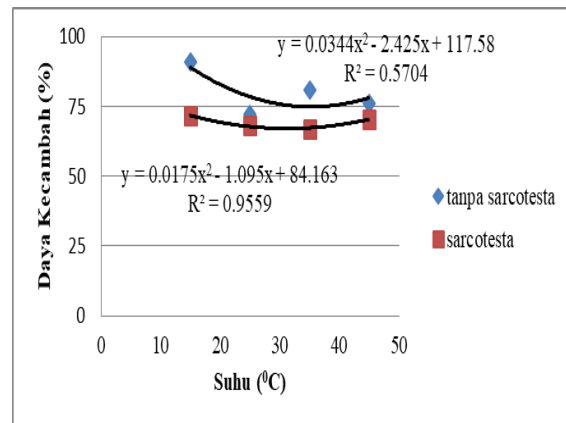
Benih Rusak (%). Benih dengan sarcotesta memiliki kerusakan tinggi saat diinkubasi selama 30 hari. Semakin lama disimpan pada suhu yang berbeda, benih yang rusak semakin tinggi. Semakin tinggi suhu dan lama inkubasi makin meningkatkan kerusakan pada benih (Tabel 5).

Pengujian Viabilitas Benih. Karakter viabilitas benih menunjukkan hasil yang beragam pada

variabel daya kecambah benih, kecepatan pematangan dormansi, potensi tumbuh maksimum, dan indeks vigor benih. Daya kecambah benih pada hari ke-10 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan penghilangan lapisan sarcotesta dan inkubasi suhu berbeda dan pada hari ke-20 hanya berpengaruh nyata akibat perlakuan penghilangan sarcotesta.

Kecepatan berkecambah menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan penghilangan sarcotesta dan inkubasi suhu pada durasi waktu berbeda. Untuk variabel potensi tumbuh maksimum menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada perlakuan penghilangan sarcotesta dan inkubasi berbeda pada hari ke-10, namun pada hari ke-20 hanya penghilangan sarcotesta yang menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Indeks vigor hanya menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan penghilangan sarcotesta pada durasi waktu yang berbeda.

Daya Kecambah benih (%). Persentase perkecambahan benih tanpa sarcotesta lebih tinggi dari benih yang ber-sarcotesta. Daya kecambah normal (menurut standar ISTA) pada benih bergenus *carica* berkisar antara 70-80%. Berdasarkan daya kecambah yang dihasilkan, benih yang diinkubasi dalam suhu 15°C, 25°C, 35°C, dan 45°C selama 10 dan 20 hari mampu menghasilkan daya tumbuh diatas 70%, sedangkan yang lain masih dibawah standar yang ditetapkan (Tabel 6).



Gambar 2. Pengaruh perlakuan suhu terhadap daya kecambah pada lama simpan hari ke-10.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada hari ke-10, daya kecambah terbaik sebesar 91% dihasilkan oleh benih tanpa sarcotesta yang diinkubasikan dalam suhu 15 °C. Benih tanpa sarcotesta menunjukkan daya kecambah lebih tinggi dibandingkan dengan benih ber-sarcotesta pada tingkat suhu yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanpa sarcotesta

Tabel 6. Daya kecambah benih (%) selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	28,30 a	80,38 a	80,13 a	70,19 a
Sarcotesta	20,52 b	69,25 b	69,25 b	58,44 b
Suhu(°C)				
15	23,50 a	81,25 a	76,00 a	65,25 a
25	25,59 a	70,25 b	72,63 a	62,25 a
35	22,47 a	73,88 b	77,25 a	64,50 a
45	26,06 a	73,25 b	72,88 a	65,25 a
KK (%)	8,22	7,06	9,09	8,22

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\arcsin(\sqrt{x})$. Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 7. Daya kecambah benih (%) pada hari ke-10 umur simpan.

Suhu (°C)	Perlakuan Sarcotesta					
	Tanpa Sarcotesta			Bersarcotesta		
15	91,00 A	a	(a)	71,50 B	a	(cb)
25	72,25 A	b	(cb)	68,25 A	a	(c)
35	81,00 A	cb	(b)	66,75 B	a	(c)
45	76,00 A	cb	(cb)	70,50 A	a	(c)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf non kapital yang sama pada kolom yang sama, baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, dan Nilai-nilai yang diikuti huruf non kapital yang sama di dalam tanda kurung menunjukkan terjadinya interaksi yang tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

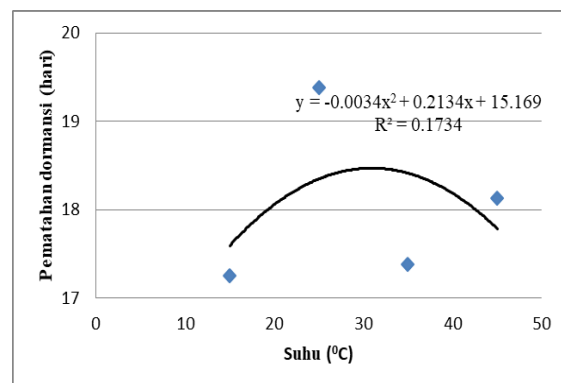
memberikan kemampuan daya kecambah lebih baik dibandingkan dengan benih ber-sarcotesta pada penyimpanan suhu kisaran 15 – 45 °C.

Penentuan suhu optimum untuk parameter daya kecambah benih pada benih tanpa sarcotesta menunjukkan tendensi yang kuadratik dengan persamaan $y = 0,0344x^2 - 2,4250x + 117,58$ dengan $R^2 = 0,5704$, demikian juga benih ber-sarcotesta menunjukkan tendensi kuadratik dengan persamaan $y = 0,0175x^2 - 1,0950x + 8,4163$ dengan $R^2 = 0,9559$ (Gambar 2) dan dari turunan persamaan tersebut tidak diperoleh suhu optimum sehingga dari kedua jenis benih tersebut masing-masing belum ditemukan titik optimumnya (Gambar 2).

Kecepatan Berkecambah per lama waktu berkecambah (hari). Benih yang dihilangkan sarcotesta-nya lebih cepat mengalami pematangan dormansi daripada benih yang ber-sarcotesta. Inkubasi suhu yang diberikan dalam durasi waktu 0 – 30 hari menunjukkan bahwa suhu 25 °C dan 45 °C mampu menghasilkan kecepatan pematangan dormansi benih carica lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 8).

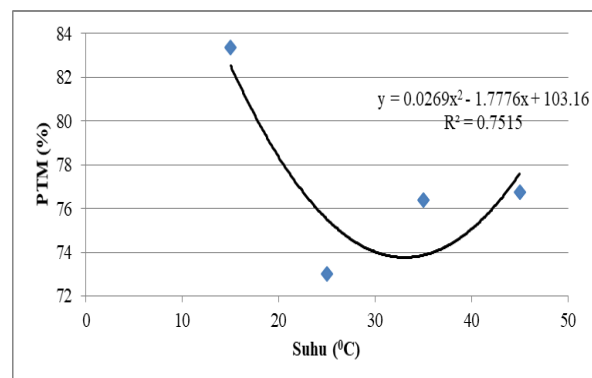
Hal ini menunjukkan bahwa kondisi inkubasi pada suhu tertentu dengan lama inkubasi yang berbeda berpengaruh terhadap kecepatan pematangan dormansi.

Persamaan regresi setelah diketahui kecenderungan kuadratiknya untuk kecepatan pematangan dormansi adalah $y = -0,0035x^2 + 0,2134x + 15,169$ dengan $R^2 = 0,1734$. Turunan pertama dari persamaan tersebut diperoleh x sekitar 30, yang berarti suhu 30 °C merupakan titik optimum, namun pengaruhnya hanya sebesar 17% saja, sehingga belum dapat menjadi acuan untuk menggunakan suhu 30 °C sebagai suhu optimum memecahkan dormansi paling cepat (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh perlakuan suhu terhadap kecepatan pematangan dormansi pada lama simpan hari ke-10.

Penentuan suhu optimum untuk parameter PTM diperoleh dengan persamaan regresi $y = 0,0269x^2 - 1,7776x + 103,16$ dengan $R^2 = 0,7515$ (Gambar 4) dan dari turunan persamaan tersebut tidak diperoleh suhu optimum namun ditemukan titik minimum (33 °C) yang berarti suhu tersebut tidak disarankan karena menghasilkan PTM terendah.



Gambar 4. Pengaruh perlakuan suhu terhadap PTM pada lama simpan hari ke-10.

Tabel 8. Kecepatan pematangan dormansi benih (hari) selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	34,31 b	16,56 b	18,44 b	20,13 b
Sarcotesta	40,44 a	19,50 a	19,56 a	22,69 a
Suhu(°C)				
15	36,25 b	17,25 c	18,75 a	20,00 c
25	39,63 a	19,38 a	19,75 a	22,38 a
35	35,88 b	17,38 c	18,38 a	21,13 b
45	37,75 ab	18,13 b	19,13 a	22,13 a
KK (%)	5,31	3,62	4,98	3,48

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 9. Potensi Tumbuh Maksimum (%) selama 30 hari penyimpanan.

Perlakuan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	38,39 a	84,75 a	81,38 a	74,06 a
Sarcotesta	33,91 a	70,00 b	70,13 b	68,38 b
Suhu(°C)				
15	35,16 a	83,38 a	77,25 a	73,00 a
25	32,66 a	73,00 b	73,50 a	69,50 a
35	37,69 a	76,38 b	78,00 a	71,25 a
45	38,06 a	76,75 b	74,25 a	71,13 a
KK (%)	19,17	5,61	8,27	5,24

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\arcsin(\sqrt{x})$. Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 10. Indeks vigor benih selama 30 hari penyimpanan.

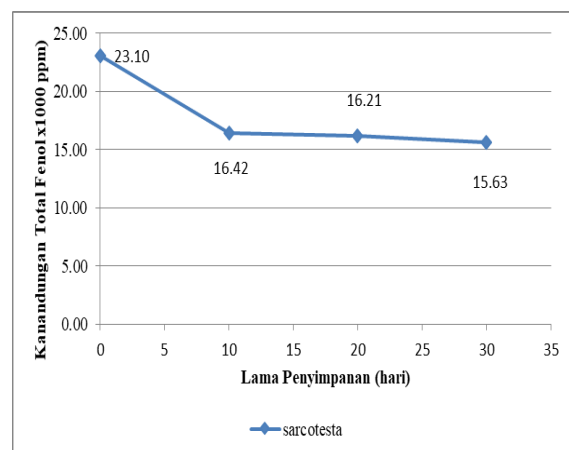
Penghilangan Sarcotesta	Lama Inkubasi (hari)			
	0	10	20	30
Tanpa Sarcotesta	6,51 a	27,50 a	27,34 a	23,53 a
Sarcotesta	2,71 b	22,80 b	21,85 b	18,96 b
Suhu(°C)				
15	5,54 a	27,64 a	25,53 a	21,61 a
25	4,94 a	23,76 a	23,84 a	20,98 a
35	3,57 a	24,56 a	25,16 a	20,87 a
45	4,40 a	24,64 a	23,83 a	21,52 a
KK (%)	15,60	7,13	5,70	8,15

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $(x+0,5)^{1/2}$. Nilai-nilai yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Potensi Tumbuh Maksimum (%). Benih tanpa sarcotesta mempunyai potensi tumbuh maksimum (PTM) lebih tinggi dibandingkan benih bersarcotesta. PTM tertinggi ditunjukkan pada inkubasi suhu 15 °C selama 10 hari, yaitu sebesar 83,38% (Tabel 9).

Indeks Vigor Benih. Benih yang dihilangkan sarcotesta-nya memiliki indeks vigor lebih tinggi daripada benih ber-sarcotesta. Benih yang tidak disimpan maupun yang disimpan 10, 20, dan 30 hari dalam berbagai inkubasi suhu memiliki kisaran indeks vigor 4 – 27 (Tabel 10).

Kandungan fenol. Kandungan fenol yang terkandung dalam selaput lendir yang menyelimuti benih carica ekuivalen asam galat sebesar 0,34% sedangkan pada benih yang dihilangkan sarcotesta-nya masih mengandung senyawa fenolik sebesar $12,40 \times 10^3$ ppm dan $23,10 \times 10^3$ ppm untuk benih yang tidak dihilangkan sarcotesta-nya dan belum mengalami penyimpanan. Semakin lama disimpan, maka kandungan senyawa fenolik pada benih menurun sehingga dapat dikatakan apabila benih mengalami penyimpanan yang cukup lama, dormansi pada benih akibat adanya senyawa fenolik juga dapat diatasi (Gambar 5).

**Gambar 5. Kandungan Total Fenol pada benih ber-sarcotesta selama penyimpanan**

Benih ber-sarcotesta mengalami peningkatan kadar air lebih tinggi dibandingkan benih yang dihilangkan sarcotesta-nya pada umur simpan hari ke-20 sebesar 10,07% (Tabel 2). Menurut Dias *et al.* (2014), sarcotesta mempunyai kemampuan yang cukup besar untuk mengabsorpsi air sesuai dengan struktur

kimianya yang khas, yaitu bentuk ikatan antara protein dan tannin sehingga higroskopis. Oleh karena itu, sarcotesta benih yang bersifat higroskopis menyebabkan benih mudah melepaskan ataupun menyerap air dari dan ke lingkungan sekitar benih. Oleh karena itu, benih bersarcotesta menyerap air lebih besar, namun penyerapan air ini hanya pada permukaan kulit benih karena keberadaan sarcotesta yang sebagian besar membentuk lapisan lilin yang keras akan menutup permukaan kulit benih, sehingga menghambat air untuk masuk ke dalam benih. Tingginya kadar air pada benih ber-sarcotesta dikarenakan lapisan sarcotesta yang masih melekat pada benih menyebabkan benih dalam keadaan lembab.

Kadar air benih dari waktu ke waktu tidak mengalami kenaikan yang cukup tinggi selama penyimpanan. selisih kenaikan hanya berkisar 1-2% (Tabel 2), demikian juga nilai daya hantar listrik (Tabel 3) yang selisihnya berkisar 1-4% dan laju respirasi benih (Tabel 4) yang selisih kenaikannya tidak terlalu tinggi (0,01-0,11%) sehingga benih yang rusak tidak terlalu banyak, hanya berkisar 1-5% (Tabel 5). Menurut Noflindawati *et al.* (2017), kemampuan benih berkecambah kurang dari 50% menunjukkan kualitas benih yang rendah sehingga berdasarkan penelitian ini kerusakan benih dibawah 35% masih tergolong benih dengan kriteria rusak ringan. Webster *et al.* (2016) menyatakan bahwa tingginya laju respirasi sebanding dengan kenaikan kadar air yang tinggi, sehingga mengakibatkan benih cepat rusak karena aktivitas metabolisme di dalam benih yang tinggi. Penghilangan lapisan sarcotesta dengan diinkubasi pada suhu 15°C selama 10 hari menunjukkan adanya peningkatan daya kecambah sebesar 21,53% dibandingkan dengan benih ber-sarcotesta (Tabel 6). Penghilangan lapisan sarcotesta ini selain menghasilkan daya kecambah yang tinggi (lebih dari 80%) juga menghasilkan kecepatan pematangan dormansi 2 - 6 hari lebih cepat (Tabel 8), potensi tumbuh maksimum (PTM) lebih tinggi dengan selisih 6-11% (Tabel 9), dan indeks vigor yang lebih tinggi dibandingkan benih bersarcotesta (Tabel 10).

Benih yang bersarcotesta memiliki kualitas benih yang rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor internal benih tersebut, yang menyebabkan zat-zat yang dibutuhkan untuk aktivitas metabolisme benih sukar masuk ke dalam benih serta adanya senyawa fenolik yang

mengikat oksigen dari luar sehingga benih tidak dapat memanfaatkan untuk proses respirasi (Kadiri *et al.*, 2016). Sarcotesta yang berada di kulit benih ini menurut Salomão and Mundim (2000), merupakan lapisan yang terdapat dalam kulit benih, mengandung senyawa fenolik yang dapat menghambat perkecambahan dan memicu dormansi dan berperan sebagai inhibitor sehingga perkecambahan dan pertumbuhan bibitnya rendah.

Upaya lain untuk mempertahankan viabilitas benih carica selain dengan penghilangan lapisan sarcotesta, cara mempertahankan viabilitas benih tersebut dapat menggunakan variasi suhu. Pemberian suhu diharapkan mampu mereduksi pengaruh zat penghambat benih (fenolik) yang ada dalam embrio, endosperm maupun kulit benih. Pemberian suhu sekaligus mampu meningkatkan zat perangsang tumbuh yang ada dalam benih (Saran *et al.*, 2016). Inkubasi suhu 15°C selama 10 hari mampu memberikan hasil terbaik terhadap hampir semua variabel yang diamati.

Menurut Alara *et al.* (2020), sarcotesta mengandung protein, serat, tannin dan abu. Kandungan kimia yang ada pada sarcotesta berpotensi berpengaruh negatif terhadap perkecambahan benih sehingga harus dihilangkan. Menurut Wood *et al.* (2000) dan Webster *et al.* (2016), pada kulit benih terjadi reaksi enzimatik yang mengoksidasi senyawa fenol menjadi quinone sehingga tingginya senyawa fenol pada kulit benih akan menurunkan laju difusi oksigen ke dalam embrio dan impermeabilitas kulit benih terhadap oksigen akan menyebabkan dormansi. Enzim yang mengkatalis senyawa fenol adalah enzim fenol oksidase yang bekerja pada temperatur hangat (34 °C). Pemberian suhu rendah menyebabkan enzim tidak aktif sehingga senyawa fenol yang terdapat kulit benih tidak akan bereaksi dan membentuk lapisan lilin yang keras.

Parameter yang satu dengan yang lain saling berkaitan, antara parameter fisiologi benih dan kualitas benih. Nilai kadar air benih, laju respirasi, dan daya hantar listrik memiliki hubungan korelasi yang positif dimana kenaikan laju respirasi akan diikuti oleh kenaikan kadar air dan daya hantar listrik (Tabel 1, 2, dan 3). Hal ini didukung pernyataan Nurhisyam *et al.* (2013), bahwa kerusakan membran sel karena kadar air yang tinggi akan

menyebabkan kebocoran membran sel, sehingga terdapat unsur-unsur yang keluar dari benih. Kebocoran menyebabkan benih kekurangan bahan yang dapat dirombak untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan untuk sintesis protein guna pembentukan dan pertumbuhan sel-sel. Kebocoran membran akan diikuti respirasi benih yang tinggi karena aktivitas metabolisme benih menjadi cepat. Akibatnya, selain benih mudah rusak, benih akan berkecambah namun tidak maksimal karena cadangan makanan telah habis sehingga sering terjadi pertumbuhan abnormal.

Kesimpulan

1. Penghilangan lapisan sarcotesta dapat mempertahankan viabilitas benih carica yang ditunjukkan dengan peningkatan daya kecambah sebesar 21,53%, potensi tumbuh maksimum lebih dari 80% pada hari ke-10 dan 20 umur simpan, indeks vigor benih lebih dari 25 pada hari ke-10 dan 20 umur simpan.
2. Belum dapat ditentukan suhu optimum untuk mematahkan benih carica. Kondisi simpan pada 15°C selama 10 hari dapat menjadi alternatif untuk menghasilkan viabilitas benih terbaik karena mampu menghasilkan daya kecambah sebesar 81,25%, potensi tumbuh maksimum 83,38%, bobot kering bibit 0,145 g, dan nilai indeks vigor hipotetik paling tinggi yaitu 1,97.

Daftar Pustaka

- Alara, O.R., N.H. Abdurahman, and J.A. Alara. 2020. Carica papaya: comprehensive overview of the nutritional values, phytochemicals and pharmacological activities. *Adv. Tradit. Med.* <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00481-3>
- Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 2001. *Principles of seed science and technology*, 4th ed. Springer Science+Business Media, LLC. Kluwer Academic Publishers, New York.
- de Melo, A.P.C., and A. Seguíni. 2013. Stages of maturity and removal of physical sarcotesta on seedling emergence and development of papaya. *Comunicata Scientiae*, 4(1):20-25.
- Dias, D.C.F.S., W.T. Estanislau, L.A.S. Dias, S.L.D. Marin. 2009. Influence of sarcotesta, moisture content and packaging material on papaya seed germination during storage. *Seed Sci. and Technol.*, 37, 372-382.
- Dias, M.A., D.C.F. dos S. Dias, F.G.G. Junior, and S.M. Cícero. 2014. Morphological changes and quality of papaya seeds as correlated to their location within the fruit and ripening stages. *Idesia* 32, 27-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000100004>
- Dinesh, M.R., A. Vani, C. Aswath, and R.D. Rawal. 2017. *Biology of Carica papaya (papaya)*, Crop Specific Biology Documents. Ministry of Environment, Forest and Climate Change, India.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*, 2nd ed. A Wiley-interscience Publication, New York . Chichester . Brisbane . Toronto . Singapore.
- Gulcin, I., M. Oktay, E. Kirecci, O.I. Kufrevioglu. 2003. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food Chem* 83, 371.
- Hartati, R. 2018. Optimalisasi cara ekstraksi sarkotesta terhadap proses dan hasil viabilitas benih pepaya (*Carica papaya* L.). *JOPT* 3, 48-55. <https://doi.org/10.35308/jopt.v3i4.266>
- Jesus, V.A.M. de, E.F. Araújo, F.L. Santos, L.A. dos S. Dias, R.F. da Silva. 2016. Sodium hypochlorite for removal of the sarcotesta from newly extracted and stored papaya seeds. *J. Seed Sci.* 38, 358-364. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4159502>
- Kadiri, O., S.O. Gbadamosi, B. Olawoye, and C.T. Akanbi. 2016. Changes in Total Phenolic and Protein Contents during Production of Protein Isolates from Carica papaya (Pawpaw) Seeds. *Turkish JAF Sci.Tech.* 4, 1006-1013. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i11.1006-1013.550>
- Lay, P., G.V. Basvaraju, G. Sarika, N. Amrutha. 2013. Effect of seed treatments to enhance seed quality of papaya (*Carica papaya* L.) cv.Surya. *Global J. Biol. Agric. and Health Sci.*, 2(3), 221-225.
- Noflindawati, T. Budiyaniti, dan D. Fatria. 2017. Keragaman viabilitas benih 20 genotipe pepaya (*Carica papaya* L.). *J. Agrotek.* 8, 23-28. <https://doi.org/10.24014/ja.v7i2.3356>

- Nurhisyam, A.K., C.T. Seng, A.A. Ismail, N.N. Azwanida, S. Shazani, M.H. Jamaludin. 2013. Effect of storage temperature and seed moisture contents on papaya (*Carica papaya* L.) seed viability and germination. *J. Sust. Sci. Manag.* 8, 87-92.
- Salomão, A.N. and R.C. Mundim. 2000. Germination of Papaya Seed in Response to Desiccation, Exposure to Subzero Temperatures, and Gibberellic Acid. *Hort. Sci.* 35, 904-906. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.5.904>
- Saran, P.L., R. Choudhary, I.S. Solanki, S. Ercisli. 2016. Influence of temperature on seed germination in papaya under subtropical conditions of India. *Erwerbs-Obstbau* 58, 199-202. <https://doi.org/10.1007/s10341-016-0275-9>
- Sari, M. 2005. Pengaruh Sarcotesta dan Kadar Air Benih terhadap Kandungan Total Fenol dan Daya Simpan Benih Pepaya (*Carica papaya* L.) (Tesis). IPB, Bogor.
- Webster, R.E., W.M. Waterworth, W. Stuppy, W., C.E. West, R. Ennos, C.M. Bray, and H.W. Pritchard. 2016. Biomechanical, biochemical, and morphological mechanisms of heat shock-mediated germination in *Carica papaya* seed. *J. Exp. Bot.* 67, 6373-6384. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw402>
- Wood, C.B., H.W. Pritchard, and D. Amritphale. 2000. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. *Seed Sci. Res.* 10, 135-145. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000143>
- Yogeesha, H.S., C. Vasugi, K. Bhanuprakash, and L.B. Naik. 2013. Papaya (*Carica papaya*) seed quality as influenced by stage of fruit harvest, postharvest ripening and seed extraction. *Indian J. Agric. Sci.* 83, 928-932.
- Zainudin, A. and A.A. Adini. 2019. The response of seed germination and seedling growth of papaya (*Carica papaya* L.) cv Calina to the concentration treatments and the duration of seed soaked In coconut water. *JTCST* 1, 1-7. <https://doi.org/10.22219/jtcst.v1i1.7871>

Rosniawaty, S. · R. Sudirja · M. Ariyanti · S. Mubarak · A. Wahyudin

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah Inceptisol

Sari. Penanaman bibit kakao pada tanah inceptisol memiliki beberapa kendala, salah satunya adalah bahan organik rendah. Peningkatan pertumbuhan tanaman kakao pada awal tanam dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik. Saat ini terdapat bahan organik berbentuk cair, namun pengaruhnya terhadap kakao belum menghasilkan belum diketahui, karena pada umumnya bahan organik yang digunakan pada tanaman kakao berbentuk padat. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh bahan organik berbeda (asam humat dan pupuk kotoran sapi) terhadap kesuburan tanah, pertumbuhan, dan fisiologi tanaman kakao belum menghasilkan. Percobaan dilakukan pada bulan Januari sampai Desember 2017 di kebun percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Perlakuan yang diaplikasikan adalah dosis asam humat per tanaman (0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL) serta dosis pupuk kotoran sapi per tanaman (0 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg, dan 20 kg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis bahan organik cenderung meningkatkan kapasitas tukar kation dan kandungan C-organik, tetapi tidak berpengaruh terhadap pH tanah. Bahan organik padat maupun cair tidak memberikan pengaruh terhadap pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan indeks klorofil pada tanaman kakao belum menghasilkan, namun pupuk kotoran sapi 10 kg per tanaman yang diberikan pada awal pertumbuhan tanaman memberikan pertambahan jumlah daun terbaik.

Kata kunci: Asam humat · Kakao · Kotoran sapi · Tanaman belum menghasilkan

Effect of organic materials addition on soil fertility, plant growth and physiology of immature cocoa plants in Inceptisol soil

Abstract. Planting cacao seedlings on inceptisol face several problems, one of them is low organic matter content. The application of organic materials can be used to increase cocoa plant growth at early planting stage. Recently, new formulation of organic fertilizer, i.e., liquid organic fertilization, has been produced, but its effects on immature cocoa plants growth have not been clearly identified, because the organic matter applied in cocoa plants is usually the solid ones. The objectives of this experiment was to investigate the effect of different organic matter (humic acid and solid cow manure) on soil fertility, the growth and physiology of immature cocoa plants. The experiment was conducted from January to December 2017 in the experimental field of the Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Randomized Block Design was performed in this experiment with 9 treatments and 3 replications. Applied treatments were doses of humic acid per plant (0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL and 20 mL) and doses of cow manure per plant (0 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg and 20 kg). The results showed that both organic matters tended to cation exchange capacity and C-organic content, but did not affect the soil pH. Both organic matters did not significantly affect the increase of plant height, the increase of stem diameter, and chlorophyll index of immature cocoa plants, but 10 kg of solid cow dung per plant given at the beginning of plant growth gave the highest number of leaves produced.

Keywords : Humic acid · Cocoa · Cow manure · Immature plant

Diterima : 14 Maret 2021, Disetujui : 8 Juni 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.32621](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.32621)

Rosniawaty, S.¹ · R. Sudirja² · M. Ariyanti¹ · S. Mubarak¹ · A. Wahyudin¹

¹ Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

² Departemen Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Korespondensi: santi.rosniawaty@unpad.ac.id

Rosniawaty, S. *dkk.* : Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah inceptisol

Pendahuluan

Saat ini Indonesia menempati urutan ke-6 sebagai negara penghasil biji kakao dengan produksi pada tahun 2017/2018 sebanyak 240.000 ton, urutan pertama dan kedua masing-masing adalah negara Pantai Gading dan Ghana dengan produksi sebesar 1.964.000 ton dan 905.000 ton (ICCO, 2020). Dilihat dari persaingan internasional, produksi kakao Indonesia masih perlu ditingkatkan. Produktivitas kakao Indonesia yang diusahakan oleh perkebunan rakyat sebesar 346 kg/ha, perkebunan swasta 641 kg/ha, dan perkebunan negara 819 kg/ha (Badan Pusat Statistik, 2019). Hasil tersebut masih di bawah potensi genetik kultivar kakao di Indonesia yang berkisar antara 1 - 3 ton/ha/tahun. Perlu adanya peningkatan teknologi budidaya tanaman kakao sehingga produktivitasnya dapat mendekati atau mencapai potensi hasil tanaman kakao sebenarnya.

Inceptisol adalah salah satu jenis tanah masam yang sebarannya cukup luas di Indonesia, yaitu $\pm 70,5$ juta Ha (37,5%). Di Jawa Barat tanah Inceptisol seluas 897.845 Ha (Mulyani *et al.*, 2010). Inceptisol mempunyai tingkat kesuburan tanah dari rendah sampai tinggi, lapisan permukaan yang mudah tercuci, agregat kurang stabil, permeabilitas agak lambat, kandungan bahan organik rendah, pH dari rendah sampai sedang, serta kandungan liat yang cukup tinggi (Swanda *et al.*, 2015).

Peningkatan produktivitas tanaman kakao dapat dilakukan sejak awal tanam. Awal tanam, tanaman kakao memerlukan bahan organik. Lubang tanam diisi dengan pupuk hijau atau pupuk kandang (Firdausil dan Nasriati, 2008). Pupuk organik berfungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Alcántara, *et al.*, 2016). Terdapat dua bentuk pupuk organik, yaitu pupuk organik cair dan pupuk organik padat.

Pupuk organik cair dapat berasal dari urin hewan ternak, sedangkan pupuk organik padat berasal dari kotoran padat hewan ternak (Singh, 2012). Asam humat merupakan salah satu pupuk organik cair dan merupakan hasil akhir dekomposisi bahan organik. Menurut Prakash *et al.* (2018) bahwa pupuk alternatif yang tidak menimbulkan dampak serius adalah

pupuk organik seperti pupuk cair rumput laut, kascing, kompos ikan, mikroorganisme efektif, dan asam humat. Asam humat berfungsi meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan memperbaiki sifat kimia tanah lainnya. Asam humat adalah komponen tanah penting yang bisa meningkatkan ketersediaan nutrisi dan berdampak pada sifat-sifat kimia, biologi, dan fisik tanah yang penting (Khaled & Fawy, 2011).

Pupuk organik berbentuk padat dapat diperoleh dari kotoran hewan ternak, diantaranya berasal dari kotoran sapi. Pupuk kotoran sapi memiliki beberapa keunggulan. Kotoran sapi adalah sumber yang sangat baik untuk mempertahankan kapasitas produksi tanah dan meningkatkan populasi mikroba (Raj *et al.*, 2014). Kelebihan lainnya adalah mempunyai mineral dan unsur hara baik makro maupun mikro. Menurut Ram (2017), kotoran sapi mempunyai nutrisi dan mineral yang dibutuhkan tanaman seperti unsur N (3%), P (2%), dan K (1%).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan pengaruh positif dari aplikasi bahan organik pada pertumbuhan dan hasil kakao. Hasil penelitian Idaryani dan Sahardi (2016) menunjukkan bahwa pemberian kompos 5 kg + pupuk hayati 30 g per tanaman, memberikan hasil tanaman kakao tertinggi. Pemberian pupuk kandang 5 kg + 5 g urea + 5 g SP-36 meningkatkan pertumbuhan dan jumlah buah terbaik yaitu 38,67 buah/tanaman (Azri, 2015). Hasil penelitian Sari dan Abdoellah (2017) mengungkapkan bahwa aplikasi asam humat dengan dosis 10 g dan 30 g menghasilkan akar, diameter batang, dan berat daun bibit kopi lebih baik dibandingkan kompos dari ampas kopi dan pupuk kandang.

Penelitian mengenai pengaruh perbedaan bentuk bahan organik pada tanaman kakao muda (tanaman belum menghasilkan, TBM) masih belum banyak dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perbedaan bentuk bahan organik terhadap pertumbuhan kakao belum menghasilkan. Adapun bentuk bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan organik cair (asam humat) dan padat (kotoran sapi) yang diaplikasikan pada awal penanaman.

Bahan dan Metode

Percobaan ini dilaksanakan pada Januari 2017 sampai Desember 2017 di Kebun Percobaan Ciparanje Jatinangor, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang dengan ketinggian tempat ± 752 m di atas permukaan laut. Ordo tanah di lokasi percobaan adalah Inceptisol dan tipe curah hujan termasuk tipe C (agak basah) menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson.

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) kultivar Sulawesi 1 umur 0 bulan setelah pindah tanam dari pembibitan yang ditanam dengan jarak tanam 300×300 cm² dan tanaman Gamal (*Gliricidia sepium*) sebagai pohon pelindung. Pupuk yang digunakan untuk perlakuan adalah larutan asam humat dan kotoran sapi (hasil analisis tercantum pada Tabel 1) serta pupuk NPK Tablet sebagai pupuk dasar dengan komposisi N, P, K, Mg, S, Ca, dan unsur mikro (16:16:16:2:2:4:1).

Tabel 1. Kandungan unsur hara asam humat dan kotoran sapi, yang digunakan dalam penelitian

Parameter	Jenis pupuk	
	Asam humat*	Kotoran sapi**
N (%)	0,56	1,06
P (%)		1,27
	0,004	
K (%)	3,71	0,34
Mg (%)	-	-
S (%)	-	-
Ca (%)	-	-
Unsur mikro (%)	-	-
pH H ₂ O	9,00	7,00
C-organik (%)	7,56	36,21
C/N	13,3	24,16
Humic acid (%)	12,5	-
Kadar Air (%)	-	18,28

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 9 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Masing-masing perlakuan di setiap ulangan terdiri dari 2 tanaman sehingga digunakan 54 tanaman. Perlakuannya adalah:

A = Kontrol (tanpa asam humat dan tanpa pupuk kandang);

B = Asam Humat 10 mL/tanaman;

C = Asam Humat 20 mL/tanaman;

D = Asam Humat 30 mL/tanaman;

E = Asam Humat 40 mL/tanaman;

F = Pupuk Kotoran Sapi 5 kg/ lubang tanam;

G = Pupuk Kotoran Sapi 10 kg/ lubang tanam;

H = Pupuk Kotoran Sapi 15 kg/ lubang tanam;

I = Pupuk Kotoran Sapi 20 kg/ lubang tanam.

Aplikasi pupuk kotoran sapi dilakukan pada saat tanam, sedangkan asam humat pada saat tanam dan 7 bulan setelah tanam, masing-masing setengah dosis perlakuan. Pengamatan dilakukan pada kesuburan tanah (pH, KTK, dan C-organik tanah), pertumbuhan tanaman (pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan pertambahan jumlah daun), serta fisiologi tanaman (indeks kandungan klorofil). Pengukuran pH menggunakan metode *electrometry*, Penentuan C-organik dengan metode Walkley & Black, serta Penentuan KTK dengan Ekstrak NH₄Oac 1M pH 7,0 (Eviati dan Sulaeman, 2009).

Data pertambahan diperoleh dengan cara menghitung selisih saat pengamatan (1 - 10 bulan) dengan data saat tanam. Analisis data menggunakan Uji F dan dilanjutkan dengan uji beda antar rata-rata perlakuan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% (Gomez dan Gomez, 2016).

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis tanah di tempat penelitian sebelum perlakuan dan setelah penelitian tercantum pada Tabel 2. Penurunan pH terjadi dari semula 7,18 menjadi sekitar 6 pada semua perlakuan, baik kontrol maupun perlakuan aplikasi bahan organik. Hal ini mungkin disebabkan tanah di pembukaan lahan penelitian mengandung bahan organik yang belum terdekomposisi sepenuhnya. Dekomposisi bahan organik menghasilkan pembentukan asam organik terlarut, Asam yang dihasilkan selama dekomposisi serasah di permukaan bergerak turun melalui tanah dengan air perkolasi menghilangkan kation basa seperti kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), dan kalium (K⁺) yang lepas dari mineral. Keseimbangan muatan dipertahankan melalui akumulasi H⁺ dan konsentrasi aluminium pembentuk asam (Al). Pencucian asam ini menciptakan tanah yang cenderung sedikit masam (pH 6,5) hingga sangat masam (pH 3,8) di permukaan tanah (Morris, 2004).

Terdapat kenaikan KTK tanah dan C organik dari semula 14,04 cmol/kg menjadi 16,13 cmol/kg dan dari 1,57% menjadi 4,40%. Bahan organik berfungsi untuk meningkatkan KTK dan C

organik tanah, seperti telah dikemukakan oleh Ferreiro *et al.* (2016), bahwa peningkatan bahan organik tanah akan meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KTK) dan meningkatkan kesuburan tanah. Terjadi perubahan pada pH, KTK, dan C Organik akibat pemberian bahan organik.

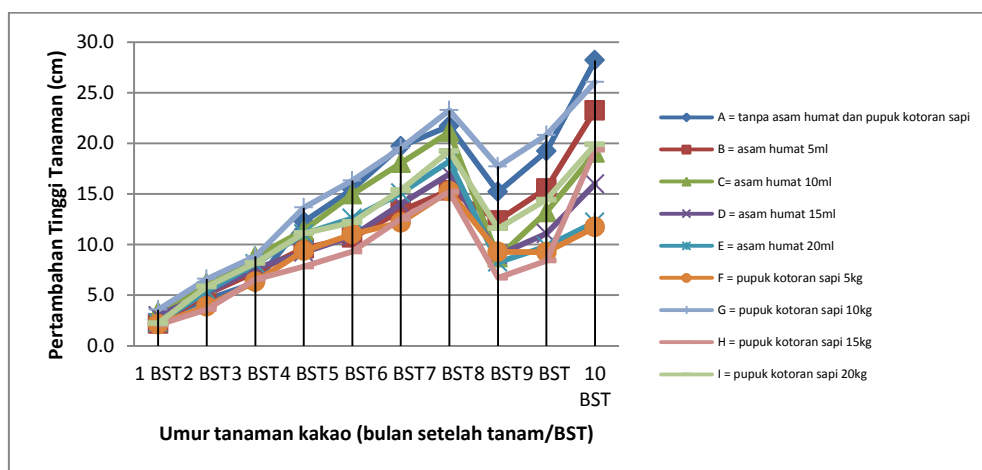
Pertambahan Tinggi Tanaman. Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan pertambahan tinggi tanaman kakao yang disebabkan pemberian bahan organik dengan bentuk berbeda pada umur 1 sampai 10 bulan setelah tanam (Gambar 1). Hal ini dapat disebabkan oleh pH seperti pada Tabel 2 yang hampir sama di setiap perlakuan pada akhir percobaan dengan kriteria agak masam.

Kemasaman tanah akan berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara yang pada akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Neina (2019) mengemukakan bahwa pH tanah, digambarkan sebagai "variabel tanah induk" yang mempengaruhi berjuta-juta sifat biologis, kimia, dan fisik tanah dan proses yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil biomassa. Menurut Kyveryga *et al.* (2004) mengamati bahwa kisaran pH tanah 6 hingga 8 sangat mempengaruhi tingkat nitrifikasi pupuk N. Unsur N berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, diantaranya pada pertumbuhan tinggi tanaman. Aplikasi N dan P berpengaruh terhadap tinggi tanaman (Razaq *et al.*, 2017).

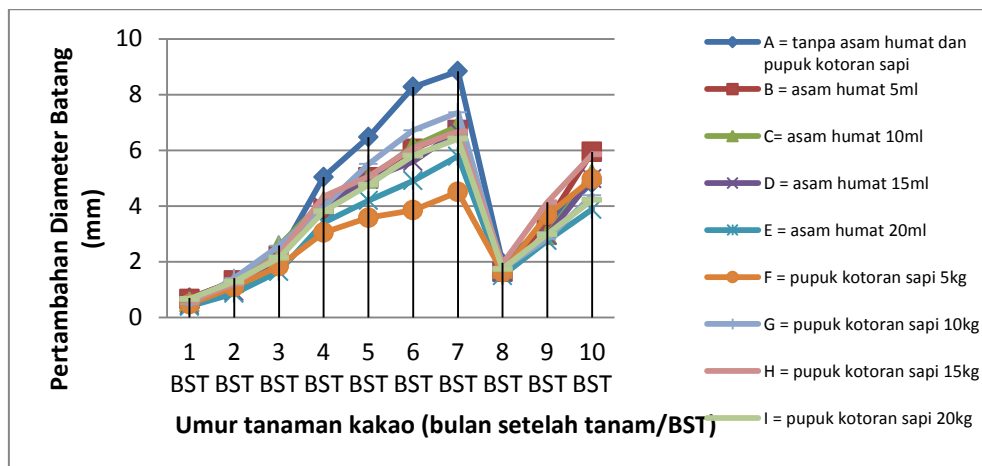
Tabel 2. Hasil analisis tanah pada awal dan akhir percobaan.

No	Perlakuan	pH (H ₂ O)	KTK (cmol/kg)	C-organik (%)	Harkat*
1.	Analisis Tanah Awal	7,18	14,04	1,57	netral; sedang; rendah
2.	Analisis Tanah Akhir:				
	A= Kontrol	6,23	17,44	4,72	Agak masam;sedang;tinggi
	B= Asam Humat 5 ml	6,17	16,50	4,09	Agak masam;rendah;tinggi
	C= Asam Humat 10 ml	6,33	16,56	5,00	Agak masam; rendah;tinggi
	D= Asam Humat 15 ml	6,13	16,81	5,44	Agak masam;sedang;sangat tinggi
	E= Asam Humat 20 ml	6,28	17,82	4,13	Agak masam;sedang;tinggi
	F= Pupuk Kotoran Sapi 5 kg	6,27	16,59	4,27	Agak masam;rendah;tinggi
	G= Pupuk Kotoran Sapi 10 kg	6,34	16,37	3,63	Agak masam;rendah;tinggi
	H= Pupuk Kotoran Sapi 15 kg	6,39	14,49	4,28	Agak masam;rendah;tinggi
	I= Pupuk Kotoran Sapi 20 kg	6,40	14,31	4,08	Agak masam; rendah;tinggi

Keterangan: Analisis dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman Jurusan Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Unpad, 2017. *penggolongan berdasarkan Hardjowigeno (1995).



Gambar 1. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan tinggi kakao pada umur 1 -10 bulan setelah tanam (BST)



Gambar 2. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan diameter batang kakao pada umur 1-10 bulan setelah tanam (BST).

Pertambahan Diameter Batang. Secara umum peningkatan C organik di akhir percobaan (Tabel 2) akan menyediakan hara tersedia yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Han *et al.* (2016) mengemukakan bahwa pupuk organik secara signifikan meningkatkan konsentrasi nitrogen, fosfor yang tersedia, kalium yang dapat ditukar, kalsium, dan magnesium. Unsur hara tersebut merupakan unsur hara makro yang berperan dalam pertumbuhan tanaman, baik secara horizontal maupun vertikal. Menurut Leghari (2016), nitrogen memainkan peran terpenting dalam berbagai proses fisiologis merangsang pertumbuhan daun, batang, dan pertumbuhan serta perkembangan bagian vegetatif lainnya. Namun demikian, tidak terdapat perbedaan pertambahan diameter batang kakao yang disebabkan pemberian bahan organik dengan bentuk berbeda selama pengamatan 10 bulan setelah tanam (Gambar 2). Hal ini dapat disebabkan diameter batang merupakan pertumbuhan batang ke arah samping/horizontal dan pertumbuhannya lambat sehingga belum dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, sejalan dengan penelitian Putz (1990) pada pohon berkayu merambat (*Liana sp.*), bahwa pertumbuhan diameter batang berjalan lambat.

Pertambahan Jumlah Daun. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan respons pertambahan jumlah daun kakao terhadap perlakuan pada umur 1, 8, 9 dan 10 bulan (Tabel 3). Perlakuan pupuk organik kotoran

sapi dengan dosis 10 kg mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun kakao. Jumlah daun sangat dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis dan aktifitas ini tergantung pada ketersediaan unsur N.

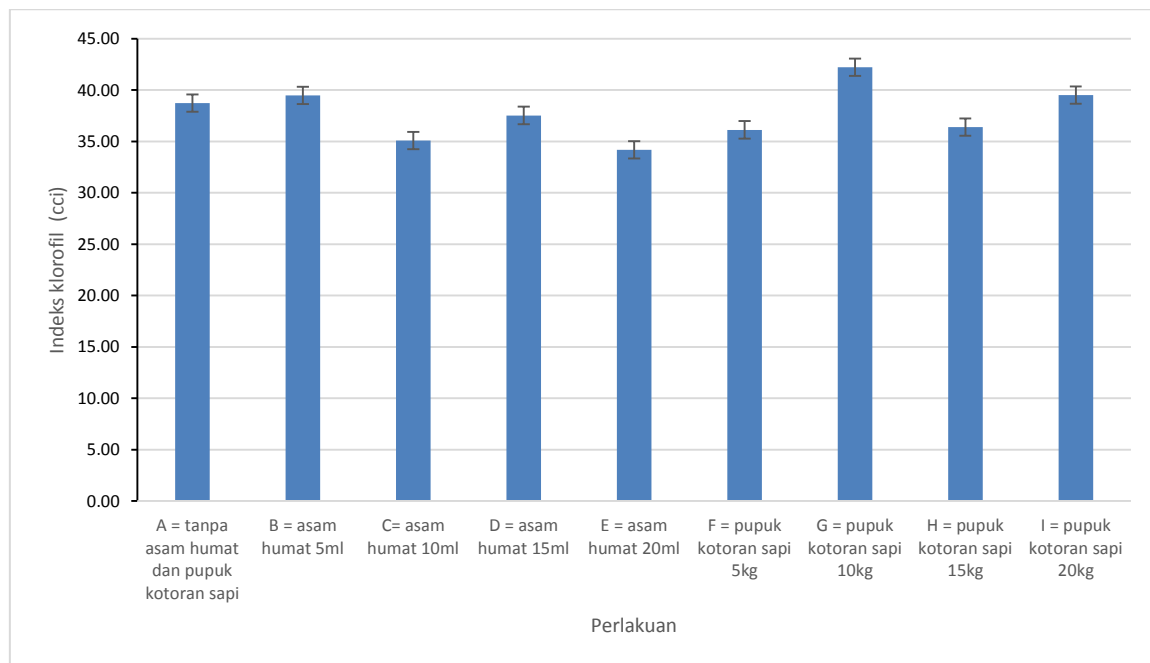
Nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti pertumbuhan daun. Unsur N merupakan unsur pokok penyedia komponen sel tanaman termasuk asam amino, protein, dan asam nukleat (Taiz and Zeiger, 2010). Unsur N merupakan salah satu pembentuk klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis dan enzim-enzim yang terlibat dalam proses fotosintesis. Unsur N menyusun protein-protein sehingga berpengaruh pada pertumbuhan daun. Menurut Olson and Kurtz (1982) unsur N merupakan komponen molekul klorofil, komponen asam amino pembentuk protein, esensial bagi aktivasi karbohidrat, komponen enzim, dan merangsang pertumbuhan akar, serta mendukung pengambilan hara.

Pemberian pupuk kotoran sapi 10 kg sudah optimum untuk pertumbuhan daun kakao selama 10 bulan, sementara peningkatan dosis tidak memberikan pengaruh pada pertumbuhan daun. Tisdale *et al.* (1993) mengemukakan bahwa penyerapan unsur hara oleh tanaman secara berlebihan tidak mempengaruhi hasil tetapi menambah konsentrasi unsur hara dalam tanaman yang disebut dengan *luxury consumption*, selain itu, hukum *law of diminishing returns* mengemukakan bahwa tidak ada respons lebih lanjut pada tanaman dengan peningkatan sejumlah unsur hara.

Tabel. 3. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan jumlah daun kakao pada umur 1 -10 bulan setelah tanam (BST).

Perlakuan	Pertambahan jumlah daun (helai)									
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST	8 BST	9 BST	10 BST
A	3,83 ab	7,83	7,83	12,67	16,83	17,50	18,17	12,64 b	16,79 b	22,44 b
B	0,33 d	6,33	7,50	7,17	9,50	11,67	9,17	17,33 b	27,33 b	35,00 b
C	0,67 cd	4,83	6,17	7,67	12,00	10,67	9,67	16,17 b	31,33 b	38,00 b
D	3,33 abc	5,83	6,33	8,67	11,67	10,00	11,33	16,50 b	22,17 b	25,67 b
E	2,83 abcd	3,83	6,00	6,33	7,33	9,17	11,17	11,50 b	15,67 b	22,83 b
F	1,17 bcd	4,17	5,83	6,50	8,83	14,17	12,17	11,50 b	21,17 b	39,00 b
G	5,17 a	8,00	9,33	13,83	17,00	18,67	18,17	47,21 a	42,51 a	70,84 a
H	2,33 abcd	4,33	4,83	6,83	7,67	11,50	10,00	20,83 b	28,50 b	34,80 b
I	1,67 abc	5,83	6,83	7,50	8,67	11,33	10,83	22,67 b	15,78 b	28,98 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%; BST = bulan setelah tanam; A = kontrol; B = asam humat 5 mL; C = asam humat 10 mL; D = asam humat 15 mL; E = asam humat 20 mL; F = pupuk kotoran sapi 5 kg; G = pupuk kotoran sapi 10 kg; H= pupuk kotoran sapi 15 kg; I = Pupuk kotoran sapi 20 kg.



Gambar 3. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap indeks klorofil daun kakao.

Indeks Klorofil. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan indeks klorofil akibat pemberian jenis bahan organik berbeda (Gambar 3). Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian pupuk majemuk berbentuk tablet yang mengandung unsur Mg sebagai pupuk di awal penanaman pada semua tanaman kakao. Unsur Mg merupakan salah satu komponen klorofil (Taiz and Zeiger, 2006). Magnesium (Mg) adalah kation paling melimpah kedua dalam tanaman (Peng *et al.*, 2019). Menurut Cakmak & Yazici (2010), proses dan reaksi metabolik tertentu yang dipengaruhi

oleh Mg diantaranya adalah pembentukan klorofil. Magnesium (Mg)-kelatase adalah kompleks enzim heterotrimerik yang mengkatalisis regulasi dan reaksi enzimatik dalam biosintesis klorofil (Rissler *et al.*, 2002).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan organik berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan indeks klorofil tanaman kakao muda, namun pupuk

kotoran sapi 10 kg per tanaman yang diberikan pada awal pertumbuhan tanaman memberikan pertambahan jumlah daun terbaik. Terdapat kecenderungan peningkatan KTK dan C-organik akibat pemberian bahan organik.

Daftar Pustaka

- Azri. 2015. Pengaruh Pemupukan terhadap Pertumbuhan dan Buah Tanaman Kakao. *Agros*, 17(2), 222-227.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Cakmak, I.A. and A.M. Yazici. 2010. Magnesium: A forgotten element in crop production. *Better Crops*, 94(2), 23-25.
- Ferreiro, J.P., V.P. de Almeida, M.C. Alves, C.A. de Abreu, S.R. Viera, and E.V. Vazquez. 2016. Spatial Variability of Soil Organic Matter and Cation Exchange Capacity in an Oxisol under Different Land Uses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(51), 75-89. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1232099>
- Firdausil, A.B., A.Y. Nasriati. 2008. Teknologi Budidaya Kakao. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Retrieved from <http://bbp2tp.litbang.pertanian.go.id/images/stories/budidaya/kakao.pdf>
- Gomez, K.A., and A.A. Gomez. 2016. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. UI Press. <https://doi.org/10.1080/02673843.2013.847850>
- Han, S., H., J.Y. An, J.Hwang, S.B. Kim, and B.B. Park. 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology*, 12(3), 137-143. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>
- ICCO. Statistic Production. 2019. Retrieved from https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/46-statistics-production.html.
- Idaryani dan Sahardi. 2016. Respon Beberapa Sifat Kimia dan Hasil Tanaman Kakao terhadap Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. Banjarbaru.
- Jiang, J., Y. Wang, M. Yu, N. Cao. and J. Yan. 2018. Soil organic matter is important for acid buffering and reducing aluminum leaching from acidic forest soils. *Chemical Geology*, 501, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.10.009>
- Khaled, H., and H.A. Fawy. 2011. Effect of different Levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6(1), 21-29. <https://doi.org/10.17221/4/2010-swr>
- Kyveryga, P.M., A.M. Blackmer, J.W. Ellsworth, and R. Isla. 2004. Soil pH effects on nitrification of fall-applied anhydrous ammonia. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2), 545-551.
- Leghari, S. J., N. A. Wahocho, G. M. Laghari, K.H. Talpur, and S.A. Wahocho, and A.A. Lashari. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology (Jordan)*, 10(9), 209-218.
- Martínez-Alcántara, B., M.R. Martínez-Cuenca, A. Bermejo, F. Legaz, and A. Quiñones. 2016. Liquid organic fertilizers for sustainable agriculture: Nutrient uptake of organic versus mineral fertilizers in citrus trees. *PLoS ONE*, 11(10), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161619>
- Morris, L.A. 2004. Soil Biology and Tree Growth. *Soil Organic Matter Forms and Functions*. In Burley, J (Ed.). *Encyclopedia of Forest Sciences*, Pages 1201-1207. Elsevier.
- Mulyani, A., A. Rahman, A. Dariah. 2010. Penyebaran lahan masam, potensi, dan ketersediaannya untuk pertanian. *Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam*, hal. 23-34. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Neina, D. 2019. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Olson, R.A., and L.T. Kurtz. 1982. Crop Nitrogen Requirements, Utilization, and fertilization. In R. D. H. and d. r. K. J.F. Stevenson, J.M. Bremner (Ed.), *Nitrogen in agricultural soils*

- (pp. 567-599). ASA, CSAA, SSSA, Madison WI.
- Peng, Y.Y., L.L. Liao, S. Liu, M.M. Nie, J. Li, L.D. Zhang, Z.C. Chen. 2019. Magnesium deficiency triggers SGR-mediated chlorophyll degradation for magnesium remobilization. *Plant Physiology*, 181, 262-275. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00610>
- Prakash, P., A. Mitra, R. Nag, and S. Sunkar. 2018. Effect of Seaweed Liquid Fertilizer and Humic Acid Formulation on the Growth and Nutritional Quality of *Abelmoschus esculentus*. *Asian Journal of Crop Science*, 10(1), 48-52. <https://doi.org/https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajcs.2018.48.52>
- Putz, F. E. (1990). Liana Stem Diameter Growth and Mortality Rates on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 22(1), 103-105. <https://doi.org/10.2307/2388725>
- Raj, A., M.K. Jhariya, and P. Toppo. 2014. Cow dung for ecofriendly and sustainable productive farming. *International Journal of Scientific Research*, 3(10), 201-212.
- Ram. 2017. Effective use of cow dung manure for healthy plant growth. *International Journal of Advanced Research and Development*, 2(5), 218-221.
- Razaq, M., P. Zhang, H.L. Shen, and Salahuddin. 2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS ONE*, 12(2), 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171321>
- Rissler, H.M, E. Collakova, D. DellaPenna, and J.P.B. Whelan. 2002. Chlorophyll biosynthesis. Expression of a second chl I gene of magnesium chelatase in *Arabidopsis* supports only limited chlorophyll synthesis. *Plant Physiol*, 128, 770-779.
- Sari dan Abdoellah. 2017. Effectiveness of Humic Acid Application on Growth of Coffee Seedlings. *Pelita Perkebunan* 33 (3) : 188-194
- Singh, R.P. 2012. *Organic Fertilizers: Types, Production and Environmental Impact*. New York: Nova Science Inc.
- Swanda, J., H. Hanum, dan P. Marpaung. 2015. Perubahan sifat kimia inceptisol melalui aplikasi bahan humat ekstrak gambut dengan inkubasi dua minggu. *J. Agroekoteknologi*, 3(1): 79 - 86.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sianuer Associates, Inc., Publisher. Sunderland, Massachussetts.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Havlin. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers. Better Crops/Summer 1993 (Fifth Edit)*. 445 Hutchinson Avenue, Columbus, OH 43235-5677: Macmillan Publishing Company.

Rahmani, F.A. · S. Mubarak · M.A. Soleh · B.M.P. Prawiranegara

Evaluasi kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau menggunakan cahaya buatan

Sari Permasalahan yang muncul untuk mengusahakan pertanian perkotaan adalah semakin sulitnya menemukan lahan pertanian yang dimiliki masyarakat dan kesempatan waktu yang minim untuk budidaya tanaman. Permasalahan tersebut dapat diatasi salah satunya dengan menggunakan sistem hidroponik ditambah pencahayaan buatan untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman. Penanaman *microgreen* dalam ruangan merupakan salah satu cara untuk memudahkan masyarakat dalam berbudidaya tanaman. Percobaan ini bertujuan untuk mempelajari jenis warna cahaya buatan terhadap kualitas nutrisi *microgreen* bayam merah dan bayam hijau. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Analisis Tanaman dan Pasca Panen Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor perlakuan, yaitu warna cahaya yang terdiri dari 5 level dan jenis tanaman yang terdiri dari 2 level. Faktor warna cahaya terdiri dari kontrol-cahaya matahari, kontrol artifisial-neon, lampu *light emitting diode* (LED) *full spectrum*, LED warna biru, dan LED warna merah. Faktor varietas tanaman yaitu *microgreen* bayam merah dan bayam hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pengaruh interaksi antara warna cahaya dan varietas tanaman terhadap kualitas nutrisi *microgreen* yaitu kandungan fenol, flavonoid, dan aktivitas penangkap radikal diphenyl picril hydrazil hydrate (DPPH). Respon masing-masing varietas menunjukkan kualitas nutrisi yang berbeda. Perlakuan pencahayaan LED warna biru dan *full spectrum* memberikan kualitas hasil terbaik pada *microgreen* bayam merah, sedangkan perlakuan pencahayaan LED warna merah dan biru memberikan kualitas hasil terbaik pada *microgreen* bayam hijau.

Kata kunci: Bayam · LED · *Microgreen* · Warna cahaya

Nutritional quality evaluation of red and green spinach microgreen grown under artificial light

Abstract. Agricultural problems in urban area are the obstacle to provide proper agricultural land owned by the local community and time limitation for plant cultivation activities. This problem can be overcome by using hydroponic system equipped by artificial lighting for plant growth needs. The concept of microgreen culture in indoor condition may ease people to have plant cultivation activities. The experiment was carried out to study the effect of different types of artificial light color on the nutritional quality of red and green spinach microgreen. The experiment was conducted at the Laboratory of Plant Analysis and Post-Harvest Horticulture, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. The experimental design was randomized block design with two factors: artificial light color consisting of five levels and plant species consisting of two levels. The light color factor consisted of sunlight-control, artificial neon tube lamp-control, full spectrum light emitting diodes (LEDs), blue LEDs, and red LEDs. Plant varieties were red and green spinach. The results showed that there was an interaction between light color and plant varieties on nutritional quality of microgreen, such as phenol, flavonoid content, and diphenyl picril hydrazil hydrate (DPPH) radical scavenging activity. The responses of red and green spinach showed different nutritional quality. Blue and full spectrum LED lighting gave the best nutritional quality to red spinach microgreen, while red and blue LED lighting treatments gave the best results to green spinach microgreen.

Keywords: Spinach · LED · *Microgreen* · Light colors

Diterima : 18 Mei 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.33365](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.33365)

Rahmani, F.A.¹ · S. Mubarak¹ · M.A. Soleh¹ · B.M.P. Prawiranegara²

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang, 45363

² Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang, 45363

Korespondensi: syariful.mubarak@unpad.ac.id

Pendahuluan

Permasalahan yang terjadi pada dua miliar masyarakat negara berkembang saat ini adalah *hidden hunger* akibat kekurangan vitamin dan mineral esensial (Bhatt and Sharma, 2018). Kekurangan vitamin dan mineral disebabkan kurangnya konsumsi buah dan sayur sebagai sumber zat gizi mikro. Lebih dari itu, penyakit kanker dan ginjal kronis marak terjadi di dunia akibat terpaparnya radikal bebas (Renna et al., 2018). World Health Organization (WHO) mengungkapkan setidaknya sekitar 400 g sayur dan buah per hari bermanfaat untuk menangkal radikal bebas (Bhatt and Sharma, 2018). Hal ini membuat masyarakat di berbagai dunia mengubah pola hidupnya ke arah gaya hidup sehat. *Microgreen* menjadi salah satu solusi dalam tersedianya *functional food*. *Microgreen* merupakan jenis budidaya yang pada tahap pembibitan sudah dapat dipanen dengan berbagai kandungan nutrisi yang tinggi (Xiao et al., 2012; Pinto et al., 2015). Pentingnya fitokimia natural yang terkandung dalam *microgreen* berpotensi untuk menurunkan resiko penyakit kronis dan sebagai antioksidan dalam mencegah radikal bebas (Brazaityte et al., 2016).

Permasalahan yang muncul yaitu semakin sulitnya menemukan lahan pertanian yang dimiliki masyarakat terutama di daerah perkotaan dan kesempatan waktu yang minim sehingga membuat masyarakat tidak mandiri dalam berbudidaya tanaman. Selain itu, kondisi lingkungan agronomis yang tidak menentu akibat perubahan iklim dapat berpotensi menurunkan hasil dan kualitas produksi tanaman. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem penanaman yang didukung dengan kemudahan teknologi sehari-hari, salah satunya yaitu menggunakan sistem hidroponik sebagai salah satu alternatif solusi atas permasalahan tersebut (Lestari et al., 2020). Budidaya *microgreen* menjadi salah satu solusi untuk mendukung kesehatan masyarakat perkotaan melalui metode penanaman yang efektif dan efisien.

Sistem hidroponik dalam ruangan mengharuskan penggunaan manipulasi cahaya atau cahaya buatan. Cahaya sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman mulai dari proses perkecambahan hingga panen. Cahaya sebagai sumber energi berpengaruh secara langsung dan tidak langsung terhadap fisiologi tanaman. Cahaya berpengaruh secara

langsung melalui fotosintesis dan berpengaruh secara tidak langsung melalui pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagai respon metabolisme secara langsung (Fitter and Hay, 2002).

Sumber cahaya harus memiliki kualitas cahaya yang tepat bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kualitas cahaya sangat penting dalam menentukan kebutuhan pencahayaan budidaya *microgreen*. Setiap warna cahaya memiliki rentang panjang gelombang tertentu yang mampu diserap oleh tanaman. Cahaya yang diterima oleh tanaman berupa cahaya tampak sekitar 400 - 700 nm, hanya sebagian kecil di dalam spektrum cahaya matahari (Fitter and Hay, 2002). Sedangkan tanaman yang terpapar panjang gelombang di luar rentang 400 - 700 nm tidak optimal perkembangannya. Manipulasi cahaya dengan rentang panjang gelombang tersebut bisa diperoleh dari teknologi lampu LED (*Light Emitting Diode*). Pengaturan intensitas melalui penggunaan lampu sebagai sumber cahaya menjadi cara untuk memenuhi kebutuhan tanaman dalam melakukan proses fisiologis, terutama fotosintesis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta kualitas nutrisi yang dibutuhkan oleh manusia. Intensitas cahaya dapat diatur melalui pengaturan warna cahaya sesuai kebutuhan tanaman. Sinar yang dipancarkan dari lampu LED warna merah dan biru memiliki spektrum elektromagnetik yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman (Hitz et al., 2019).

Berbagai penelitian tentang pengaruh jenis warna cahaya terhadap tanaman telah banyak dilakukan. Warna merah dan biru yang dipancarkan dari lampu LED dapat mendukung proses fotosintesis (Lindawati et al., 2015). Perlakuan cahaya merah efektif meningkatkan tinggi tanaman selada dan kale, tetapi menurunkan biomassa, kandungan klorofil, karotenoid, dan antioksidan pada selada, bayam, kale, dan basil (Naznin et al., 2019). Pencahayaan lampu biru memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kandungan flavonoid tanaman selada dan basil dibanding tanaman yang diberi cahaya putih dan merah (Matysiak and Kowalski, 2019). Tatsoi dan basil pada pencahayaan biru menunjukkan total fenol, flavonoid, dan DPPH lebih tinggi dibanding perlakuan pencahayaan lain (Brazaityte et al., 2016).

Cahaya merah dapat meningkatkan kandungan gula pada tanaman bayam (Utasi *et al.*, 2019). Penyinaran lampu merah sebagai fotostressor memacu respon sistem antioksidan sehingga meningkatkan kualitas nutrisi dari sayuran hijau (Brazaityte *et al.*, 2016). Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Vaštakaitė *et al.* (2015) menunjukkan bahwa cahaya biru mempengaruhi sifat pertumbuhan dan antioksidan pada microgreen selada merah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengevaluasi pengaruh penyinaran LED merah, biru, dan *full spectrum* masing-masing 50 watt dibandingkan dengan kontrol berupa cahaya matahari dan neon 50 watt terhadap kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data ilmiah tentang pengaruh penyinaran cahaya lampu LED terhadap kualitas nutrisi microgreen bayam merah dan hijau dan berguna untuk pengayaan teori cahaya terhadap pertumbuhan tanaman.

Bahan dan Metode

Penanaman sistem hidroponik dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Analisis Tanaman dan Pasca Panen Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Penelitian dilakukan pada bulan September 2020 sampai Januari 2021. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor, yaitu warna cahaya yang terdiri dari 5 level dan jenis tanaman yang terdiri dari 2 level. Faktor warna cahaya terdiri dari kontrol-cahaya matahari, kontrol artifisial-neon, LED *full spectrum*, LED biru, dan LED merah. Faktor varietas tanaman yaitu *microgreen* bayam merah dan bayam hijau. Percobaan terdiri dari tiga ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap pengujian kadar fenol, flavonoid, dan aktivitas penangkap radikal diphenyl picril hydrazil hydrate (DPPH).

Kadar Fenol. Bahan yang digunakan yaitu asam galat (Sigma-Aldrich), metanol, air suling, folin-ciocalteu (Merck), natrium karbonat (Merck), dan sampel *microgreen*. Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, mortar-alu, gelas ukur, labu ukur, aluminium foil, pipet, cuvet, dan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian kadar fenol mengacu pada metode yang telah dilakukan Siddiqui *et al.* (2017) dengan beberapa modifikasi.

Kadar Flavonoid. Bahan yang digunakan yaitu kuersetin (Sigma-Aldrich), metanol, air suling, aluminium klorida (Merck), dan sampel *microgreen*. Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, mortar-alu, gelas ukur, labu ukur, aluminium foil, pipet, cuvet, dan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian kadar flavonoid mengacu pada metode yang telah dilakukan Ramos *et al.* (2017). Kuersetin sebagai larutan standar pengujian flavonoid karena senyawa ini paling efektif dalam menangkap radikal bebas serta menghambat berbagai reaksi oksidasi.

Aktivitas Penangkap Radikal DPPH. Bahan yang digunakan yaitu bagian daun dan batang *microgreen*, DPPH (Sigma-Aldrich), metanol, dan air suling. Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, mortar-alu, gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, *magnetic stirrer*, botol gelap, kertas saring, tabung reaksi, aluminium foil, pipet, cuvet, dan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian aktivitas penangkap radikal DPPH mengacu pada metode yang telah dilakukan Nerdy dan Manurung (2018) dengan beberapa modifikasi berdasarkan Standar Operasional Prosedur (SOP) Laboratorium Analisis Tanaman dan Pasca Panen Hortikultura, Fakultas Pertanian, Unpad.

Analisis ragam menggunakan aplikasi STAR (*Statistical Tool for Agricultural Research*) dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan taraf nyata 5%.

Hasil dan Pembahasan

Kadar Fenol. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor cahaya (a) dan varietas (b) menunjukkan pengaruh interaksi ($P \leq 0.005$) terhadap total fenol yang dihasilkan. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman bayam terhadap kadar fenol ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan fenol *microgreen* bayam merah yang diperoleh yaitu berkisar antara 0,046 mg GAE/g sampai 0,071 mg GAE/g. Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan fenol tertinggi ada pada perlakuan pencahayaan neon (a₂b₁) namun tidak berbeda nyata dengan kontrol dan pencahayaan biru. Pada *microgreen* bayam hijau, hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan fenol yang diperoleh yaitu berkisar antara 0,050 mg GAE/g sampai 0,084 mg GAE/g. Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan fenol bayam hijau tertinggi ada pada perlakuan pencahayaan merah (a₅b₂) tetapi tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Tabel 1. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman terhadap kandungan fenol (mg GAE/g)

Warna cahaya	Kandungan fenol (mg GAE/g)	
	Varietas tanaman	
	Bayam merah (b ₁)	Bayam hijau (b ₂)
Cahaya matahari (a ₁)	0,068ab X	0,069b X
Cahaya neon (a ₂)	0,071a X	0,051c Y
LED <i>full spectrum</i> (a ₃)	0,046c Y	0,060bc X
LED warna biru (a ₄)	0,065ab X	0,050c Y
LED warna merah (a ₅)	0,060b Y	0,084a X

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf besar yang sama ke arah horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Fenol merupakan senyawa bahan alam yang cukup luas pemanfaatannya, salah satunya sebagai antioksidan. Pengujian total fenol bertujuan untuk menentukan total fenol yang terkandung di dalam sampel. Pengaruh kualitas cahaya pada sintesis fenol dalam beberapa penelitian menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu tergantung kultivar. Kultivar hijau paling terstimulasi oleh proporsi cahaya merah yang lebih tinggi, sedangkan kultivar merah oleh rasio cahaya biru yang lebih tinggi (Lobiuc *et al.*, 2017). Penelitian Lobiuc *et al.* (2017) menunjukkan bahwa cahaya merah meningkatkan sintesis fenolik dan radikal bebas pada kultivar hijau (hingga 1,87 kali lipat) dan cahaya biru pada kultivar merah (hingga 1,73 kali lipat). Produksi senyawa fenolik yang didorong oleh cahaya biru dimediasi oleh kriptokrom, sedangkan produksi senyawa fenolik yang didorong oleh cahaya merah dimediasi oleh fitokrom (Matysiak and Kowalski, 2019).

Kadar Flavonoid. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor cahaya dan varietas menunjukkan pengaruh interaksi ($P \leq 0.005$) terhadap total flavonoid yang dihasilkan. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman bayam terhadap kadar flavonoid ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan flavonoid *microgreen* bayam merah yang diperoleh yaitu berkisar antara 0,331 mg QE/g sampai 0,762 mg QE/g. Tabel 2

menunjukkan bahwa kandungan flavonoid tertinggi ada pada perlakuan kontrol-sinar matahari (a₁b₁) namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan *full spectrum*. Pada *microgreen* bayam hijau, hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan flavonoid yang diperoleh yaitu berkisar antara 0,466 mg QE/g sampai 1,041 mg GAE/g. Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan flavonoid bayam hijau tertinggi ada pada perlakuan pencahayaan biru (a₄b₂) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 2. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman terhadap kandungan flavonoid (mg QE/g)

Warna cahaya	Kandungan flavonoid (mg QE/g)	
	Varietas tanaman	
	Bayam merah (b ₁)	Bayam hijau (b ₂)
Cahaya matahari (a ₁)	0,762a X	0,466c Y
Cahaya neon (a ₂)	0,331c Y	0,737b X
LED <i>full spectrum</i> (a ₃)	0,737ab X	0,500c Y
LED warna biru (a ₄)	0,618b Y	1,041a X
LED warna merah (a ₅)	0,444c Y	0,714b X

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf besar yang sama ke arah horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Flavonoid merupakan senyawa alam yang terdapat dalam hampir semua tanaman. Sejumlah tanaman yang mengandung flavonoid telah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan. Akhda (2009) menyebutkan bahwa bayam mengandung karotenoid dan flavonoid yang merupakan zat aktif antioksidan. Efek antioksidan yang terdapat dalam senyawa disebabkan oleh penangkapan radikal bebas melalui donor atom hidrogen dari gugus hidroksil flavonoid (Neldawati *et al.*, 2013).

Akumulasi flavonoid dipengaruhi oleh cahaya. Radiasi matahari cenderung meningkatkan akumulasi flavonoid tanaman. Peningkatan senyawa flavonoid tersebut menunjukkan peningkatan aktivitas enzim flavonon-3-hidroksilase (F₃H) yang dapat meningkatkan produksi antosianin (Hasidah *et al.*, 2017). Flavonoid pada tanaman biasanya berfungsi sebagai pigmen, seperti antosianin, dan biasanya dijumpai pada jaringan epidermis atas (Pratiwi, 2017).

Lampu LED biru paling efektif dalam merangsang biosintesis flavonoid, seperti yang ditunjukkan pada hasil kandungan flavonoid bayam hijau (Tabel 2). Tanaman yang tumbuh di bawah cahaya LED biru memiliki indeks flavonoid tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lampu LED putih, seperti pada kemangi dan selada (Matysiak and Kowalski, 2019). Kandungan total flavonoid dan fenol pada tanaman tahunan *Oenanthe stolonifera* yang tersinari cahaya biru secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pada tanaman yang terpapar sinar hijau. Selain itu, cahaya biru jauh lebih efisien untuk mensintesis bioaktif daripada cahaya merah (Jeon *et al.*, 2017).

Aktivitas Penangkap Radikal DPPH. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor cahaya dan varietas memiliki pengaruh interaksi ($P \leq 0.005$) terhadap aktivitas penangkap radikal DPPH yang dihasilkan. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman bayam terhadap aktivitas penangkap radikal DPPH ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh jenis warna cahaya dan varietas tanaman terhadap aktivitas penangkap radikal DPPH (%)

Warna cahaya	Aktivitas penangkap radikal DPPH (%)	
	Varietas tanaman	
	Bayam merah (b ₁)	Bayam hijau (b ₂)
Cahaya matahari (a ₁)	14,503b X	12,783b X
Cahaya neon (a ₂)	17,650b X	7,768b Y
LED <i>full spectrum</i> (a ₃)	27,483a X	8,407b Y
LED warna biru (a ₄)	29,499a X	19,764a Y
LED warna merah (a ₅)	5,261c Y	20,207a X

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf besar yang sama ke arah horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas penangkap radikal DPPH (%) *microgreen* bayam merah yang diperoleh yaitu berkisar antara 29,499% sampai 5,261%. Tabel 3 menunjukkan bahwa aktivitas penangkap radikal DPPH tertinggi ada pada perlakuan pencahayaan biru (a₄b₁) namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan pencahayaan *full spectrum* (a₃b₁). Hasil

analisis pada *microgreen* bayam hijau menunjukkan bahwa kandungan antioksidan yang diperoleh yaitu berkisar antara 20,207% sampai 7,768%. Tabel 3 menunjukkan bahwa aktivitas penangkap radikal DPPH bayam hijau tertinggi ada pada perlakuan pencahayaan merah (a₅b₂) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan pencahayaan biru (a₄b₂).

Uji DPPH digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan pada suatu sampel. Dalam uji DPPH, antioksidan ekstrak sampel bereaksi dengan radikal DPPH yang mekanismenya yaitu menyumbangkan atom hidrogen dan mengubahnya menjadi bentuk tereduksi. Perubahan warna dari ungu menjadi kuning selama reaksi ini menunjukkan potensi penangkapan radikal dari sampel (Ghoora *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan didapatkannya perbedaan serapan antara absorbansi DPPH dengan absorbansi sampel yang diukur oleh spektrofotometer UV-Vis.

Kadar antioksidan tanaman bergantung pada faktor varietas, iklim, ketersediaan nutrisi, praktek penanaman dan budidaya, serta pengolahan pasca panen. Faktor iklim lingkungan seperti cahaya dan suhu berperan penting dalam metabolisme antioksidan bayam. Penyinaran lampu merah sebagai fotostressor memacu respon sistem antioksidan sehingga meningkatkan kualitas nutrisi dari sayuran hijau (Brazaityte *et al.*, 2016). Tabel 3 menunjukkan cahaya biru menghasilkan aktivitas penangkap radikal DPPH yang tinggi pada ke dua jenis bayam. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Vaštakaite *et al.* (2015) menunjukkan bahwa cahaya biru mempengaruhi sifat pertumbuhan dan antioksidan pada *microgreen* selada merah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadi interaksi antara perbedaan jenis warna cahaya dengan varietas bayam terhadap kualitas nutrisi (fenol, flavonoid, dan aktivitas penangkap radikal DPPH).
2. Respon masing-masing varietas terhadap cahaya menunjukkan kualitas nutrisi yang berbeda. *Microgreen* bayam merah menunjukkan kualitas nutrisi terbaik pada perlakuan pencahayaan LED warna biru dan *full spectrum*, sedangkan *microgreen* bayam hijau pada perlakuan pencahayaan LED warna merah dan biru.

Daftar Pustaka

- Akhda, D. K. 2009. Pengaruh dosis dan waktu aplikasi kompos *Azolla* sp. terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Althemathera amoena* Voss). *Agrivita*, 7(4), 36-39.
- Bhatt, P. and S. Sharma. 2018. Microgreens: A nutrient rich crop that can diversify food system. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6(2), 182-186. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.6251>
- Brazaityte, A., S. Sakalauskiene, A. Virsile, J. Jankauskiene, G. Samuoliene, R. Sirtautas, V. Vastakaite, J. Miliauskiene, P. Duchovskis, A. Noviekovas, and L. Dabasinskas. 2016. The effect of short-term red lighting on Brassicaceae microgreens grown indoors. *Acta Horticulturae*, 1123, 177-183. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1123.25>
- Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 2002. Energy and Carbon. In *Environmental Physiology of Plants*. Third Edition (pp. 23-73). Academic Press. London.
- Ghoora, M.D., A.C. Haldipur, and N. Srividya. 2020. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100046>
- Hasidah, Mukarlina, dan D.W. Rousdy. 2017. Kandungan pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin daun caladium. *Protobiont*, 6(2), 29-37.
- Hitz, T., M. Henke, S. Graeff-Honninger, S. Munz. 2019. Three-dimensional simulation of light spectrum and intensity within an LED growth chamber. *Compt. and Electr. in Agric.*, 156: 540 - 548.
- Jeon, Y.M., K.H. Son, S.M. Kim, and M.M. Oh. 2017. Growth and bioactive compounds as affected by irradiation with various spectrum of light-emitting diode lights in dropwort. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 58(5), 467-478. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0354-3>
- Lestari, A.P., A. Riduan, Elliyanti, dan D. Martino. 2020. Pengembangan Sistem Pertanian Hidroponik pada Lahan Sempit Komplek Perumahan. *SAINTIFIK*, 6(2), 136-142. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v6i2.259>
- Lindawati, Y., S. Triyono, dan D. Suhandy. 2015. Pengaruh lama penyinaran kombinasi lampu led dan lampu neon terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan hidroponik sistem sumbu (wick system). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(3), 191-200.
- Lobiuc, A., V. Vasilache, O. Pintilie, T. Stoleru, M. Burducea, M. Oroian, 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(12), 1-14. <https://doi.org/10.3390/molecules22122111>
- Matysiak, B. and A. Kowalski. 2019. White, blue and red LED lighting on growth, morphology and accumulation of flavonoid compounds in leafy greens. *Zemdirbyste*, 106(3), 281-286. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.036>
- Naznin, M.T., M. Lefsrud, V. Gravel, and M.O.K. Azad. 2019. Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/plants8040093>
- Neldawati, Ratnawulan, dan Gusnedi. 2013. Analisis nilai absorbansi dalam penentuan kadar flavonoid untuk berbagai jenis daun tanaman obat. *Pillar of Physics*, 2, 76-83.
- Nerdy, N. and K. Manurung. 2018. Spectrophotometric method for antioxidant activity test and total phenolic determination of red dragon fruit leaves and white dragon fruit leaves. *Rasayang Journal of Chemistry*, 11(3), 1183 - 1192.
- Pinto, E., A.A. Almeida, A.A. Aguiar, and I.M.P.L.V.O. Ferreira. 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37(3), 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>
- Pratiwi, A. 2017. Effect of nitrogen fertilizer to the flavonoid content of red amaranth (*Amaranthus gangeticus* L.). *Pharmaciana*, 7(1), 87. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v7i1.4213>
- Ramos, R.T.M., I.C.F. Bezerra, M.R.A. Ferreira, and L.A.L. Soares. 2017.

- Spectrophotometric quantification of flavonoids in herbal material, crude extract, and fractions from leaves of *Eugenia uniflora* Linn. *Pharmacognosy Research*, 20(20), 1–8. <https://doi.org/10.4103/pr.pr>
- Renna, M., M. Castellino, B. Leoni, V.M. Paradiso, and P. Santamaria. 2018. Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. *Nutrients*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/nu10060675>
- Siddiqui, N., A. Rauf, A. Latif, and Z. Mahmood. 2017. Spectrophotometric determination of the total phenolic content, spectral and fluorescence study of the herbal Unani drug Gul-e-Zoofa (*Nepeta bracteata* Benth). *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 12(4), 360–363. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2016.11.006>
- Utasi, L., I. Monostori, B. Végh, Z. Pék, and É. Darkó. 2019. Effects of light intensity and spectral composition. *Acta Biologica Plantarum Agriensis*, 18, 3–18.
- Vaštakaitė, V., A. Viršilė, A. Brazaitytė, R. Sirtautas, and A. Novičkovas. 2015. The effect of blue light dosage on growth and antioxidant properties of microgreens. *Scientific Works of The Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre For Agriculture and Forestry and Aleksandras Stulginskis University*, 34, 25–36.
- Xiao, Z., G. Lester, 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. <https://doi.org/10.1021/jf300459b>

Carsono, N. · A. Dewi · N. Wicaksana · S. Sari

Periode inkubasi, tingkat keparahan, dan ketahanan sepuluh genotipe padi harapan terhadap penyakit hawar daun bakteri strain III, IV, dan VIII

Sari. Genotipe padi harapan dari UNPAD memiliki keunggulan pada daya hasil, tahan terhadap wereng coklat, memiliki amilosa sedang, aromatik dan kualitas bulir yang sangat baik. Pengujian ketahanan genotipe padi harapan yang berasal dari hasil seleksi molekuler dan fenotipik terhadap penyakit hawar daun bakteri (HDB) sangatlah dibutuhkan, karena ketahanan terhadap penyakit ini merupakan salah satu syarat pelepasan varietas padi di Indonesia. Penyakit HDB disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) merupakan penyakit penting yang sering menyerang tanaman padi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi potensi genotipe-genotipe padi yang tahan terhadap penyakit HDB yang disebabkan oleh Xoo strain III, IV, dan VIII di Rumah Kaca. Eksperimen ditata dalam rancangan Split Plot, dimana strain sebagai petak utama dan genotipe sebagai anak petak. Sepuluh genotipe padi dan tujuh varietas cek dievaluasi dengan menggunakan analisis varians dan uji *Least Significant Increase* (LSI). Hasil penelitian berdasarkan uji LSI menunjukkan seluruh karakter pengamatan, baik pengamatan periode inkubasi, keparahan penyakit dan jumlah stomata pada seluruh genotipe padi (SP101-3-1-5-2, SP101-3-1-5-8, SP101-3-1-19-26, SP101-3-1-38-4, SP87-1-1-7-10, SP101-3-1-19-27, SP101-3-1-38-25, SP87-1-1-7-7, PP48-5-24 dan PP48-5-1) tidak menampilkan perbedaan nyata dengan tetua (Sintanur, Pandanwangi, dan PTB 33) dan varietas cek (Ciherang, Inpari 32, IRBB7, dan TN1). Semua genotipe uji menunjukkan reaksi rentan pada strain III, dan sangat rentan pada strain IV dan VIII. Beberapa individu genotipe mendapatkan skor 1 dan 2 (tahan), hal tersebut dapat membuka kemungkinan ditemukannya genotipe yang tahan. Riset ini menunjukkan bahwa komposisi genotipe berpengaruh terhadap reaksi ketahanan terhadap hawar daun bakteri dan terdapat variasi virulensi HDB.

Kata kunci: Genotip · Hawar daun · Resisten · Strain· *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Incubation period, severity, and resistance of ten rice promising genotypes against bacterial leaf blight strains III, IV, and VIII

Abstract. The promising rice genotype from UNPAD has advantages in yield, resistance to brown planthoppers, medium amylose content, aromatic, and excellent grain quality. Testing the resistance of the promising rice genotypes derived from the results of molecular and phenotypic selection against bacterial leaf blight (HDB) is very necessary, because resistance to this disease is one of the requirements for the release of rice varieties in Indonesia. Bacterial leaf blight (BLB) disease is caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo), that is an important disease frequently attacks rice plants. The objectives of the research was to obtain rice promising genotypes that resistant to BLB disease strains III, IV and VIII in the greenhouse. The experiment was arranged in a split plot design, i.e., strains as the main plot and tested genotypes as subplot. There were 10 tested rice genotypes and 7 check varieties were evaluated by analysis of variance and Least Significant Increase (LSI) test. Based on LSI, it was found that resistance level, number of stomata, incubation period and disease severity were not significantly different on all tested genotypes (SP101-3-1-5-2, SP101-3-1-5-8, SP101-3-1-19-26, SP101-3-1-38-4, SP87-1-1-7-10, SP101-3-1-19-27, SP101-3-1-38-25, SP87-1-1-7-7, PP48-5-24 and PP48-5-1) as compared to parents (Sintanur, Pandanwangi, PTB 33) and check varieties (Ciherang, Inpari 32, IRBB7, TN1). All tested genotypes showed a susceptible reaction to the strain III, and highly susceptible to strains IV and VIII. However, there were some individual genotypes scored 1 and 2 (resistant), leading to high possibility to find resistant genotypes. The genetic composition of rice genotype affected the resistance reaction to BLB strains and variations in BLB virulence were also revealed.

Keywords: Genotypes · Bacterial leaf blight · Resistance · Strain · *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Diterima : 18 Mei 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.33373](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.33373)

Carsono, N.¹ · A. Dewi² · N. Wicaksana¹ · S. Sari¹

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

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

Korespondensi: n.carsono@unpad.ac.id

Carsono, N. *dkk.*: Periode inkubasi, tingkat keparahan, dan ketahanan sepuluh genotipe padi harapan terhadap penyakit hawar daun bakteri X strain III, IV, dan VIII

Pendahuluan

Padi merupakan tanaman pangan yang menjadi makanan pokok masyarakat di sebagian negara di dunia, termasuk Indonesia. Penyakit penting yang sering merusak dan menyerang tanaman padi salah satunya ialah hawar daun bakteri (HDB), yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) (Nuryanto, 2018). Penyakit HDB adalah penyakit yang menyerang tanaman padi sejak tanaman masih muda. Bakteri *Xanthomonas oryzae* menimbulkan gejala awal bercak-bercak pada tepi daun yang kemudian menjadi meluas dan berwarna hijau keabu-abuan sehingga seluruh daun akan menjadi keriput dan akhirnya menjadi layu seperti tersiram air panas (Sudir *et al.*, 2012). Menurut Nuryanto (2018), kehilangan hasil padi akibat gangguan penyakit HDB berkisar antara 15-24%. Serangan penyakit ini dapat menurunkan produktivitas tanaman padi hingga terjadi gagal panen. Salah satu upaya pengendalian terhadap penyakit adalah dengan perakitan varietas tanaman yang tahan.

Perakitan tanaman dilakukan oleh pemulia dengan menggunakan tanaman-tanaman terbaik hasil seleksi yang mempunyai sumber gen-gen yang diinginkan dan digunakan sebagai tetua. Genotipe-genotipe uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan genotipe generasi lanjut yang diambil dari genotipe-genotipe terbaik hasil seleksi secara molekuler dan fenotipik. Genotipe-genotipe terbaik ini adalah hasil persilangan dari varietas padi Sintanur x PTB33 dan Pandanwangi x PTB33. Genotipe padi harapan yang dipakai pada penelitian ini memiliki keunggulan utama diantaranya mempunyai karakter tahan terhadap wereng coklat, aroma yang khas, pulen, rasa nasi yang enak, biji bernas, dan mempunyai daya hasil tinggi (Permanaputra, 2017; Asri, 2016; Hasan *et al.*, 2020; Afifah *et al.*, 2020). Sepuluh genotipe padi harapan dipilih untuk kemudian dilakukan pengujian ketahanan terhadap penyakit HDB strain III, IV, dan VIII yang merupakan strain umum yang ditemukan di Indonesia.

Sampai saat ini, genotipe-genotipe padi harapan hasil seleksi molekuler dan fenotipik Laboratorium Pemuliaan Tanaman Unpad tersebut belum diketahui ketahanannya terhadap penyakit HDB. Riset terkait ketahanan genotipe-genotipe padi harapan hasil pemuliaan masih sangat terbatas (Hornai *et al.*, 2016).

Umumnya pengujian dilakukan pada varietas lokal dan masih sedikit dilakukan pada genotipe padi yang berasal dari hasil seleksi secara molekuler dan fenotipik seperti pada genotipe harapan yang digunakan pada riset ini.

Periode inkubasi pada beberapa kultivar padi lebih lama atau lebih cepat bergantung pada respons ketahanan pada setiap genotipe dan perkembangan penyakit (Khaeruni *et al.*, 2014). Hasil penelitian lain diperoleh bahwa ketahanan padi lokal terhadap HDB strain IV, VIII, dan X, menunjukkan insidensi penyakit bervariasi antara 2,6 – 77,6% sehingga reaksi ketahanan kultivar-kultivar padi lokal tersebut bervariasi dari rentan sampai sangat tahan (Khaeruni *et al.*, 2016). Reaksi setiap tanaman berbeda, dengan tingkat kompetisi antara bakteri dan inang yang berbeda menyebabkan adanya interaksi yang berbeda pada setiap varietas. Sementara itu, besar kecilnya gejala yang ditimbulkan patogen pada tanaman mempengaruhi intensitas penyakit. Intensitas serangan penyakit dapat dinilai berdasarkan persentase gejala serangan pada tanaman dan nilai dari intensitas tersebut dapat dilihat reaksi ketahanan tanaman terhadap penyakit.

Sementara itu, mekanisme membuka dan menutupnya stomata secara otomatis berpeluang menjadi jalan masuk organisme yang berperan dalam proses infeksi patogen tanaman. Semakin besar kerapatan stomata maka peluang terjadinya infeksi akan semakin besar (Agustamina *et al.*, 2016).

Dalam makalah ini dilakukan pengujian ketahanan beberapa genotipe padi harapan hasil seleksi molekuler dan fenotipik melalui pengamatan periode inkubasi, keparahan penyakit, reaksi ketahanan genotipe, dan jumlah stomata secara mikroskopis. Dari pengujian ini diharapkan adanya genotipe-genotipe yang memiliki reaksi ketahanan yang tinggi terhadap penyakit HDB.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di Rumah Kaca di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Desa Sukamandi, Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Jawa Barat, dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Penelitian ini berlangsung pada bulan Agustus 2019 sampai April 2020. Bahan yang digunakan adalah isolat

bakteri *Xoo* strain III, IV, dan VIII serta benih sebanyak 10 genotipe padi dan 7 varietas cek. Nomor genotipe yang digunakan yaitu SP101-3-1-5-2, SP101-3-1-5-8, SP101-3-1-19-26, SP101-3-1-19-27, SP101-3-1-38-4, SP101-3-1-38-25, SP87-1-1-7-7, SP87-1-1-7-10, PP48-5-1, PP48-5-24, dan varietas cek: Sintanur, Pandanwangi, PTB33, Ciherang, Inpari 32, IRBB7, serta TN1. Bahan lain yang digunakan diantaranya kuteks bening (Revlon), aquades, media tanah sawah, dan pupuk. Pengamatan stomata menggunakan mikroskop Bieco dan seperangkat kamera lensa binokuler.

Eksperimen ditata dalam Rancangan Petak Terbagi (Split Plot), dimana strain sebagai petak utama dan genotip sebagai anak petak. Terdapat 10 nomor genotipe tanaman dan 7 varietas cek yang akan diinokulasi dengan 3 strain bakteri *Xoo* strain III, IV, dan VIII, sehingga diperoleh 51 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan ditanam sekitar 10 benih padi yang diulang sebanyak 3 kali ulangan sehingga total tanaman yang di peroleh sebanyak 1530 tanaman. Karakter yang diamati dalam percobaan ini ialah periode inkubasi, keparahan penyakit, reaksi ketahanan, dan jumlah stomata.

Pengamatan Periode Inkubasi.

Pengamatan periode inkubasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yuriyah (2013). Pengamatan dilakukan setiap hari mulai 1 hari setelah inokulasi sampai munculnya gejala pada daun yang telah diinokulasi oleh patogen. Periode inkubasi ini berdasarkan waktu inkubasi antara reaksi tanaman dengan patogen yang telah diinokulasikan sampai dengan munculnya gejala penyakit yang dihitung berdasarkan satuan hari.

Pengamatan Keparahen Penyakit.

Pengamatan keparahan penyakit dilakukan pada 2 pekan setelah inokulasi pada fase pertumbuhan vegetatif tanaman. Perhitungan keparahan diperoleh dari total intensitas serangan penyakit yang kemudian dihitung sebagai persentase tanaman terserang (*diseases severity*). Intensitas penyakit diamati dengan mengukur panjang gejala serangan pada daun di setiap genotipe yang diinokulasi suspensi bakteri *Xoo* yang kemudian dihitung berdasarkan panjang gejala pada daun (cm) dibagi dengan panjang daun keseluruhan (cm) dan dikalikan 100%. Hasil dari intensitas penyakit kemudian dijadikan acuan untuk mendapatkan persentase keparahan penyakit

yang ditentukan dengan rumus Horsfall & Barratt (1945):

$$KP = \frac{\sum(ni \times vi)}{N \times V} \times 100\%$$

KP : Keparahen Penyakit (%)

Ni : Banyaknya tanaman yang diamati dengan skor ke-i

vi : Skor tanaman ke-i

V : Skor serangan tertinggi

N : Total tanaman yang diamati

Pengamatan Reaksi Ketahanan.

Pengamatan reaksi ketahanan dilakukan berdasarkan dengan nilai persentase keparahan penyakit kemudian dimasukkan ke dalam kriteria tingkat ketahanan tanaman yang diuji pada setiap strain berdasarkan nilai skoring yang ditetapkan dalam *Standard Evaluation System* (SES) oleh IRRI (1996) (Tabel 1).

Pengamatan Jumlah Stomata. Pengamatan jumlah stomata dilihat menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400X (40X perbesaran lensa okuler dan 10X ukuran perbesaran lensa objektif) dan didokumentasikan menggunakan kamera binokuler yang telah terkoneksi pada aplikasi di laptop. Pengambilan sampel daun menggunakan *clipping method*, yaitu dengan cara mengolesi sampel daun dengan kuteks pada bagian epidermis bawah daun secara merata, kemudian didiamkan kurang lebih 10 menit atau sampai kuteks kering dan tempelkan selotip bening agar bagian yang terolesi kuteks dapat terbawa untuk diamati. Pengamatan jumlah stomata dilakukan sebanyak tiga kali ulangan dari tiga daun sampel tiap genotipe tanaman padi. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi sampai siang hari, waktu dimana stomata tanaman mulai terbuka.

Analisis Data. Analisis data dilakukan secara statistik dengan menggunakan aplikasi software IBM SPSS v20 dan Microsoft Excel. Uji normalitas dilakukan pada data hasil pengamatan utama sebelum melakukan analisis ragam. Selanjutnya, apabila Anova berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji *Least Significant Increase* (LSI) pada taraf nyata 5% untuk membandingkan antara genotipe uji dengan varietas cek/pembanding (Petersen, 1994).

Genotipe uji akan dibandingkan dengan varietas pembanding (cek) untuk mengetahui apakah genotipe mempunyai karakter yang lebih baik dengan varietas pembanding. Rumus

LSI menurut Petersen (1994) adalah sebagai berikut:

$$LSI = t_{\alpha} \sqrt{\frac{2KTG}{r}}$$

Keterangan :

t_{α} : Nilai t tabel satu arah pada taraf nyata 5% untuk db galat pada analisis ragam
KTG : Nilai kuadrat tengah galat genotipe
r : Jumlah ulangan

Hasil dan Pembahasan

Periode Inkubasi. Pada pengamatan periode inkubasi, seluruh genotip padi yang diuji mempunyai masa inkubasi yang sama dengan varietas pembandingnya, baik dengan tetua padi yaitu Sintanur, Pandanwangi, dan PTB 33, serta dengan varietas pembanding tahan yaitu IRBB 7 (Tabel 1). Genotip uji yang mempunyai masa inkubasi paling lama adalah genotip SP 87-1-1-7-10 dengan masa inkubasi rata-rata 4,92 hari, sedangkan genotip uji dengan masa inkubasi tercepat adalah SP101-3-1-19-27 dengan periode inkubasi rata-rata 3,94 hari.

Periode inkubasi suatu penyakit menjadi salah satu faktor penentu virulensi patogen, dengan demikian periode inkubasi penyakit yang lama memungkinkan suatu varietas tahan terhadap suatu patogen (Rahim *et al.*, 2012). Patogen membutuhkan waktu untuk berkembang dan meningkatkan populasi optimal pada inang dan perkembangan patogen bergantung pada waktu patogen diinokulasi (Noroozi *et al.*, 2015). Menurut Khaeruni *et al.* (2014), cepatnya periode inkubasi pada perlakuan waktu inokulasi saat persemaian karena gejala penyakit HDB ini secara spesifik diamati pada daun dan jaringan daun masih sangat muda saat dilakukan inokulasi pada fase pesemaian, sehingga patogen mudah berkembang dan gejala terbentuk dalam waktu singkat. Reaksi genotipe padi yang berbeda menunjukkan bahwa komposisi genetik suatu genotipe dalam hal ini gen ketahanan terhadap *Xoo* berperan penting dalam menghambat perkembangan suatu patogen seperti gen *Xa3* yang mampu meningkatkan ketahanan terhadap serangan bakteri *Xoo* strain PX079 (Liu *et al.*, 2020).

Keparahan Penyakit. Data hasil pengamatan persentase keparahan penyakit (%)

berdasarkan uji LSI menunjukkan bahwa semua genotipe uji tidak berbeda nyata dibandingkan dengan seluruh pembandingnya. Rata-rata nilai persentase keparahan penyakit pada seluruh genotip uji menunjukkan tidak ada perbedaan nyata dengan semua varietas pembandingnya, baik tetua (Sintanur, Pandanwangi, dan PTB 33) maupun varietas cek lainnya (Tabel 1).

Reaksi ketahanan suatu varietas tanaman terhadap patogen yaitu berdasarkan panjang pendeknya periode inkubasi, tinggi rendahnya keparahan penyakit yang dinyatakan dalam persen, dan tinggi rendahnya laju infeksi serangan patogen (Rahim *et al.*, 2012). Tingkat keparahan penyakit HDB yang tinggi umumnya dijumpai pada varietas padi yang tidak memiliki gen ketahanan atau memiliki gen ketahanan tetapi hanya tahan terhadap patotipe/strain tertentu.

Perbedaan perkembangan gejala serangan HDB selain ditentukan oleh virulensi patogen juga dipengaruhi adanya ketahanan tanaman terhadap patogen yang ditentukan oleh faktor genetik (Hafiah *et al.*, 2015). Varietas TN1 merupakan varietas yang paling rentan dengan persentase keparahan yang paling tinggi yang disebabkan kemungkinan tidak adanya faktor genetik, yaitu gen ketahanan. Varietas IRBB7 yang merupakan varietas tahan terhadap penyakit HDB, kemungkinan memiliki gen ketahanan *Xa7* terhadap *Xoo* (Yuriyah *et al.*, 2016).

Tanaman yang memiliki ketahanan yang tinggi tidak akan memberi kesempatan bagi bakteri atau patogen untuk berkembang, begitu sebaliknya, tanaman yang tidak memiliki ketahanan atau tingkat ketahanannya rendah menjadi kesempatan bakteri dan patogen untuk berkembang dengan pesat. Tingginya nilai keparahan penyakit HDB kemungkinan karena umur tanaman padi yang di uji berada pada stadia yang rentan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Khaeruni *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa pada fase pertumbuhan vegetatif, umur 5–8 MST, perkembangan penyakit HDB berlangsung cepat dibandingkan dengan fase pertumbuhan lainnya, khususnya pada varietas rentan dengan perkembangan penyakit HDB rata-rata mencapai 68,5% sampai 90%, sedangkan pada fase pertumbuhan generatif, laju perkembangan penyakit mulai melambat atau terhenti.

Selain pengaruh gen ketahanan yang dimiliki oleh varietas tanaman, keparahan penyakit mengindikasikan bahwa semakin

muda umur tanaman terinfeksi maka semakin cepat perkembangan penyakit, sebaliknya semakin tua umur tanaman pada saat awal terinfeksi maka semakin lambat perkembangan penyakit HDB (Khaeruni *et al.* 2014). Gen ketahanan pada penyakit HDB oleh bakteri *Xoo* yaitu disebut gen R mayor (Nino-Liu *et al.*, 2006) sebagai gen resistensi kualitatif (Zhang dan Wang, 2013). Uji patogenitas pada galur isogenik, gen-gen ketahanan Xa yang efektif adalah *Xa5*, *Xa7*, dan *Xa21* (Tasliyah, 2012).

Reaksi Ketahanan. Data hasil reaksi ketahanan genotipe uji padi terhadap HDB berdasarkan tabel skoring SES dari IRRI (1996) menunjukkan bahwa pada strain III semua genotipe uji menampilkan reaksi rentan dan sangat rentan pada strain IV dan VIII. Pada strain III, baik genotipe uji dan tetua varietas menunjukkan skor lima (rentan), sedangkan strain IV dan strain VIII menunjukkan skor

antara skor enam dan tujuh (sangat rentan) (Tabel 2). Walaupun begitu, beberapa individu tanaman mendapatkan skor 1 dan 2. Hal ini menunjukkan masih terdapat tanaman tahan bahkan imun di dalam 10 genotipe ini.

Dua varietas tetua, yaitu Sintanur dan Pandanwangi, menunjukkan penurunan reaksi ketahanan. Menurut Yuliani dan Rohaeni (2017), bahwa varietas Sintanur tahan terhadap strain III, sementara rentan pada strain IV dan VIII. Sedangkan varietas Pandanwangi diketahui rentan terhadap strain IV, namun dari pengamatan hasil reaksi ketahanan bahwa Sintanur dan Pandanwangi menunjukkan reaksi rentan pada strain III, serta sangat rentan pada strain IV dan VIII. Patut diduga bahwa bakteri *Xoo* berekombinasi ataupun mengalami mutasi yang menghasilkan strain-strain yang lebih virulen, sehingga mampu mematahkan gen ketahanan pada kedua varietas ini.

Tabel 1. Data hasil uji LSI untuk karakter periode inkubasi, keparahan penyakit, dan jumlah stomata pada taraf kepercayaan 5%.

No	Genotipe	Periode Inkubasi (hari)	Keparahan Penyakit (%)	Jumlah Stomata (buah)
Genotipe Uji				
1	SP101-3-1-5-2	4,28 tn	51,24 tn	3,26 tn
2	SP101-3-1-5-8	4,50 tn	51,56 tn	3,16 tn
3	SP101-3-1-19-26	4,28 tn	51,25 tn	3,29 tn
4	SP101-3-1-19-27	3,94 tn	52,20 tn	3,26 tn
5	SP101-3-1-38-4	4,28 tn	49,26 tn	3,04 tn
6	SP101-3-1-38-25	4,28 tn	50,58 tn	3,05 tn
7	SP87-1-1-7-7	4,39 tn	53,20 tn	2,90 tn
8	SP87-1-1-7-10	4,92 tn	48,78 tn	3,25 tn
9	PP48-5-1	4,05 tn	59,54 tn	2,82 tn
10	PP48-5-24	4,25 tn	54,44 tn	2,76 tn
Genotipe Pembanding				
11	Sintanur	4,19	55,63	3,22
12	Pandanwangi	4,30	55,96	2,84
13	PTB 33	3,94	51,68	3,21
14	Ciherang	4,50	56,87	3,49
15	Inpari 32	3,97	40,25	3,38
16	IRBB 7 (x)	4,08	30,22	3,36
17	TN 1	3,97	70,49	3,37
LSI (5%)		1,40	46,10	1,21

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf tn menunjukkan tidak berbeda nyata. Angka yang diikuti huruf (a/b/c/d/e/f/g) menunjukkan berbeda nyata terhadap genotipe pembanding/cek dengan tanda yang sama berdasarkan uji lanjut LSI pada taraf nyata 5%. (x) merupakan varietas pembanding terbaik

Tabel 2. Data reaksi ketahanan dan skor penyakit HDB pada strain III, IV dan VIII berdasarkan persentase keparahan.

Genotip	Skor Penyakit dan Reaksi Keparahannya								
	Strain III			Strain IV			Strain VIII		
	KP (%)	Skor	Reaksi	KP (%)	Skor	Reaksi	KP (%)	Skor	Reaksi
Genotip Uji									
SP101-3-1-5-2	35,20	5	R	73,73	6	SR	71,10	6	SR
SP101-3-1-5-8	38,17	5	R	74,77	6	SR	68,90	6	SR
SP101-3-1-19-26	48,90	5	R	68,13	6	SR	64,80	6	SR
SP101-3-1-19-27	41,83	5	R	77,80	7	SR	65,20	6	SR
SP101-3-1-38-4	33,70	5	R	69,27	6	SR	67,77	6	SR
SP101-3-1-38-25	34,80	5	R	77,03	7	SR	64,43	6	SR
SP87-1-1-7-7	38,90	5	R	84,10	7	SR	59,63	6	SR
SP87-1-1-7-10	40,00	5	R	71,10	6	SR	56,63	6	SR
PP48-5-1	49,97	5	R	87,03	7	SR	78,90	7	SR
PP48-5-24	43,70	5	R	81,10	7	SR	64,43	6	SR
Genotip Pembanding									
Sintanur	44,83	5	R	76,67	7	SR	78,13	7	SR
Pandanwangi	41,83	5	R	83,70	7	SR	71,10	6	SR
PTB33	40,37	5	R	69,23	6	SR	72,60	6	SR
Ciherang	45,93	5	R	81,50	7	SR	72,97	6	SR
Inpari-32	33,70	5	R	51,83	6	SR	40,37	5	R
IRBB-7	20,73	4	AR	33,27	5	R	22,97	4	AR
TN-1	78,20	7	SR	95,57	9	SR	85,93	7	SR

Keterangan : KP = keparahan penyakit, skor berdasarkan Tabel SES IRRI (2003). AR = agak rentan, R = rentan, SR = sangat rentan.

Jumlah Stomata. Pada karakter jumlah stomata, seluruh genotip genotipe uji tidak menunjukkan jumlah stomata yang lebih tinggi dari pembandingnya (Tabel 1). Genotip-genotip tersebut memiliki jumlah stomata yang tidak berbeda nyata dengan varietas tetuanya, yaitu Sintanur, Pandanwangi, dan PTB33. Proses masuknya mikroba ke dalam jaringan tanaman sedikitnya terjadi melalui tiga cara, yaitu mencerna dinding sel, masuk melalui bagian yang terluka, dan menyerang melalui bukaan alami seperti stomata (Ed-har *et al.*, 2017). Dalam kasus ini, bakteri masuk melalui pelukaan daun yang menginduksi terbukanya stomata (Jiang *et al.*, 2019).

Penyebab penyakit (patogen) menginfeksi tanaman padi pada bagian daun dengan cara melalui luka daun atau melalui lubang alami berupa stomata dan merusak klorofil daun, sehingga menurunkan kemampuan tanaman untuk berfotosintesis (Sudir *et al.*, 2012). Bakteri juga dapat menginfeksi tanaman melalui hidatoda daun, melalui luka pada bagian tanaman, tidak hanya melalui stomata, yang kemudian bakteri memperbanyak diri dan menyebar (Amrulloh, 2008). Patogen bergerak

dan mengisi jaringan xylem pada daun, kemudian keluar melalui hidatoda membentuk untaian eksudat pada permukaan daun. Bakteri berkembang biak di ruang antarsel dari epidermis, lalu masuk dan menyebar ke tanaman melalui xylem (Nino-Liu *et al.*, 2006).

Kesimpulan

Reaksi ketahanan genotipe uji terhadap penyakit HDB adalah rentan pada strain III, sangat rentan pada strain IV dan VIII. Pada strain III, baik genotipe uji dan tetua varietas menunjukkan skor lima (rentan), sedangkan strain IV dan strain VIII menunjukkan skor antara skor enam dan tujuh (sangat rentan). Ditemukan adanya penurunan ketahanan varietas Sintanur dan Pandanwangi yang perlu mendapat perhatian dari pihak terkait agar dapat ditingkatkan ketahanannya terhadap bakteri ini sehingga tidak menimbulkan kerugian bagi petani. Riset ini juga menunjukkan bahwa komposisi genotipe berpengaruh terhadap reaksi ketahanan terhadap hawar daun bakteri dan terdapat variasi virulensi.

Ucapan Terima Kasih

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia atas Hibah Riset Terapan yang membiayai penelitian ini. Terima kasih disampaikan juga kepada Kelti Hama Penyakit Tanaman BB Padi Subang dan pihak-pihak yang membantu dalam percobaan di lapangan.

Daftar Pustaka

- Afifah, Z., N. Carsono, S. Sari, dan Anas. 2020. Uji daya hasil 10 genotipe padi harapan hasil persilangan sintanur x ptb33 dan pandanwangi x ptb 33 di Jatinangor. *Jurnal Agrosainstek* 4 (1): 28-34.
- Agustamina, C., A. Widiastuti, dan C. Sumardiyono. 2016. Pengaruh stomata dan klorofil pada ketahanan beberapa varietas jagung terhadap penyakit bulai. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 20 (2): 89-94.
- Amrulloh, I. 2008. Uji potensi ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) sebagai antimikroba terhadap bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dan jamur *Fusarium oxysporum*. UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Asri, A.P. 2016. Skoring ketahanan genotipe padi harapan tahan wereng coklat berdasarkan standard seedbox screening test (SSST) dan marka molekuler simple sequence repeats (SSR). Sumedang. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Ed-har, A.A., R. Widyastuti, dan G. Djajakirana. 2017. Isolasi dan identifikasi mikroba tanah pendegradasi selulosa dan pektin dari rhizosfer *Aquilaria malaccensis*. *Buletin Tanah dan Lahan* 1 (1) 2017: 58-64.
- Hafiah, W., A.L. Abadi, dan L. Qurata'aini. 2015. Ketahanan lima galur padi (*Oryza sativa* L.) terhadap dua isolat *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit HDB pada tanaman padi. *Jurnal HPT*. 3(2).
- Hasan, F.U., S. Sari, Anas, and N. Carsono. 2020. New promising rice genotypes of SP87-1-1-2 and SP73-3-17 adaptive to lowland and medium Land. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains* 8 (1): 21 - 32. DOI 10.18196/pt.2020.110.21-32.
- Hornai, E.M.L., Purwoko, B. S., Suwarno, W. B., dan Dewi, I. S. 2016. Pengujian Daya Hasil dan Ketahanan Penyakit Hawar Daun Bakteri Tanaman Padi Hibrida. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(2), pp. 126-132. doi: 10.24831/jai.v44i2.13478.
- Horsfall, J. G., and Barratt, R. W. 1945. An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology*, 35:655.
- IRRI. 1996. Standard evaluation system for rice (SES).
- Jiang, Y., Ye, J., Rasulov, B., and Niinements, U. 2019. Role of stomatal conductance in modifying the dose response of stress-volatile emissions in methyl jasmonate treated leaves of cucumber (*Cucumis sativa*). *International Journal Molecular Sciences* (21):10-18.
- Khaeruni, A., E. Najamuddin, T. Wijayanto, dan Syair. 2016. Ketahanan berbagai kultivar padi lokal terhadap penyakit HDB. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 12(3) : 89-93. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.12.3.89>
- Khaeruni, A., M. Taufik, T. Wijayanto, dan E.A. Johan, 2014. Perkembangan penyakit HDB pada tiga varietas padi sawah yang diinokulasi pada beberapa fase pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10 (4) 2014 : 119-125. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.10.4.119>
- Liu, F., W. Zhang, B. Schwessinger, T. Wong, D. Ruan and P. Ronald. 2020. The rice *Xa3* gene confers resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* in the model rice Kitaake genetic background. *Front. Plant Sci*. 11:19. doi: 10.3389/fpls.2020.00049
- Nino-Liu, D.O., P.C. Ronald, and A.J. Bogdanove. 2006. *Xanthomonas oryzae* pathovars: model pathogens of a model crop. *Molecular plant pathology* 7(5): 303-324. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2006.00344.x
- Noroozi, M., Beheshtizadeh, H., dan Sattari, A., 2015. Bacterial Blight Resistance in Rice: A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* 1 (2): 20-23.
- Nuryanto, B. 2018. Pengendalian penyakit tanaman padi berwawasan lingkungan melalui pengelolaan komponen epidemik. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 37 (1) : 1-12.
- Permanaputra. 2017. Studi Kebaruan, Keunikan, Keseragaman Dan Kestabilan (BUSS) Pada Beberapa Genotipe Padi Harapan Tahan Wereng Coklat Generasi F5. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

- Petersen, R.G. 1994. *Agricultural Field Experiments : Design and Analysis* Books in Soils, Plants, and the Environment. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Rahim, A., Khaeruni, A., dan Taufik, M. 2012. Reaksi ketahanan beberapa varietas padi komersial terhadap strain *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolat Sulawesi Tenggara. *Berkala Penelitian Agronomi*. 1 (2): 132-138.
- Sudir, Nuryanto, B., dan S.K. Kadir. 2012. Epidemiologi, strain dan strategi pengendalian penyakit HDB pada tanaman padi. *Iptek Tanaman Pangan*. 7 (2).
- Tasliyah. 2012. Gen ketahanan tanaman padi terhadap bakteri hawar daun (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *J. Litbang Pertanian*. 31(3): 103-112.
- Yuliani, D., dan W.R. Rohaeni. 2017. Heritabilitas, sumber gen, dan durabilitas ketahanan varietas padi terhadap penyakit hawar daun bakteri. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2): 99-108
- Yuriyah, S., D.W. Utami, dan I. Hanarida. 2013. Uji ketahanan galur-galur harapan padi terhadap penyakit HDB (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) ras III, IV dan VIII. *Buletin Plasma Nutfah* 19 (2): 53-60.
- Yuriyah, S., Nurani S., D.W. Utami dan T.S. Silitonga. 2016. Evaluasi dan identifikasi marka penanda gen ketahanan penyakit hawar daun bakteri pada padi local Sulawesi Selatan. *Jurnal AgroBiogen* 12(1): 11-20.
- Zhang, H. dan S. Wang. 2013. Rice versus *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*: a unique pathosystem. *Plant Biology* 16:188-195.

Fitriatin, B.N. · M.I.M. Yusuf · A. Nurbaity · N.N. Kamaluddin · M. Rachmady · E.T. Sofyan

Serapan nitrogen dan fosfor serta hasil jagung yang dipengaruhi oleh aplikasi pupuk hayati dengan berbagai teknik dan dosis pada tanah Inceptisols

Sari. Upaya meningkatkan unsur hara nitrogen (N) dan fosfor (P) tanah secara berkelanjutan adalah dengan memanfaatkan agen hayati bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat. Percobaan pot dilakukan dengan tujuan untuk menentukan teknik aplikasi pupuk hayati dalam meningkatkan kandungan dan serapan hara N dan P serta hasil tanaman jagung pada Inceptisols Jatiningor. Percobaan dilaksanakan di Lahan Percobaan milik Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Pupuk hayati yang digunakan merupakan konsorsium bakteri penambat N (*Azotobacter chroococcum* dan *Azospirillum* sp.) dan bakteri pelarut P (*Pseudomonas malei* dan *Bacillus subtilis*). Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan sembilan perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari tanpa aplikasi pupuk hayati (kontrol); aplikasi pupuk hayati menggunakan perlakuan benih dengan dosis 500 g dan 250 g/ha; aplikasi pupuk hayati ke dalam tanah dengan dosis 50 kg dan 25 kg/ha; dan kombinasi antara perlakuan benih dan aplikasi ke dalam tanah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa teknik aplikasi pada benih, pada tanah, dan kombinasinya meningkatkan serapan N dan P serta hasil tanaman jagung. Perlakuan pupuk hayati pada benih 500 g/ha + aplikasi pada tanah 50 kg/ha merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan serapan N sebesar 51% dan serapan P hingga 90% dibandingkan kontrol. Perlakuan pada benih 250 g/ha + aplikasi pada tanah 25 kg/ha merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan hasil sebesar 56% dibandingkan kontrol. Teknik aplikasi pupuk hayati yang efisien dapat digunakan untuk meningkatkan produksi tanaman jagung.

Kata kunci: Aplikasi tanah · Keamanan pangan · Pelarut fosfat · Penambat nitrogen · Perlakuan benih

Nitrogen and phosphorus uptake and yield of maize affected by different technique and doses of biofertilizers application on Inceptisols

Abstract. The application of biological agents such as nitrogen fixing bacteria and phosphate solubilizing bacteria is an effort to increase soil nitrogen (N) and phosphorus (P) content. Pot experiment aimed to determine the best application technique of biofertilizer to increase N and P uptake and the yield of maize on Inceptisols. The experiment was carried out at the experimental field of the Laboratory of Soil Fertility and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Biofertilizers contained of N-fixing bacteria (*Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum* sp.) and phosphate solubilizing bacteria (*Pseudomonas malei* and *Bacillus subtilis*). The experiment used a randomized block design with nine treatments and three replications. The treatments consisted of without biofertilizer application (control); biofertilizers application to seed (seed treatment) at a dose of 500 g ha⁻¹ and 250 g ha⁻¹; biofertilizers application to the soil (soil treatment) with a dose of 50 kg ha⁻¹ and 25 kg ha⁻¹; and the combinations between seed treatment and soil treatment. The results showed that the application of seed treatment, soil treatment, and their combination increased N and P uptake and yields of maize. The seed treatment at a dose of 500 g ha⁻¹ + soil treatment at a dose of 50 kg ha⁻¹ were the best treatment for increasing N uptake by 51% and P uptake by 90% compared to control. The seed treatment at a dose of 250 g ha⁻¹ + soil treatment at a dose of 25 kg ha⁻¹ increased yield of maize by 56% (213.40 g). Efficient biofertilizer application techniques could be used to increase maize production.

Keywords: Soil application · Food security · Phosphate solubilizing · Nitrogen fixing · Seed treatment

Diterima : 23 Juni 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021
DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.34107](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.34107)

Fitriatin, B.N.¹ · M.I.M. Yusuf² · A. Nurbaity¹ · N.N. Kamaluddin¹ · M. Rachmady³ · E.T. Sofyan¹

¹ Dept. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fak. Pertanian Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatiningor, Sumedang 45363

² Program Studi Agroteknologi, Fak. Pertanian Unpad, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatiningor, Sumedang 45363

³ Dept. Budidaya Tanaman, Fak. Pertanian Unpad, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatiningor, Sumedang 45363

Korepondensi: betty.natalie@unpad.ac.id

Pendahuluan

Jagung merupakan salah satu komoditas yang selain menjadi pangan pokok bagi beberapa penduduk di wilayah Indonesia, juga merupakan bahan pakan utama peternakan unggas serta menjadi bahan baku industri olahan. Produksi jagung dapat ditingkatkan dengan teknologi yang aman dan ramah lingkungan untuk menjamin keamanan pangan, salah satunya dengan pemanfaatan sumber daya hayati, yaitu penggunaan pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan substansi yang mengandung mikroba hidup yang mengkolonisasi rhizosfer atau bagian dalam tanaman yang berfungsi memacu pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan ketersediaan hara (Macik *et al.*, 2020). Bhardwaj *et al.* (2014) menerangkan isolat mikroba yang dapat digunakan sebagai pupuk hayati diantaranya mikroba pelarut fosfor (P), bakteri penambat nitrogen (N), mikoriza, dan bakteri pemacu tumbuh.

Bakteri pemfiksasi nitrogen (BPN) merupakan kelompok bakteri yang mampu mengkonversi nitrogen dari atmosfer menjadi amonia. Bakteri ini dapat tumbuh bebas di rhizosfer tanaman (non-simbiotik) atau yang bersimbiosis dengan tanaman. Bakteri *Azotobacter* merupakan penambat gas N₂ yang mampu menghasilkan substansi zat pemacu tumbuh giberelin, sitokinin, dan asam indolasetat, sehingga pemanfaatannya dapat memacu pertumbuhan akar (Sumbul *et al.*, 2020).

Mikroba pelarut fosfat (MPF) merupakan kelompok mikroba tanah yang mempunyai kemampuan mengekstraksi P dari ikatan dengan Al, Fe, Ca, dan Mg, sehingga dapat melarutkan P yang asalnya tidak tersedia bagi tanaman menjadi tersedia bagi tanaman (Walpolo and Yoon, 2013). Hal ini terjadi karena mikroba tersebut mengeluarkan asam-asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah (Rashid *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2019).

Tanah yang banyak terdapat hampir di sebagian besar wilayah di Indonesia adalah tanah ordo Inceptisol. Terdapat 52,0 juta Ha Inceptisols tersebar di Indonesia yang berpotensi untuk dikembangkan (Kasno, 2009). Budidaya jagung di tanah Inceptisol memiliki beberapa masalah karena tanah Inceptisol memiliki kesuburan tanah dan bahan organik yang rendah, dan memiliki reaksi tanah masam

(Abdurachman, 2008). Keefektifan pupuk hayati dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman di tanah Inceptisol dipengaruhi oleh kualitas isolat, serta kualitas dan komposisi bahan pembawa (carrier), ketersediaan bahan organik tanah, serta dosis dan teknik aplikasi pupuk hayati (Santos *et al.*, 2019). Metode aplikasi pupuk hayati pada jagung dapat dilakukan dengan mencampurnya dengan benih atau mengaplikasikannya di tanah yang akan berkaitan dengan keberhasilan kolonisasi bakteri pada tanaman inang (Berger *et al.*, 2018). Tujuan percobaan ini adalah untuk mengkaji teknik aplikasi pupuk hayati dalam meningkatkan ketersediaan hara sehingga tanaman dapat menyerap hara lebih optimal di tanah Inceptisol.

Bahan dan Metode

Percobaan pot dilaksanakan di Lahan Percobaan milik Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Tanah yang digunakan sebagai media tanam adalah ordo Inceptisol Jatinangor yang memiliki tekstur liat, pH agak masam (6,48), kandungan C-organik dengan kriteria tinggi (5,05%), kandungan N total dengan kriteria sedang (0,42%), dan P tersedia dengan kriteria rendah (6,49 ppm). Bahan lain yang digunakan adalah benih jagung varietas BISI-2, pupuk hayati padat dengan bahan pembawa campuran gambut dan kompos (1:1) yang mengandung isolat BPN (*Azotobacter chroococcum* dan *Azospirillum* sp. dengan populasi $2,80 \times 10^9$ dan $1,80 \times 10^7$ CFU g⁻¹) dan isolat MPF (*Pseudomonas malei* dan *Bacillus subtilis* dengan populasi $3,30 \times 10^7$ dan $3,30 \times 10^7$ CFU g⁻¹), pupuk kandang sapi dengan dosis 2 ton ha⁻¹, pupuk urea (225 kg/ha), SP-36 (112,3 kg/ha dan KCl (37,5 kg/ha).

Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari sembilan perlakuan dan diulang tiga kali. Perlakuan pupuk hayati terdiri dari tanpa aplikasi pupuk hayati (kontrol), perlakuan benih 500 g/ha, perlakuan benih 250 g/ha, aplikasi ke dalam tanah 50 kg/ha, aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha, perlakuan benih 500 g/ha + aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha, perlakuan benih 250 g/ha + aplikasi ke dalam tanah 50 kg/ha, perlakuan benih 500 g/ha + aplikasi ke dalam

tanah 50 kg/ha, dan perlakuan benih 250 g/ha + aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha. Parameter yang diamati adalah serapan N dan P yang dianalisis pada fase vegetatif akhir (56 hari) serta bobot tongkol per tanaman. Serapan N dianalisis dengan metoda Kjeldahl dan serapan P dianalisis dengan cara pengabuan basah (Sulaeman *et al.*, 2005). Analisis statistik dilakukan pada perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan dengan menggunakan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Hasil dan Pembahasan

Serapan N dan P Tanaman. Aplikasi pupuk hayati dengan metode perlakuan benih dan aplikasi ke dalam tanah serta kombinasinya berpengaruh nyata terhadap serapan hara N dan P tanaman jagung (Tabel 1). Serapan nitrogen paling besar terdapat pada perlakuan kombinasi perlakuan benih (500 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha), sedangkan serapan N yang paling rendah pada perlakuan tanpa aplikasi pupuk hayati (kontrol). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati mampu meningkatkan kandungan N tanah sehingga mampu meningkatkan N yang diserap tanaman. Rasyid *et al.* (2010) menyatakan bahwa besarnya jumlah nitrogen yang diberikan akan mempengaruhi kadar nitrogen dalam tanaman.

Aplikasi pupuk hayati melalui kombinasi pada benih dan perlakuan ke dalam tanah lebih baik dibandingkan hanya pada benih atau perlakuan pada tanah saja. Hal ini disebabkan pemberian pupuk hayati yang dilakukan pada tanah dan benih akan semakin meningkatkan populasi bakteri di daerah rhizosfer. Hal

tersebut sejalan dengan hasil penelitian Gou *et al.* (2020) bahwa aplikasi pupuk hayati mampu meningkatkan jumlah dan biodiversitas mikroba di rhizosfer. Peningkatan jumlah mikroba akibat penambahan pupuk hayati yang mengandung bakteri pemfiksasi nitrogen mampu meningkatkan N tanah sehingga serapan N oleh tanaman menjadi lebih tinggi. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Medhat *et al.* (2011) bahwa aplikasi pupuk hayati yang mengandung *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. mampu meningkatkan serapan hara N pada tanaman karena kemampuan kedua bakteri tersebut dalam menambat N.

Aplikasi pupuk hayati yang mengandung bakteri pemfiksasi N dan pelarut P mempengaruhi serapan P tanaman jagung. Aplikasi pupuk hayati pada benih dan tanah lebih meningkatkan serapan P tanaman dibandingkan dengan perlakuan metode perlakuan benih atau aplikasi ke dalam tanah saja. Aplikasi pupuk hayati metode perlakuan benih 500 g/ha ditambah aplikasi ke dalam tanah 50 kg/ha atau ditambah aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha berbeda nyata dalam meningkatkan serapan P tanaman dibandingkan dengan perlakuan perlakuan benih saja sebanyak 250 g/ha dan perlakuan tanpa pupuk hayati (Tabel 1).

Aplikasi benih 500 g/ha + aplikasi ke dalam tanah 50 kg/ha meningkatkan serapan P tanaman paling tinggi dibanding perlakuan lainnya, yaitu 21,45 mg.

Peningkatan serapan P pada tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan P, penyebaran akar, dan kemampuan akar dalam menyerap P. Hakim (2006) mengungkapkan bahwa serapan P sangat tergantung pada kontak akar dengan P dalam larutan tanah. Sebaran akar di dalam

Tabel 1. Serapan N dan P yang dipengaruhi oleh teknik aplikasi pupuk hayati.

Perlakuan Pupuk Hayati	Serapan N (mg/tanaman)	Serapan P (mg/tanaman)
(A) Kontrol (tanpa pupuk hayati)	1.68 a	11.25 a
(B) Perlakuan benih (500 g/ha)	1.98 bcd	15.39 bc
(C) Perlakuan benih (250 g/ha)	1.90 abc	14.14 ab
(D) Aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha)	1.90 abc	15.12 bc
(E) Aplikasi ke dalam tanah (25 kg/ha)	1.75 ab	15.76 bc
(F) perlakuan benih (500 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (25 kg/ha)	2.18 d	18.42 c
(G) perlakuan benih (250 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha)	2.06 cd	17.65 c
(H) perlakuan benih (500 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha)	2.54 e	21.45 d
(I) perlakuan benih (250 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (25 kg/ha)	2.22 d	17.84 c

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

tanah sangat penting dalam meningkatkan serapan P dan bobot kering tanaman. Selain itu, pengambilan P oleh akar tanaman jagung dipengaruhi oleh sifat akar dan sifat tanah dalam menyediakan P. Suleman *et al.* (2018) melaporkan bahwa tanaman gandum yang diinokulasi dengan bakteri *Pseudomonas* sp. MS16 dan *Enterobacter* sp. sebagai pelarut fosfat dapat meningkatkan 80% serapan fosfat dibandingkan dengan kontrol. Kemampuan bakteri pelarut P dalam pupuk hayati untuk melarutkan fosfat dapat meningkatkan serapan P pada tanaman. Liang *et al.* (2020) menyatakan bahwa bakteri pelarut P berperan penting dalam peningkatan ketersediaan P tanah. Hal ini sesuai dengan data penelitian yang telah diperoleh.

Hasil Tanaman. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati yang mengandung bakteri pemfiksasi N (*Azotobacter chroococcum* dan *Azospirillum* sp.) serta bakteri pelarut P (*Pseudomonas malei* dan *Bacillus subtilis*) mampu meningkatkan hasil jagung hingga 126,3% dibandingkan dengan kontrol. Analisis statistik menunjukkan bahwa hasil jagung (bobot tongkol tanpa kelobot) terbaik diperoleh dari perlakuan perlakuan benih 250 g/ha + aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha dengan hasil sebesar 151,01 g per tanaman (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil tanaman jagung yang dipengaruhi oleh teknik aplikasi pupuk hayati

Perlakuan	Hasil tanaman (g per tanaman)
(A) Kontrol (tanpa pupuk hayati)	79.78 a
(B) Perlakuan benih (500 g/ha)	118.17 bc
(C) Perlakuan benih (250 g/ha)	84.10 a
(D) Aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha)	110.79 abc
(E) Aplikasi ke dalam tanah 25 kg/ha)	89.60 ab
(F) perlakuan benih (500 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (25 kg/ha)	136.60 cd
(G) perlakuan benih (250 g/ha) + aplikasi di tanah (50 kg/ha)	153.14 de
(H) perlakuan benih (500 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (50 kg/ha)	180.58 e
(I) perlakuan benih (250 g/ha) + aplikasi ke dalam tanah (25 kg/ha)	151.01 de

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%.

Peningkatan produksi hasil jagung dengan perlakuan pupuk hayati diperkirakan terjadi karena terjadinya adanya keseimbangan hara baik di dalam tanah yang dikarenakan disebabkan kinerja bakteri pemfiksasi N dan pelarut P dalam memfasilitasi ketersediaan hara. Menurut Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa apabila unsur P diserap sesuai batas keseimbangan hara maka akan menaikkan meningkatkan penyerapan unsur hara lainnya. Pada kondisi tersebut akan menyebabkan laju fotosintesis dan pembentukan karbohidrat meningkat, sehingga hasil tanaman pun akan meningkat. Wang *et al.* (2019) melaporkan bahwa aplikasi bakteri pemfiksasi N (*Azotobacter chroococcum* dan *Azospirillum* brasilense) serta bakteri pelarut P (*Bacillus megaterium* dan *Pseudomonas fluorescens*) mampu meningkatkan ketersediaan hara, dan serapan N, dan P, serta pertumbuhan *Cyclocarya paliurus*. Percobaan pot dilakukan oleh Mudenoor *et al.* (2007), untuk mempelajari pengaruh perlakuan pupuk hayati *Azospirillum* sp. pada bahan kering produksi dan hasil jagung di Karnataka dan hasilnya menunjukkan peningkatan tinggi tunas dan bobot kering akar.

Menurut Fitriatin dan Simarmata (2005) menyebutkan bahwa aplikasi BPF MPF melalui benih akan memungkinkan mikroba tersebut melakukan kontak dengan tanaman lebih awal dan mendominasi rhizosfer tanaman tersebut. Pengaruh efek aplikasi benihperlakuan benih ini kemungkinan berhubungan dengan efisiensi dalam suplai bahan bagi pertumbuhan tanaman melalui penambatan nitrogen udara, pelarutan fosfor, dan mempengaruhi eksudat dari beberapa senyawa hormonal, seperti sitokinin dan auksin, yang dapat menstimulir serapan hara dan proses fotosintesis menjadi lebih baik yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Dengan peningkatan hasil tanaman melalui aplikasi pupuk hayati,

Percobaan pot dilakukan oleh Mudenoor *et al.* (2007), untuk mempelajari pengaruh perlakuan pupuk hayati *Azospirillum* sp. pada bahan kering produksi dan hasil jagung di Karnataka dan hasilnya menunjukkan peningkatan tinggi tunas dan bobot kering akar. Dalam hal ini inokulan mikroba merupakan alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia. Selain itu, inokulan mikroba tidak menimbulkan bahaya lingkungan dan menjaga kesehatan tanah.

Kesimpulan

Teknik aplikasi pupuk hayati mempengaruhi serapan hara dan hasil tanaman jagung. Kombinasi aplikasi pupuk hayati pada benih dan juga ke dalam tanah lebih baik pengaruhnya dalam peningkatan serapan hara serta hasil tanaman dibandingkan perlakuan hanya pada benih atau aplikasi ke dalam tanah saja. Perlakuan benih 500 g ha⁻¹ + aplikasi ke dalam tanah 50 kg ha⁻¹ meningkatkan serapan N dan P tanaman jagung paling baik, sedangkan perlakuan benih 250 g ha⁻¹ + aplikasi ke dalam tanah 25 kg ha⁻¹ merupakan aplikasi terbaik dalam meningkatkan hasil tanaman jagung pada tanah Inceptisols.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Kemenristekdikti dengan skema Penelitian Terapan (Nomor Kontrak: 1827/UN6.3.1/LT/2020). Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor UNPAD, Dekan Fakultas Pertanian, dan Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNPAD atas dukungan dan kerjasamanya. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada saudara Fardian Khairul Hakim yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abdurachman, A., A. Dariah, dan A. Mulyani. 2008. Strategi dan teknologi pengelolaan lahan kering mendukung pengadaan pangan nasional. *Jurnal Litbang*, 27(2).

Bhardwaj, D., M.W. Ansari, R.K. Sahoo and N. Tuteja. 2014. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*. 13:66. <http://www.microbialcellfactories.com/content/13/1/66>

Berger, B., S. Patz, S. Ruppel, K. Dietel, S. Faetke, H. Junge, and M. Becker. 2018. Successful formulation and application of plant growth-promoting *Kosakonia radicincitans* in maize cultivation. *BioMed Research International*. Article ID 6439481, <https://doi.org/10.1155/2018/6439481>

Fitriatin, B.N. dan T. Simarmata. 2005. Efek metode perlakuan benih dengan kinetin dan suspensi bakteri pelarut fosfat penghasil fitohormon terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi gogo. *Agrikultura* 16(2) : 84 – 88.

Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan: Herawati Susilo. UI Press.

Gou, J.Y., S.Z. Suo, K.Z. Shao, Q. Zhao, D. Yao, H.P. Li, J.L. Zhang, and C. Rensing. 2020. Biofertilizers with beneficial rhizobacteria improved plant growth and yield in chili (*Capsicum annuum* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 36 : 86.

Hakim, N. 2006. *Pengelolaan kesuburan tanah masam dengan teknologi pengapuran terpadu*. Padang: Universitas Andalas.

Kasno, Antonius. 2009. Respon tanaman jagung terhadap pemupukan fosfor pada Typic Dystrudepts. *J. Tanah Trop.*, 14 (2): 111-118.

Liang, J., J. Liu, P. Jia, T. Yang, Q. Zeng, S. Zhang, B. Liao, W. Shu, and J. Li. 2020. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. *The ISME Journal* . 14:1600-1613 <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0632-4>

Maćik, M., A. Gryta, and M. Frąc. 2020. Chapter Two - Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*. 162: 31-87

Medhat, Y., Abou-Zeid, and M.A.A. Bakry. 2011. Integrated effect of bio-organic manures and mineral fertilizers on potato productivity and the fertility status of a calcareous soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5(8): 1385-1399.

Mudenoor, M.G., G. Geete, and V.P. Savalgi. 2007. Response of maize (*Zea mays*) to seed treatment of micronutrients supplemental *Azospirillum* biofertilizer. *International Journal of Plant Science*. 2: 197-201.

Rashid, M., S. Khalil, N. Ayub, S. Alam, and F. Latif. 2004. Organic acid production and phosphate solubilisation by Phosphate Solubilizing Microorganism (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 7 (2): 187 – 196.

Rasyid. 2010. Serapan N Tanaman Akibat Pemberian Pupuk Azolla. *Jurnal Agoland*, 16(4).

- Santos, M.S., M.A. Nogueira and M. Hungria. 2019. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*. 9:205 <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah dan Pengembangan Penelitian, Departemen Pertanian.
- Suleman, M., S. Yasmin, M. Rasul, M. Yahya, B.M. Atta, and M.S. Mirza. 2018. Phosphate solubilizing bacteria with glucose dehydrogenase gene for phosphorus uptake and beneficial effects on wheat. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204408> September 21
- Sumbul, A., R.A. Ansari, R. Rizvi, and I. Mahmood. 2020. Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi J Biol Sci*. 27(12): 3634–3640.
- Walpole, B.C. and M.H. Yoon. 2013. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria and their co-inoculation efficiency on tomato plant growth and phosphorous uptake. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 7(3), pp. 266-275,
- Wang, Z., Z. Chen, Z. Xu, and X. Fu. 2019. Effects of Phosphate-Solubilizing Bacteria and N₂-fixing Bacteria on Nutrient Uptake, Plant Growth, and Bioactive Compound Accumulation in *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja. *Forests*. 10, 772. doi:10.3390/f10090772

Murgayanti · A.A. Putri · A. Nuraini

Multiplikasi tunas tanaman temu putih pada berbagai jenis karbohidrat dan sitokinin secara *in vitro*

Sari. Permasalahan utama dari perbanyakan tanaman temu putih (*Curcuma zedoaria*) secara konvensional adalah penggunaan bahan tanam berupa rimpang yang memiliki masa dormansi 2-3 bulan. Perbanyakan *in vitro* menjadi alternatif untuk membuat perbanyakan temu putih secara cepat dan dalam jumlah banyak, namun masih belum banyak penelitian rekayasa media *in vitro* berupa penambahan karbohidrat dan sitokinin dalam media. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan multiplikasi eksplan *C. zedoria* terhadap 3 jenis karbohidrat, yaitu sukrosa, glukosa dan amilum dengan konsentrasi 2% dan 4% yang dikombinasikan dengan 2 jenis sitokinin, yaitu *Benzyl Amino Purine* (BAP) 2 ppm dan *Thidiazuron* (TDZ) 1,5 ppm. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 36 unit percobaan dan dengan waktu pengamatan selama 12 Minggu Setelah Tanam (MST). Hasil percobaan menunjukkan kombinasi sukrosa dan glukosa dengan sitokinin BAP dan TDZ memberikan pengaruh terhadap poliferasi tunas baru, perkembangan dan pertumbuhan planlet tanaman *C. zedoria*. Penggunaan amilum pada setiap perlakuan menyebabkan kematian fisiologis lebih cepat. Penggunaan TDZ pada setiap perlakuan memberikan hasil yang lebih baik terhadap jumlah tunas baru. Perlakuan dengan media sukrosa 4% + TDZ 1,5 ppm memberikan hasil yang paling tinggi dengan rata-rata jumlah tunas sebanyak 4,67 tunas baru. Perlakuan dengan media sukrosa 2% + BAP 2 ppm memberikan hasil yang paling signifikan pada tinggi tunas dengan rata-rata tinggi tunas sebesar 16,97 cm dan rata-rata jumlah daun sebanyak 8,67 buah.

Kata kunci: Amilum · Glukosa · Karbohidrat · Multiplikasi · Tunas

In vitro shoot multiplication of *Curcuma zedoria* (Christm.) Roscoe on various types of carbohydrates and cytokinins

Abstract. The main problem with conventional propagation of *Curcuma zedoaria* is the use of planting material in form of rhizomes which have a dormancy period of 2-3 months. In vitro propagation is an alternative to make the propagation of *Curcuma zedoaria* quickly and in large quantities, but there are still not many researches study the formulation of in vitro media such as the addition of carbohydrates and cytokinins. This experiment aims to determine the response of growth and multiplication of explants of *C. zedoria* to 3 types of carbohydrates, i.e., sucrose, glucose and amyllum with concentration of 2% and 4% combined with 2 types of cytokinins, i.e., 2 ppm Benzyl Amino Purine (BAP) and 1.5 ppm Thidiazuron (TDZ). This experiment used a completely randomized design with 36 experimental units and an observation time of 12 weeks after planting (MST). The results showed that the combination of sucrose and glucose with cytokinins in form of BAP and TDZ affected the proliferation of new shoots, the development and growth of *C. zedoria* plantlets. The use of amyllum in each treatment caused physiological death more quickly occurred. The use of TDZ in each treatment gave better result on the number of new shoots. Treatment with 4% sucrose + 1.5 ppm TDZ showed the highest yield on the number of shoots, as many as 4.67 new shoots. Treatment with 2% sucrose + 2 ppm BAP showed the most significant results on shoot height with an average shoot height of 16.97 cm and an average number of leaves of 8.67 leaves.

Keywords: Amyllum · Glucose · Carbohydrates · Multiplication · Shoots

Diterima : 7 Mei 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.33296](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.33296)

Murgayanti¹ · A.A. Putri² · A. Nuraini¹

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

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

Korespondensi: murgayanti@unpad.ac.id

Pendahuluan

Temu putih (*Curcuma zedoaria*) merupakan golongan tanaman *herbaceous* dari famili *Zingiberaceae* yang kaya akan metabolit sekunder, khususnya senyawa *curcumin* yang diketahui sebagai obat dari salah satu penyakit paling berbahaya di dunia, yaitu kanker rahim (Jena *et al.*, 2020). Khasiat temu putih di bidang medis tentu berdampak pada tingginya permintaan akan ketersediaan tanaman temu putih dari industri farmasi. Menurut Salim dan Munadi (2017), kebutuhan rimpang temu putih untuk industri obat saja mencapai 3.000 ton/tahun.

Menurut data Badan Pusat Statistik (2017) luas panen tanaman temu putih dari tahun 2016-2017 mengalami penurunan sebesar 5,45%. Perbanyak tanaman temu putih (*C. zedoaria*) umumnya diperbanyak secara vegetatif melalui penanaman rimpang induk dan rimpang cabang. Hal ini menjadi kendala dalam upaya pemenuhan permintaan ketersediaan temu putih sebab rimpang merupakan modifikasi dari batang tanaman yang diketahui memiliki masa dormansi yang cukup lama sekitar 2 sampai 3 bulan (Trisnawan *et al.*, 2017). Hal tersebut menyebabkan sulit dan lamanya memperoleh bahan tanam yang seragam.

Perbanyak secara mikro melalui metode kultur jaringan (*in vitro*) saat ini menjadi alternatif yang paling dipilih dalam usaha pemenuhan kebutuhan ketersediaan tanaman yang sehat dan seragam. Hal ini karena keunggulannya dalam memanfaatkan sifat totipotensi sel tanaman untuk membentuk individu baru, sehingga dari bahan tanam yang terbatas dapat diperoleh banyak tanaman baru dengan waktu yang relatif cepat (Hapsoro *et al.*, 2018). Pemanfaatan teknik kultur jaringan dalam perbanyak tanaman temu putih dirasa sangat tepat mengingat tanaman temu-temuan termasuk ke dalam tanaman obat golongan kedua (Jena *et al.*, 2020), yaitu tanaman obat yang masih memungkinkan untuk dikembangkan areal budidayanya dan saat ini memerlukan arah penelitian yang bertujuan untuk memperoleh varietas unggul dan teknologi budidaya yang dapat meningkatkan produksi dan bahan aktif.

Prinsip dari perbanyak secara *in vitro* adalah kesesuaian antara kondisi eksplan, lingkungan tumbuh, dan media tanam (Hapsoro *et al.*, 2018). Media tanam pada perbanyak *in*

vitro tanaman famili *Zingiberaceae* umumnya menggunakan komposisi Murashige and Skoog yang mana setiap zat penyusunnya tentu memiliki fungsi dan peran yang penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Karbohidrat adalah salah satu dari nutrisi yang besar peranannya, hal ini disebabkan karbohidrat merupakan sumber karbon yang berperan dalam penyediaan energi bagi tanaman untuk tumbuh dan berkembang (Kherasani *et al.*, 2017). Penambahan karbohidrat yang umumnya berupa gula ke dalam media kultur jaringan berfungsi sebagai pengganti karbon yang biasanya diperoleh dari atmosfer pada penanaman secara *in vivo*. Sukrosa adalah sumber karbohidrat yang paling sering digunakan dalam kultur jaringan. Penggunaan glukosa dan fruktosa juga seringkali dilakukan sebagai substitusi dari sukrosa (Wahyurini, 2010). Beberapa penelitian dikatakan bahwa glukosa memiliki tingkat keefektifan yang hampir sama dengan sukrosa. Penggunaan sumber karbohidrat lainnya, seperti laktosa, galaktosa, rafinosa, maltosa dan pati dianggap kurang memberikan respons yang baik terhadap perbanyak dan pertumbuhan tanaman secara *in vitro* (Kherasani *et al.*, 2017).

Pemberian Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) juga termasuk ke dalam kunci kesuksesan dari perbanyak tanaman secara *in vitro*, sebab hormon tumbuh yang dihasilkan tanaman tidak sebesar pada budidaya secara *in vivo* (Almeida *et al.*, 2020). Zat pengatur tumbuh golongan sitokinin umumnya digunakan pada multiplikasi tunas tanaman temu putih (*C. zedoaria*) karena berperan dalam proses pembelahan sel dan pertumbuhan tunas. Jenis sitokinin sintetik yang umumnya digunakan adalah 6-Benzyl amino purine (BAP) yang berasal dari golongan purin dan Thidiazuron (TDZ) yang berasal dari golongan urea. Kedua jenis sitokinin ini tentu memiliki karakteristik yang berbeda (Grzegorzczuk *et al.*, 2016). Menurut Aulia *et al.* (2020), BAP merupakan salah satu zat pengatur tumbuh golongan sitokinin yang biasa digunakan untuk induksi kalus, tetapi penting juga untuk proses induksi tunas dan kecambah. Keunggulan dari BAP yang sering kali membuatnya dipilih sebagai ZPT dalam kultur *in vitro* adalah sifatnya yang stabil, mudah diperoleh, dapat disterilisasi, lebih efektif dibanding kinetin dan memiliki harga jual yang relatif murah. Menurut Dinani *et al.* (2018), TDZ (*Thidiazuron*) adalah zat pengatur tumbuh

golongan sitokinin yang keberadaannya dapat mempengaruhi kinerja hormon sitokinin lainnya, baik hormon sitokinin endogen ataupun eksogen. Zat pengatur tumbuh TDZ memiliki kemampuan lebih baik dalam menginduksi tunas dibanding sitokinin lainnya.

Menurut Yulizar *et al.* (2014) hubungan antara jenis karbohidrat dengan jenis sitokinin terhadap pertumbuhan eksplan temu putih secara *in vitro* adalah sinergis. Karbohidrat merupakan sumber karbon yang memiliki peranan penting dalam penyediaan energi bagi sel, sehingga dengan adanya karbohidrat dan sitokinin yang tepat maka pembelahan sel, pembesaran sel, dan diferensiasi sel dapat berlangsung dengan baik. Anisuzzaman (2008) menyebutkan bahwa umumnya penelitian pada multiplikasi *in vitro* berfokus pada penggunaan ZPT, sehingga penelitian mengenai sumber karbon pada multiplikasi *in vitro* masih jarang dilakukan. Hal ini yang mendorong untuk melakukan penelitian mengenai keefektifan hubungan antara jenis sumber karbon dengan jenis sitokinin terhadap jumlah tunas temu putih (*C. zedoria*) secara *in vitro*.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, dari bulan Februari 2020 sampai dengan Februari 2021. Bahan utama yang digunakan adalah tunas rimpang temu putih yang diperoleh dari Kebun Biofarmaka IPB; 3 jenis karbohidrat, yaitu sukrosa, glukosa dan amilum; serta sitokinin jenis BAP dan TDZ. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor perlakuan. Faktor pertama berupa jenis karbohidrat dengan 6 taraf perlakuan, yaitu sukrosa 2%, sukrosa 4%, glukosa 2%, glukosa 4%, amilum 2%, dan amilum 4%. Faktor kedua berupa jenis sitokinin yang terdiri dari 2 taraf percobaan, yaitu BAP 2 ppm dan TDZ 1,5 ppm. Percobaan terdiri dari 12 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan dan dengan waktu pengamatan selama 12 Minggu Setelah Tanam (MST).

Penelitian dimulai dengan tahap pendahuluan, berupa pencucian rimpang yang diperoleh dari lapang, pemeraman di ruang tertutup, dan penyemprotan larutan GA3

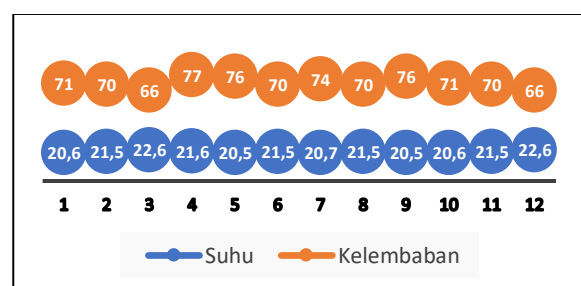
dengan interval waktu 2 kali sehari untuk menginduksi pertumbuhan tunas. Tahap sterilisasi media dan ruang kultur. Tahap sterilisasi eksplan yang terdiri dari 2 tahapan, yaitu sterilisasi di luar *Laminar Air Flow* (LAF) dan sterilisasi di dalam *Laminar Air Flow* (LAF), kemudian dilanjutkan dengan tahap penanaman dan pemeliharaan.

Parameter pengamatan terdiri dari 1 parameter penunjang, yaitu suhu dan kelembaban yang diamati setiap minggunya menggunakan alat *Thermohigrometer* dan 3 parameter utama, yaitu jumlah tunas, tinggi tunas dan jumlah daun yang diamati setelah planlet didestruksi.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk parameter suhu dan jumlah tunas, serta pendekatan kuantitatif untuk parameter tinggi tunas dan jumlah daun. Analisis data kuantitatif diuji menggunakan Two Way ANOVA pada taraf nyata 5% dan apabila ada perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjut dengan analisis *Duncan* pada taraf yang sama untuk mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan berdasarkan analisis dari *software SPSS versi 26*.

Hasil dan Pembahasan

Suhu dan Kelembaban. Suhu dan kelembaban ruang kultur adalah salah satu faktor eksternal yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan multiplikasi planlet (Basri, 2016). Grafik suhu pada Gambar 1 menunjukkan bahwa suhu di ruang inkubasi berkisar antara 20,5-22,7°C dengan kelembaban relatif berkisar antara 66-77%.



Gambar 1. Grafik Suhu (°C) dan Kelembaban (%) Ruang Kultur

Data ini menunjukkan kisaran suhu dan kelembaban ruang kultur yang digunakan

termasuk ke dalam suhu dan kelembaban yang cocok untuk perkembangan dan pertumbuhan eksplan tanaman *C. zedoria* karena kisaran suhu ruang inkubasi yang optimal untuk perbanyakan tanaman secara *in vitro* adalah 20 – 25 °C dengan kelembaban relatif 70 – 90% (Velickovic *et al.*, 2018).

Menurut Velickovic *et al.* (2018), suhu di bawah optimal dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan eksplan sehingga pertumbuhan menjadi lebih lambat, sedangkan apabila suhu ruang inkubasi diatas suhu optimal akan menyebabkan tingginya laju respirasi eksplan yang juga dapat menghambat pertumbuhan eksplan. Kelembaban ruang inkubasi di bawah 70% dapat berakibat pada penguapan media tanam yang cepat sehingga eksplan cepat kehabisan media, terjadi kontaminasi dari tetesan air, dan mengeringnya planlet (Basri, 2016; Jasmine, 2017). Kelembaban yang terlalu tinggi salah satunya dapat menyebabkan pertumbuhan abnormal seperti vitrifikasi (Velickovic *et al.* 2018).

Jumlah Tunas. Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa Jumlah tunas tertinggi dimiliki oleh perlakuan Sukrosa 4% + TDZ 1,5 ppm dengan rata-rata jumlah tunas sebesar 4,67.

Tabel 1. Jumlah Tunas *C. zedoria* pada Usia 12 MST.

Gula	Sukrosa		Glukosa		Amilum	
	2%	4%	2%	4%	2%	4%
BAP 2 ppm	2,33	1,33	1,33	1,33	0	0
Keterangan	HS	HS	HS	HS	Mati	Mati
TDZ 1,5 ppm	4,33	4,67	4	4	0	0
Keterangan	HS	HS	HS	HS	Mati	Mati

Keterangan:

HS : Hijau Sehat

Perlakuan dengan sitokinin jenis BAP menunjukkan penggunaan media sukrosa 2% + BAP 2 ppm menghasilkan jumlah tunas yang lebih tinggi dibanding perlakuan dengan BAP lainnya, yaitu senilai 2,3. Perlakuan dengan BAP lainnya diperoleh data rata-rata jumlah tunas yang seragam, yaitu 1,3. Perlakuan sukrosa 4% dengan TDZ 1,5 ppm menghasilkan jumlah tunas tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Sifat sukrosa yang merupakan golongan disakarida memiliki tingkat kelarutan yang

tinggi, kemampuan dalam netralitas kelistrikan, kurangnya efek penghambatan terhadap sebagian besar proses biokimia dan sifatnya yang tidak mudah terurai membuat sukrosa lebih mudah digunakan oleh planlet sebagai sumber karbonnya (Kherasani *et al.*, 2017). Menurut Antoniazzi *et al.* (2016) TDZ memiliki sifat paling aktif dan mampu menginduksi tunas *in vitro* lebih besar dibanding sitokinin lainnya pada beberapa jenis tanaman. Dinani *et al.* (2018) menyebutkan TDZ dapat memacu pertumbuhan tunas lebih banyak karena TDZ memiliki struktur kimia lebih stabil. TDZ juga dapat mengaktifkan dan mempengaruhi biosintesis sitokinin endogen tipe purin, yang mengakibatkan terbentuknya respon ganda terhadap eksplan, sehingga jumlah tunas baru yang dihasilkan akan lebih banyak dibandingkan di dalam media yang diperkaya dengan BAP (Dinani *et al.*, 2018).

Perlakuan dengan sumber karbohidrat jenis glukosa yang dikombinasikan dengan TDZ 1.5 ppm menghasilkan rata-rata jumlah 14% lebih rendah dibanding penggunaan karbohidrat jenis sukrosa. Hal ini didukung oleh Salvi *et al.* (2001) yang menyebutkan bahwa glukosa adalah karbohidrat yang efektifitasnya hampir mendekati sukrosa dan paling efisien pada multiplikasi tunas tanaman *C. longa*. Penggunaan karbohidrat amilum tidak menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan, yang kemudian mengakibatkan tanaman mati pada usia 5 MST sehingga tidak menghasilkan tunas baru.

Tinggi Tunas. Data pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan memberikan tinggi tunas yang berbeda nyata, dengan perlakuan sukrosa 2% + BAP 2 ppm dan Glukosa 4% + BAP 2 ppm memberikan tinggi yang paling baik.. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Rustikawati *et al.* (2020) bahwa penambahan sitokinin jenis BAP ke dalam media kultur dapat menstimulasi sintesis protein di dalam jaringan tanaman, sehingga mampu mendorong organogenesis kultur tunas *in vitro*.

Penggunaan jenis dan konsentrasi karbohidrat yang digunakan juga memberi pengaruh signifikan terhadap tinggi tunas. Penggunaan karbohidrat jenis sukrosa dengan konsentrasi 2% dan glukosa 4% memiliki panjang tunas yang paling signifikan dibanding perlakuan lainnya, yaitu dengan rata-rata nilai tinggi tunas sebesar 16,97 pada perlakuan

sukrosa 2% + BAP 2 ppm dan rata-rata panjang tunas sebesar 16,2 pada perlakuan glukosa 4% + BAP 2 ppm.

Tabel 2. Tinggi Tunas *C. zedoaria* pada usia 12 MST.

Sitokinin \ Gula	Sukrosa		Glukosa		Amilum	
	2%	4%	2%	4%	2%	4%
BAP 2 ppm	16,97d	9,2a	10,47b	16,2d	na	na
TDZ 1,5 ppm	12,77c	10,77b	11,47b	10,8b	na	Na

Keterangan: na adalah tidak dianalisis karena tunas mati. Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Waryastuti *et al.* (2017) menyatakan bahwa semakin banyak jumlah tunas yang tumbuh dapat menyebabkan pertumbuhan masing-masing tunas terhambat. Hal ini selaras dengan data pada Tabel 2 yang memperlihatkan penggunaan sitokinin jenis TDZ yang menghasilkan jumlah tunas lebih banyak, tetapi memiliki tinggi tunas di bawah nilai perlakuan sukrosa 2% + BAP 2 ppm dan Glukosa 4% + BAP 2 ppm. Antoniazzi *et al.* (2016) juga menyebutkan bahwa penambahan TDZ dapat memacu produksi etilen endogen yang dapat menghambat pemanjangan batang, terutama pada tanaman dikotil.



Gambar 2. Perbedaan Tinggi Tunas dan Jumlah Daun Planlet dari Setiap Perlakuan pada Usia 12 MST.

Jumlah Daun. Hasil pada Tabel 3 menunjukkan perlakuan dengan sitokinin jenis TDZ menghasilkan rata-rata jumlah daun yang lebih banyak dibanding perlakuan dengan sitokinin jenis BAP. Jumlah daun terlihat

berbanding lurus dengan jumlah tunas yang dihasilkan.

Tabel 3. Jumlah Daun dari Setiap Perlakuan pada Usia 12 MST.

Sitokinin \ Gula	Sukrosa		Glukosa		Amilum	
	2%	4%	2%	4%	2%	4%
BAP 2 ppm	8,67f	4,33a	5,67c	6,33d	na	na
TDZ 1,5 ppm	6,67d	7,67e	8e	5b	na	na

Keterangan: na adalah tidak dianalisis karena tunas mati. Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan pada jumlah daun menunjukkan bahwa hampir semua kombinasi perlakuan menumbuhkan daun, kecuali perlakuan dengan amilum. Perlakuan dengan nilai signifikansi tertinggi diperoleh pada media Sukrosa 2% + BAP 2 ppm dan media Glukosa 2% + TDZ 1,5 ppm, sedangkan hasil terendah ditunjukkan oleh perlakuan media Sukrosa 4% + BAP 2 ppm. Jumlah tunas dan jumlah daun pada eksplan yang ditanam di dalam media yang ditambahkan TDZ masih menunjukkan kecenderungan untuk tumbuh dan bertambah (data tidak ditampilkan).

Perlakuan sukrosa 4% + BAP 2 ppm menunjukkan hasil terhadap jumlah daun yang paling rendah dibanding perlakuan dengan penambahan sitokinin dan karbohidrat jenis sukrosa dan glukosa lainnya. Hal ini dapat terjadi karena penurunan potensi air. Menurut Kherasani *et al.* (2017), tingkat sukrosa yang tinggi dapat mengurangi pertumbuhan tunas, hal ini mungkin terjadi karena potensi air yang menurun. Peningkatan hidrolisis sukrosa terlibat dalam proses enzimatis selama penyerapan dan pelepasan molekul glukosa dan fruktosa, selanjutnya ke sitosol yang mana siklus ini dapat mengurangi akumulasi materi kering pada tanaman *in vitro* (Kherasani *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Interaksi antara jenis karbohidrat dan jenis sitokinin beserta dosisnya memberikan pengaruh terhadap variabel pengamatan jumlah tunas, tinggi tunas, dan jumlah daun, khususnya pada penggunaan sukrosa dan glukosa sebagai

sumber karbonnya, sedangkan penggunaan amilum menyebabkan eksplan mengalami kematian fisiologis. Penggunaan media TDZ 1.5 ppm yang dikombinasikan dengan sukrosa 4% memberikan hasil terbaik terhadap jumlah tunas dengan rata-rata 4,67 tunas baru. Penggunaan media BAP 2 ppm yang dikombinasikan dengan sukrosa 2% memberikan nilai yang signifikan terhadap Tinggi tunas dan jumlah daun.

Daftar Pustaka

- Almeida, M., R.R. Ersyanti, F.M. Dwivany. 2020. Optimasi dan evaluasi secara fisik kondisi biji tomat (*Lycopersicum esculentum*) yang telah dibawa ke luar angkasa dengan kultur Jaringan. J. Sains Kes, 2(4): 438-443. p-ISSN: 2303-0267, e-ISSN: 2407-6082
- Anisuzzaman, M., S.A. Sharmin, S.C. Mondal, R. Sultana, M. Khalekuzzaman, I. Alam, and M.F. Alam. 2008. In vitro microrhizome Induction in *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe-a conservation prioritized medicinal plant. Journal of Biological Science 8 (7): 1216-1220.
- Antoniazzi, D., M.P. de-Souza-Ferrari, A.B. Nascimento, F.A. Silveira, L.A.S. Pio, M. Pasqual, and H.M. Magalhães. 2016. Growth regulators, DNA content and anatomy in vitro-cultivated *Curcuma longa* seedlings. Afric. J. Biotech., 15(32), 1711-1725.
- Aulia, M.I., Rustikawati, & E. Inorihah. 2020. Respon temu putih dan temu mangga dengan pemberian BA dan 2,4-D secara in vitro. Gema Agro, 25(2): 92-102.
- Basri, A.H.H. 2016. Kajian pemanfaatan kultur jaringan dalam perbanyakan tanaman bebas virus. Agrica Ekstensi, 10 (1), 64-73.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Tanaman Biofarmaka. Badan Pusat Statistik. Jakarta
- Dinani, E.T., M.R. Shukla, C.E. Turi, J.A. Sullivan, and P.K. Saxena. 2018. Thidiazuron: Modulator of Morphogenesis In Vitro. In: Ahmad N., Faisal M. (eds) Thidiazuron: From Urea Derivative to Plant Growth Regulator. Singapore: Springer.
- Grzegorzczak-Karolak, I., L. Kuzma, and H. Wysokinska. 2016. In vitro cultures of *Scutellaria alpina* as a source of pharmacologically active metabolites. Acta Physiol Plant 38:7
- Hapsoro, D., T. Inayah, and Yusnita. 2018. Plant regeneration of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Calli in vitro and its response to gamma irradiation. J. ISSAAS, 24(1): 58-66. ISSN 0859-3132
- Jasmine, S. 2017. Pengaruh Berbagai Teknik Sterilisasi dalam Induksi Tunas (*Etlingera elatior* Jack) Asal Sukabumi Dengan Penambahan Sukrosa dan Berbagai Konsentrasi BAP [Skripsi]. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Jena, S., A. Ray, A. Sahoo, et al. 2020. Rapid plant regeneration in industrially important *Curcuma zedoaria* revealing genetic and biochemical fidelity of the regenerants. J. 3 Biotech 10(17): 1-13.
- Kherasani, I., E. Prihatani, dan S. Haryanti. 2017. Pertumbuhan kalus eksplan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* Rosc.) pada berbagai konsentrasi sukrosa secara in vitro. Buletin Natomi dan Fisiologi, 2 (1), 43-49.
- Rustikawati, C. Herison, E. Inorihah, and V. Dwisari. 2021. Effect of BAP (6-Benzyl Aminopurine) on In Vitro Shoot Growth of Curcumas. Agritropica: Journal of Agricultural Science. 4 (1): 82-92. DOI: <https://doi.org/10.31186/Jagritropica.4.1.82-92>
- Salim, Z. dan E. Munadi. 2017. Info Komoditi Tanaman Obat. Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Indonesia.
- Salvi, N.D., L. George, and S. Eapen. 2001. Plant regeneration from leaf base callus of turmeric and random amplified polymorphic DNA analysis of regenerated plants. *Plants Cell, Tissue and Organ Culture* (66): 113-119.
- Jena, S. Ray, A. Sahoo, A., et al. 2020. Rapid plant regeneration in industrially important *Curcuma zedoaria* revealing genetic and biochemical fidelity of the regenerants. J. 3 Biotech 10(17): 1-13.
- Trisnawan, A.S., A. Sugiyatno, S. Fajrini, dan L. Setyobudi. 2017. Pengaruh pemberian zat pengatur tumbuh pada pematangan dormansi mata tunas tanaman jeruk (*Citrus* sp.) hasil okulasi. Jurnal Produksi Tanaman, 5(5), 742-747.
- Velickovic, K., H.A.L. Leija, I. Bloor, et al. 2018. Low temperature exposure induces browning of bone marrow stem cell derived adipocytes in vitro. *Sci Rep* 8, 4974.

- Wahyurini, E. 2010. Pengaruh sukrosa terhadap pertumbuhan eksplan tanaman kedelai hitam (*Glycine soja*) secara *in vitro*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta: 29 Jun 2020. Hlm. 157-163
- Waryastuti, D.E., L. Setyobudi, dan T. Wardiyati. 2017. Pengaruh tingkat konsentrasi 2,4-D dan BAP pada media MS terhadap induksi kalus embriogenik temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Jurnal Produksi Tanaman, 5(1), 140 – 149.
- Yulizar, D.R., Z.A. Noli, & M. Idris. 2014. Induksi tunas kunyit putih (*Curcuma zedoaria* Roscoe) pada media MS dengan penambahan berbagai konsentrasi BAP dan sukrosa secara *in vitro*. J. Bio. UA 3 (4): 310-316.

Mubarok, S. · A. Mardatillah · A. Nuraini

Pertumbuhan dan hasil dua kultivar bayam pada sistem budidaya hidroponik untuk lahan sempit

Sari Hidroponik merupakan salah satu teknik sistem budidaya yang biasa digunakan di lahan sempit seperti di perkotaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan sistem budidaya bayam yang paling baik untuk diterapkan pada sistem urban farming pada lahan sempit, misalnya di kawasan pemukiman padat penduduk di bagian timur Jakarta. Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua kultivar bayam dan tiga sistem budidaya yaitu budidaya konvensional, sistem hidroponik *Wick* dan NFT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem NFT menghasilkan pertumbuhan dan hasil terbaik yang ditunjukkan oleh jumlah daun, diameter batang, luas daun, panjang akar, volume akar dan berat segar tanaman yang lebih baik daripada sistem hidroponik *Wick* dan konvensional pada dua kultivar bayam 'Maestro' dan 'Mira'.

Kata kunci: Bayam · Kemandirian pangan · Lahan pekarangan · NFT · Wick

Growth and yield of two amaranth cultivars in hydroponic cultivation systems for small agricultural lands

Abstract Hydroponic is one of the cultivation system techniques that usually used in the small area alike urban area. The purpose of this study was to determine the best amaranth cultivation system to be applied in urban farming system applied on small area, e.g. in a densely inhabited residential area in eastern part of Jakarta. Randomized Completely Block Design used in this experiment consisted of two amaranth cultivars and three cultivation systems namely conventional cultivation, Wick hydroponic and NFT hydroponic. The results showed that the NFT system resulted the best growth and yield, as indicated by the number of leaves, stem diameter, leaf area, root length, root volume and plant fresh weight that were better than the Wick hydroponic and conventional system in two amaranth cultivars namely 'Maestro' and 'Mira'.

Keywords: Amaranth · Food independence · Yard · NFT · Wick

Diterima : 7 Mei 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.32141](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.32141)

Mubarok, S.¹ · A. Mardatillah² · A. Nuraini¹

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

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

Korespondensi: syariful.mubarok@unpad.ac.id

Pendahuluan

Lahan pekarangan memiliki potensi sebagai penyedia bahan pangan keluarga, mengurangi pengeluaran rumah tangga, dan meningkatkan pendapatan keluarga (Ashari *et al.*, 2012). Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Kementan RI) selaku sektor yang bertanggung jawab terhadap penyediaan pangan, telah menyiapkan berbagai strategi salah satunya melalui Program Pelebaran Pangan Lestari (Kementan RI, 2020). Keterbatasan lahan produktif menjadi kendala dalam pengembangan pertanian di perkotaan seperti di DKI Jakarta. Namun, hal tersebut dapat diatasi dengan penerapan pertanian perkotaan salah satunya pemanfaatan lahan sempit (Deputi Gubernur DKI Jakarta, 2018).

Pemanfaatan lahan sempit seperti pekarangan dapat menjadi sumber potensial penyedia bahan pangan yang bernilai gizi serta ekonomis apabila ditata dan dikelola dengan baik (Erawati *et al.*, 2014). Budidaya di lahan pekarangan memerlukan perhatian pada sejumlah aspek, diantaranya jenis sistem budidaya yang akan diterapkan dan penentuan komoditas. Sistem budidaya yang dapat diterapkan pada lahan pekarangan adalah sistem budidaya konvensional yang menggunakan media tanah dalam polybag serta sistem hidroponik yang menggunakan media tanpa tanah. Pada penelitian sebelumnya, teknik budidaya melalui hidroponik rakit apung dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil budidaya bayam di lahan sempit Bekasi (Mubarak *et al.*, 2021). Sistem budidaya lahan sempit dapat menghemat penggunaan lahan tanpa mengurangi produktivitas tanaman (Pasir dan Hakim, 2013; Sarido *et al.*, 2017). Selain sistem rakit apung, sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) dan Wick merupakan sistem yang umum digunakan dalam budidaya tanaman dengan metode hidroponik (Aires, 2018).

Penentuan komoditas tentunya harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan tumbuh sekitar. Daerah Khusus Ibukota Jakarta termasuk ke dalam dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 7 m di atas permukaan laut (dpl). Di satu sisi, bayam (*Amaranthus* sp.) merupakan tanaman yang memiliki daya adaptasi yang tinggi pada berbagai ekosistem (Zuryanti *et al.*, 2016), sehingga bayam dapat menjadi pilihan komoditas untuk dibudidayakan di dataran

rendah seperti di DKI Jakarta. Bayam hijau dan merah merupakan jenis bayam yang umum dikonsumsi. Kultivar Mira dan Maestro masing-masing merupakan kultivar bayam merah dan hijau yang umum digunakan dalam budidaya tanaman (Ghifari *et al.*, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem hidroponik semacam apa yang baik digunakan untuk tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira yang di tanam di daerah DKI Jakarta.

Bahan dan Metode

Dua kultivar tanaman bayam, 'Maestro' dan 'Mira', ditumbuhkan pada sistem budidaya konvensional dan hidroponik Wick dan hidroponik NFT yang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan diulang sebanyak enam belas kali ulangan. Penanaman dilakukan di daerah Kemanggisan Ilir, Jakarta Barat dengan ketinggian tempat ± 7 m dpl. Pada setiap satuan percobaan terdapat lima polybag (konvensional) atau netpot (hidroponik) yang berisi masing-masing 3 bibit tanaman bayam. Tahapan penelitian meliputi persemaian, penanaman, pemupukan, pemeliharaan, dan pemanenan.

Parameter pengamatan yang diamati antara lain jumlah daun per tanaman, tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, panjang akar, volume akar, dan berat segar per tanaman. Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam dianalisis dengan analisis ragam uji F pada taraf kepercayaan 95% dan apabila terdapat perbedaan antar perlakuan akan dilanjutkan dengan analisis uji Tukey (HSD) pada taraf kepercayaan 95%.

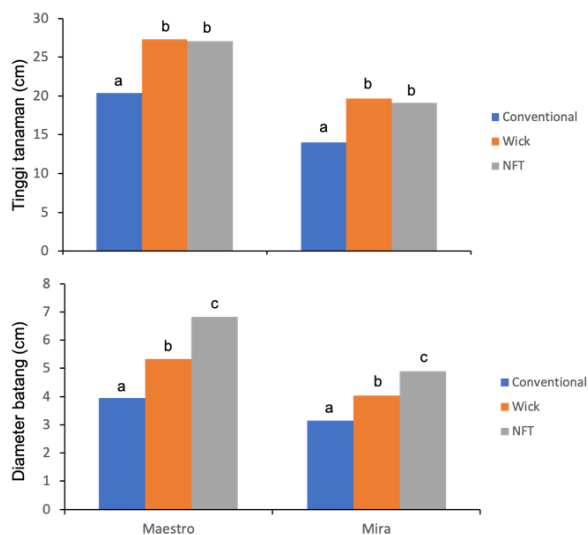
Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman dan diameter batang. Teknologi budidaya hidroponik dengan sistem Wick dan NFT mampu menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik ditandai dengan penampilan tanaman yang segar (Gambar 1). Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji Tukey pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa sistem budidaya konvensional, hidroponik NFT, dan hidroponik Wick berpengaruh terhadap tinggi tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira pada umur 15

hari setelah pindah tanam (HSPT). Tinggi tanaman dan diameter batang bayam pada budidaya konvensional merupakan yang terendah dibandingkan dengan dua sistem lainnya. Sistem Wick menghasilkan tinggi tanaman tertinggi pada kultivar Maestro dan Mira dengan nilai masing-masing 27,31 dan 19,69 yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan sistem NFT (Gambar 2).



Gambar 1. Penampilan tanaman bayam pada umur 15 HSPT

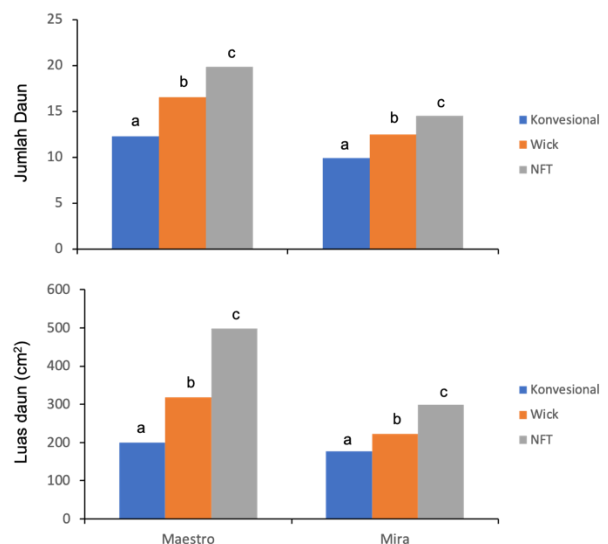


Gambar 2. Pengaruh tiga sistem budidaya terhadap tinggi tanaman dan diameter batang bayam Kultivar Maestro dan Mira pada umur 15 HSPT. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kultivar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%.

Pengaruh jenis sistem budidaya menunjukkan adanya perubahan terhadap

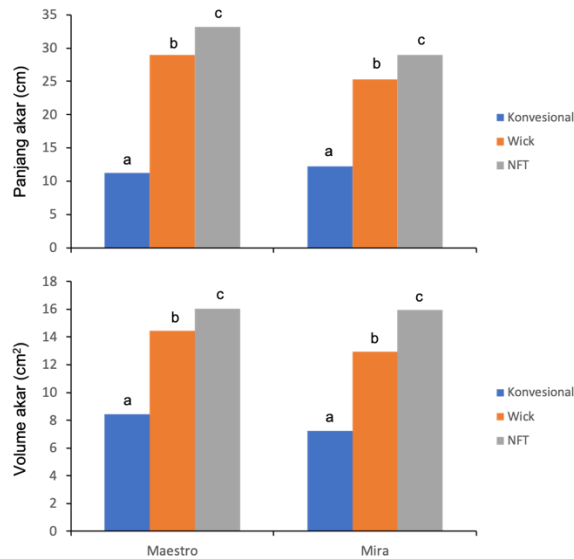
diameter batang bayam pada kedua kultivar. Tanaman yang ditanam pada sistem NFT baik bayam 'Maestro' ataupun 'Mira' menghasilkan diameter batang tertinggi dibandingkan dengan sistem Wick ataupun konvensional dengan nilai diameter batang masing-masing 6,82 dan 4,91 mm.

Jumlah Daun dan Luas Daun. Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji Tukey pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa NFT menghasilkan jumlah daun dan luas daun tertinggi pada kedua kultivar, dengan jumlah daun adalah 19,81 untuk 'Maestro' dan 14,50 untuk 'Mira', sedangkan untuk luas daun masing-masing adalah 498,41 cm² dan 298,37 cm², yang berbeda nyata bila dibandingkan dua sistem lainnya, yaitu konvensional dan Wick sistem (Gambar 3).



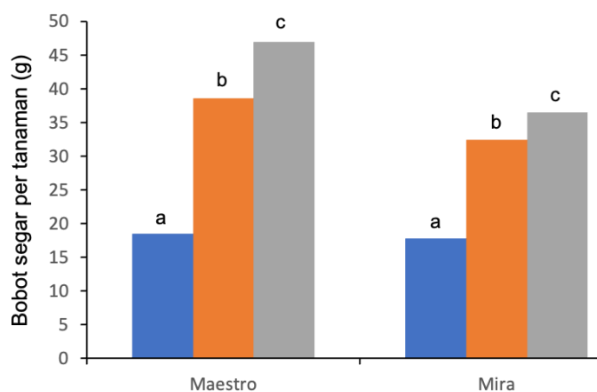
Gambar 3. Pengaruh perlakuan sistem budidaya terhadap jumlah daun tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira.

Panjang Akar dan Volume Akar. Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji Tukey pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa sistem budidaya berpengaruh terhadap panjang dan volume akar bayam 'Maestro' dan 'Mira' yang ditanam di daerah DKI Jakarta. Sistem NFT memberikan peningkatan panjang akar dan volume akar yang signifikan bila dibandingkan dengan dua sistem lainnya, dengan panjang akar 33,18 cm dan 29,01 cm masing-masing untuk kultivar Maestro dan Mira, sedangkan untuk volume akar yaitu 16,03 mL dan 15,94 mL masing-masing untuk kultivar Maestro dan Mira (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh perlakuan sistem budidaya terhadap panjang akar tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira.

Berat Segar Tanaman. Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh bahwa perlakuan sistem budidaya konvensional, hidroponik NFT dan hidroponik Wick berpengaruh terhadap bobot segar bayam Kultivar Maestro dan Mira. Sistem hidroponik NFT menghasilkan tanaman bayam dengan hasil paling tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional dan Wick dengan bobot 47,06 g dan 36,56 g masing-masing untuk bayam kultivar Maestro dan Mira (Gambar 5).



Gambar 5. Pengaruh perlakuan sistem budidaya terhadap berat segar tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira.

Budidaya bayam Kultivar Maestro dan Mira dengan perlakuan sistem hidroponik NFT memberikan pertumbuhan dan hasil yang paling baik dibandingkan dengan sistem konvensional dan Wick. Hal ini disebabkan kebutuhan hara, air, dan aerasi pada sistem hidroponik NFT

terpenuhi dengan baik. Instalasi hidroponik NFT dirakit dengan kemiringan tertentu sehingga larutan hara dapat mengalir dengan kecepatan sesuai dengan kemiringannya serta sirkulasi yang terjadi secara berulang pada sistem hidroponik NFT memenuhi kebutuhan tanaman akan hara dan oksigen (Surtinah, 2016). Hal serupa ditunjukkan oleh Febriani *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa hidroponik NFT mampu memenuhi kebutuhan oksigen tanpa bantuan aerasi tambahan dikarenakan pemberian aerasi secara terus menerus maupun tidak diberikan aerasi menghasilkan hasil pertanaman yang relatif sama.

Hidayat *et al.* (2013) menyatakan bahwa ketersediaan hara, air, dan aerasi merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan akar. Kandungan oksigen di dalam media tanam berperan penting dalam proses respirasi tanaman. Apabila kandungan oksigen pada media tanam tidak terpenuhi maka proses respirasi akan terhambat. Hal ini mengakibatkan penurunan kemampuan tanaman dalam penyerapan air dan hara oleh akar (Novitasari, 2017). Pada sistem hidroponik NFT kebutuhan hara, air, dan aerasi tersedia dengan baik. Hal ini ditunjukkan pada panjang akar dan volume akar bayam Kultivar Maestro dan Mira pada sistem hidroponik NFT lebih baik bila dibandingkan dengan sistem konvensional dan Wick (Gambar 4). Sitompul dan Guritno (1995) serta Hidayat *et al.* (2013) menyatakan bahwa panjang akar dan volume akar merupakan tolak ukur kemampuan tanaman terhadap daya serap air dan hara.

Ketersediaan hara dan air yang mencukupi berpengaruh terhadap peningkatan laju fotosintesis. Pertumbuhan dan pembentukan organ vegetatif tanaman seperti diameter batang dan daun dipengaruhi oleh laju fotosintesis (Polii, 2009; Susilawati, 2016). Ifantri dan Ardiyanto (2015) menyatakan bahwa pertambahan jumlah daun akan sejalan dengan luas daun yang akan berpengaruh terhadap peningkatan berat segar tanaman. Daun merupakan organ tanaman sayuran yang memiliki kandungan air yang tinggi sehingga apabila jumlah daun meningkat maka kadar air akan meningkat. Kadar air yang meningkat sejalan dengan peningkatan berat segar tanaman (Polii, 2009).

Sistem Wick menghasilkan pertumbuhan yang kurang baik dibandingkan dengan sistem NFT. Hal ini selaras dengan pernyataan Aires

(2018) yang menyatakan bahwa sistem hidroponik Wick memiliki tingkat oksigen yang rendah pada zona perakaran akibat tidak adanya sirkulasi pada larutan hara. Hal ini diduga menjadi penyebab pertumbuhan dan berat segar tanaman bayam Kultivar Maestro dan Mira pada sistem hidroponik Wick lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem hidroponik NFT. Sama halnya pada sistem hidroponik rakit apung, akibat tidak adanya sirkulasi menyebabkan terbatasnya konsentrasi oksigen di larutan hara (Carrasco *et al.*, 2011). Hasil penelitian Surtinah (2016) menyatakan bahwa tanaman pakcoy yang ditanam pada media tanam yang diberi oksigen memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa pemberian oksigen. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan oksigen berperan penting pada media tanam, termasuk dalam proses respirasi tanaman. Tanaman akan melangsungkan respirasi secara anaerob pada keadaan kekurangan oksigen, yang mana energi yang dihasilkan sangat sedikit. Dalam jangka panjang kekurangan oksigen akan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat akibat tidak terpenuhinya energi untuk aktifitas pertumbuhan tanaman (Novitasari, 2017). Steinberg *et al.* (2000) menyatakan bahwa sistem budidaya konvensional memiliki kemampuan menjaga air, hara dan, aerasi di zona perakaran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem hidroponik NFT. Hal ini didukung oleh pernyataan Siswadi (2008) bahwa ketersediaan hara pada sistem budidaya konvensional bergantung pada kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara.

Budidaya bayam Kultivar Maestro dan Mira dengan sistem budidaya konvensional menggunakan fertigasi secara manual, sedangkan sistem hidroponik Wick dan hidroponik NFT menggunakan fertigasi secara otomatis. Izzati (2006) menyatakan bahwa fertigasi secara otomatis memberikan hasil efektif pada peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman selada dibandingkan fertigasi secara manual. Hal serupa diungkapkan Iqbal (2006) yang menyatakan bahwa fertigasi secara manual memberikan hasil berat segar bayam lebih rendah dibandingkan dengan fertigasi secara otomatis.

1. Terdapat pengaruh perbedaan sistem budidaya, yaitu sistem budidaya konvensional, hidroponik NFT dan hidroponik Wick, terhadap pertumbuhan dan berat segar bayam Kultivar Maestro dan Mira pada lahan sempit pekarangan di DKI Jakarta. Sistem budidaya hidroponik menggunakan Wick dan NFT menunjukkan adanya peningkatan pada parameter tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang akar, volume akar, luas daun dan berat segar tanaman.
2. Budidaya bayam Kultivar Maestro dan Mira pada sistem hidroponik NFT memberikan hasil pertumbuhan dan berat segar tanaman lebih baik, ditunjukkan pada parameter diameter batang, jumlah daun, panjang akar, volume akar, dan luas daun, sementara sistem budidaya konvensional memberikan pertumbuhan dan berat segar tanaman terendah.

Daftar Pustaka

- Aires, A. 2018. Hydroponic Production Systems: Impact on Nutritional Status and Bioactive Compounds of Fresh Vegetables. Vegetables: Importance of Quality Vegetables to Human Health, pp. 55.
- Ashari, S. dan T.B. Purwantini. 2012. Potensi dan prospek pemanfaatan lahan pekarangan untuk mendukung ketahanan pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 30 (1): 13-30.
- Carrasco, G., J.M. Gajardo, J.E. Álvaro dan M. Urrestarazu. 2011. Rocket Production (*Eruca sativa* Mill.) in a Floating System Using Peracetic Acid as Oxygen Source Compared with Substrate Culture. Journal of Plant Nutrition 34(9): 1397-1401.
- Deputi Gubernur DKI Jakarta. 2018. Desain Besar Pertanian Perkotaan Provinsi DKI Jakarta Tahun 2018 - 2030. Jakarta. 40p.
- Erawati, B.T.R., Y. Triguna, A. Hipi, dan Rosdiana. 2014. Peran Perkarangan Dalam Meningkatkan Pendapatan Keluarga Untuk Mendukung Ketahanan Pangan di Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat. Seminar Nasional Gorontalo 1(1): 205-212.

Kesimpulan

- Febriani, D.N.S., D. Indradewa dan S. Waluyo. 2012. Pengaruh Pemotongan Akar dan Lama Aerasi Media terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa* L.) Nutrient Film Technique. *Vegetalika* 1(1): 123-134.
- Ghifari, A.F., R. Mochammad, dan Koesriharti. 2019. Pengaruh Dosis Pupuk Majemuk NPK Terhadap Hasil dan Kandungan Vitamin C Dua Varietas Bayam (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 7(10): 1780-1788.
- Hidayat, T., Wardawati, dan Armaini. 2013. Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L) Pada Inceptisol dengan Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Doctoral dissertation*. Universitas Riau. Riau
- Ifantri, J. dan Ardiyanto. 2015. Pengaruh Jumlah Daun dan Jenis Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Hasil Melon (*Cucumis melo* L.). Universitas PGRI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Iqbal, M. 2006. Penggunaan Pupuk Majemuk Sebagai Sumber Hara pada Budidaya Bayam Secara Hidroponik dengan Tiga Fertigasi. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Izzati, I.R. 2006. Penggunaan Pupuk Majemuk sebagai Sumber Hara pada Budidaya Selada (*Lactuca sativa* L.) secara Hidroponik dengan Tiga Cara Fertigasi. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2020. Kementan Siapkan Strategi Pangan di Tengah Pandemi Covid-19.
- Mubarak, S., S.D. Ananda, Farida, A. Fadilah, dan R. Sudirja. 2021. Evaluasi tiga sistem budidaya di lahan sempit pada budidaya dua kultivar bayam di kota Bekasi. *Jurnal Kultivasi* 20(2): 73-81
- Novitasari, R. 2017. Proses Respirasi Seluler Pada Tumbuhan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 1: 89-96.
- Pasir, S. dan M.S. Hakim. 2014. Penyuluhan Penanaman Sayuran Dengan Media Polybag. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan* 3(3). ISSN : 2089-3086.
- Polii, M.G.M. 2009. Respon Produksi Tanaman Kangkung terhadap Variasi Waktu Pemberian Pupuk Kotoran Ayam. *Soil Environment*, (7)1 : 18- 22.
- Sarido, L., dan Junia. 2017. Uji Pertumbuhan dan Hasil tanaman Pakcoy dengan Pemberian Pupuk Organik Cair Pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Agrifor* 16(1): 65-74
- Siswadi. 2008. Berbagai Formulasi Kebutuhan Nutrisi Pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Inovasi Pertanian* 7(1): 103-110.
- Sitompul, S. M. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Yogyakarta : UGM. Press. Yogyakarta.
- Steinberg, S.L., W.M. Douglas, K.E. Henderson, C. Carrier, J.E. Gruener, J.D.J. Barta dan D.L. Henninger. 2000. Wheat Response to Difference in Water and Nutritional Status Between Zeoponic and Hydroponic Growth Systems. *Agron J* 92: 353-360.
- Surtinah. 2016. Penambahan Oksigen Pada Media Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa*). *Jurnal Bibiet* 1(1): 27-35.
- Susilawati, S., W. Wardah, dan I. Irmasari. 2016. Pengaruh Berbagai Intensitas Cahaya Terhadap Semai Cempaka (*Michelia champca* L.) di Persemaian. *Forest Sains* 14(1): 59-66.
- Zuryanti, D., A. Rahayu, dan N. Rochman. 2016. Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) Pada berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam dan Kalium Nitrat (KNO₃). *Jurnal Agronida* 2(2): 99-105.

Kurniadie, D. · U. Umiyati · D.A. Ardhiyanti

Efikasi campuran tienkarbazon metil dan tembotrion sebagai herbisida purna tumbuh terhadap gulma berdaun lebar dan sempit pada budidaya tanaman jagung

Sari. Kompetisi nutrisi akibat kehadiran gulma di area pertanaman jagung (*Zea mays* L.) dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada tanaman jagung. Penggunaan campuran herbisida merupakan salah satu upaya dalam mengendalikan gulma setelah tanaman tumbuh serta menghindari pembentukan gulma yang resisten. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L dalam mengendalikan gulma berdaun lebar dan gulma rumput pada pertanaman jagung. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2020 hingga Januari 2021 di Lahan Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor, Kabupaten Sumedang. Tempat penelitian terletak pada ketinggian ± 752 m di atas permukaan laut. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan percobaan terdiri dari herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L dosis 150, 225, 300, 375, 450 mL/ha, penyiangan manual, dan tanpa perlakuan. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa herbisida berbahan aktif Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L dimulai dari dosis 150 hingga 450 mL/ha efektif mengendalikan gulma berdaun lebar (*Alternanthera sessilis*, *Cleome rutidosperma*, *Portulaca oleracea*, dan *Eleusina indica*), gulma rumput (*Digitaria ciliaris*, *Paspalum conjugatum*, dan *Amaranthus* sp.), dan gulma total hingga 6 minggu setelah aplikasi tanpa menimbulkan efek keracunan pada pertanaman jagung.

Kata kunci: Gulma · Jagung · Tembotrion 345 g/L · Tienkarbazon Metil 68 g/L

The efficacy of a mixture of tienkarbazone methyl and tembotrione as post emergence herbicide against broadleaf and grass weeds in corn

Abstract. Nutrition competition due to the presence of weeds in the cropping area can cause a significant yield losses in maize (*Zea mays* L.). The use of herbicide mixtures is an effort to control weeds that have already grown (post emergence herbicide) and avoid the formation of resistant weeds. The aims of this study was to determine the efficacy of the herbicides mixture of Thienkarbazone Methyl 68 g L⁻¹ and Tembotrione 345 g L⁻¹ in controlling broadleaf and grass weeds in maize. The research was conducted from October 2020 until January 2021 at the Ciparanje experimental field, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang. The study site was located at ± 752 m above sea level. The experiment design was randomized block design (RBD) with 7 treatments and 4 replications. The treatments consisted of the Thienkarbazone Methyl 68 g L⁻¹ and Tembotrione 345 g L⁻¹ with the dose of 150, 225, 300, 375, 450 mL ha⁻¹, manual weeding, and without herbicide treatment as a control. The result showed that the herbicides with active ingredients in form of Thienkarbazone Methyl 68 g L⁻¹ and Tembotrione 345 g L⁻¹ starting from a dose of 150 to 450 mL ha⁻¹ were effective in controlling broadleaf weeds (*Alternanthera sessilis*, *Cleome rutidosperma*, *Portulaca oleracea*, and *Eleusina indica*), grass weeds (*Digitaria ciliaris*, *Paspalum conjugatum*, and *Amaranthus* sp.), and total weeds for up to 6 weeks after application without causing toxic effects on maize crops.

Keywords: Weed · Corn · Tembotrione 345 g L⁻¹ · Thienkarbazone methyl 68 g L⁻¹

Diterima : 23 Juni 2021, Disetujui : 8 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.34110](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.34110)

Kurniadie, D.¹ · U. Umiyati¹ · D.A. Ardhiyanti²

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

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363
Korespondensi: denny.kurniadie@unpad.ac.id

Pendahuluan

Produksi jagung nasional dapat dikatakan belum optimal bila dilihat dari impor jagung yang masih dilakukan pada tahun 2019. Menurut Kementerian Pertanian (2019), hal tersebut terjadi karena masih kurangnya kebutuhan jagung untuk pakan ternak yang disebabkan oleh pasokan dan produksi panen yang minim. Salah satu variabel yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi pada jagung adalah gulma. Menurut Moenandir (2010), gulma ialah tumbuhan kompetitor yang hidup berdampingan dengan tanaman budidaya dan bersifat merugikan karena melakukan kompetisi dengan tanaman utama. Kehadiran gulma di sekitar tanaman budidaya dapat menyebabkan persaingan dalam mendapatkan cahaya, oksigen, karbon dioksida, serta cadangan makanan yang dapat mengakibatkan menurunnya produksi tanaman (Rijn, 2000).

Menurut Sukman dan Yakup (2002), pertumbuhan gulma dapat ditekan dengan menggunakan prinsip mengubah keseimbangan ekologis, namun tidak boleh mempengaruhi tanaman budidaya. Pengendalian gulma menggunakan bahan kimia seperti herbisida merupakan salah satu upaya pengendalian yang paling efisien dilihat dari segi waktu, tenaga, dan juga biaya yang dibutuhkan dibandingkan pengendalian manual yang biasa dilakukan petani (Simanjuntak *et al.*, 2016). Herbisida ialah senyawa kimia yang digunakan untuk mengendalikan, menghambat, serta mematikan pertumbuhan gulma (Kurniadie *et al.*, 2019). Menurut Akobundu (1987), bahan kimia dipandang memiliki prospek yang baik dalam mengendalikan gulma, akan tetapi efektif tidaknya suatu herbisida yang digunakan bergantung pada jenis dan dosis herbisida yang diberikan serta besar kecilnya pengaruh lingkungan.

Penggunaan herbisida tunggal secara berulang dapat membuat gulma menjadi resisten. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pencampuran herbisida (Kurniadie *et al.*, 2019). Menurut Guntoro dan Fitri (2013), pencampuran herbisida dengan bahan aktif berbeda bertujuan untuk memperluas spektrum pengendalian,

memperlambat tumbuhnya gulma, serta mengurangi residu herbisida. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Belfry dan Sikkema (2015), herbisida Tienkarbazon Metil yang dicampurkan dengan Tembotrion mampu memberikan penurunan kepadatan relatif terhadap gulma mencapai 89% hingga 95%. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Grichar *et al.* (2017) pun melaporkan bahwa Tienkarbazon Metil yang dicampur dengan Tembotrion mampu memberikan pengendalian pada gulma rumput setidaknya 81%.

Tienkarbazon Metil merupakan zat aktif baru yang berfungsi sebagai penghambat enzim aseto laktat sintase (ALS). Bahan aktif ini akan memblokir pembentukan asam amino rantai cabang dan menyebabkan proses sintesis protein menjadi terganggu yang kemudian akan mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan gulma menjadi terhambat lalu mati. Tienkarbazon Metil diabsorpsi oleh gulma melalui daun dan akar. Cara kerja Tienkarbazon Metil mengarah pada penghentian pertumbuhan gulma, perubahan warna, pengeringan, dan pembusukan akhir pada gulma (Bayer, 2016).

Tembotrion merupakan bahan aktif yang tergolong kedalam kelompok triketon. Menurut Dayanti (2016), tembotrion terdaftar sebagai herbisida baru yang diaplikasikan pratumbuh untuk pengendalian gulma dengan menghambat pembentukan p - hidroksi - fenil - piruvat dehidrogenase (HPPD) bersama dengan herbisida mesotrion dan herbisida topramezon. Bahan aktif ini akan menyebabkan pemutihan pada gulma yang disertai dengan nekrosis dan layu. Tembotrion akan menghambat pertumbuhan gulma melalui proses biosintesis karotenoid yang menyebabkan degradasi klorofil pada sel tanaman gulma (Bayer, 2016).

Menurut Guntoro dan Fitri (2013), suatu campuran herbisida perlu diuji sifat aktivitasnya dan ditentukan oleh jenis formulasi, cara kerja, dan jenis-jenis gulma yang dikendalikan. Campuran herbisida dari dua atau lebih jenis bahan aktif dapat bersifat sinergis, aditif, atau antagonis (Kurniadie *et al.*, 2019). Suatu campuran herbisida dapat dikatakan sinergis apabila pencampuran herbisida memberikan respons yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi tunggal; aditif apabila pencampuran herbisida memberikan respons yang sama baik dengan aplikasi tunggal maupun dicampur

dengan bahan aktif yang berbeda; antagonis apabila campuran keduanya memberikan respons yang lebih rendah dari yang diharapkan (Streibig, 2003).

Campuran herbisida yang akan diteliti pada penelitian ini adalah herbisida berbahan aktif Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L. Pencampuran keduanya dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari campuran kedua bahan aktif dalam mengendalikan gulma berdaun lebar dan gulma berdaun sempit pada saat yang bersamaan sehingga dapat melihat pengaruh keracunan dan produksi tanaman jagung.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Lahan Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor, Kabupaten Sumedang. Perhitungan bobot kering gulma dilakukan di Laboratorium Gulma, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober 2020 sampai Januari 2021. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sarung tangan karet, topi, masker, alat pengaduk, semprotan punggung semi otomatis, nozel T-jet, timbangan analitik, oven, amrude kuadrat (0,5 m x 0,5 m), amplop, meteran, alat tulis, dan plang. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih jagung varietas BISI-2, pupuk urea, SP-36, dan KCl, serta herbisida berbahan aktif Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Jumlah perlakuan yang diaplikasikan berjumlah tujuh perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga total petak percobaan menjadi 28 petakan. Perlakuan yang diberikan yaitu tanpa pengendalian gulma (kontrol), penyiangan manual, dan berbagai dosis pemberian herbisida yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dosis anjuran yang digunakan dalam pencampuran herbisida Tienkarbazon Metil 345 g/L dan Tembotrion 68 g/L adalah 300 mL/ha. Pengujian taraf dosis yang lebih rendah dan lebih tinggi dilakukan untuk mengetahui apakah efektivitas dari kedua campuran herbisida bergantung pada dosis serta tingkat konsentrasi yang digunakan. Penanaman dilakukan dengan membuat 90 lubang tanam di setiap petak. Pemupukan dilakukan 2 tahap

menggunakan N 45 kg/ha, P₂O₅ 45 kg/ha, dan K₂O 45 kg/ha lalu dilanjutkan pupuk susulan N 90 kg/ha pada satu bulan setelah tanam. Aplikasi herbisida dilakukan sekali pada 10 hari setelah tanam dengan kondisi lahan dalam keadaan lembab. Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, penyulaman, dan pengendalian hama penyakit. Panen dilakukan ketika tanaman jagung telah menunjukkan kriteria siap panen, selanjutnya dilakukan pengeringan jagung hingga kadar air mencapai 12 - 14%.

Tabel 1. Rancangan perlakuan.

	Perlakuan	Dosis (mL/ha)
A	Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L	150
B	Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L	225
C	Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L	300
D	Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L	375
E	Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L	450
F	Penyiangan Manual	-
G	Tanpa Perlakuan	-

Pengamatan dilakukan terhadap:

1. Bobot Kering Gulma
Pengamatan dilakukan dengan cara memotong gulma dari pangkal batang. Sampel gulma kemudian diidentifikasi lalu dipisahkan per-spesies, setelah itu dikeringkan pada oven dengan temperatur 80°C selama 48 jam (Tobing, 2017). Setelah kering, gulma kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik dan dicatat bobot keringnya.
2. Tinggi Tanaman Jagung
Tinggi tanaman jagung diukur pada umur 1, 3, dan 5 minggu setelah aplikasi (MSA). Pengamatan dilakukan terhadap 10 sampel tanaman yang dipilih secara acak dari setiap petak. Tinggi tanaman jagung diukur mulai dari pangkal batang hingga ujung daun.
3. Hasil Tanaman Jagung
Pengamatan hasil tanaman jagung dilakukan terhadap 25 sampel tanaman per petak. Pengamatan ini dilakukan berupa menimbang bobot pipilan kering biji jagung setelah dipanen dengan kadar air biji 14%.
4. Tingkat Keracunan Tanaman

Tingkat keracunan tanaman oleh herbisida dinilai secara visual pada 1, 2, dan 3 minggu setelah aplikasi. Keracunan pada tanaman dihitung berdasarkan persentase dari jumlah tanaman yang mengalami keracunan dengan jumlah tanaman seluruhnya pada petakan dengan skoring keracunan (Komisi Pestisida, 1989). Berikut merupakan skoring keracunan pada tanaman:

- 0 = tidak ada keracunan, 0 - 5 % bentuk daun atau warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal;
 - 1 = keracunan ringan, > 5% - 20% bentuk daun atau warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal;
 - 2 = keracunan sedang, > 20% - 50% bentuk daun atau warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal;
 - 3 = keracunan berat, > 50% - 75% bentuk daun atau warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal;
 - 4 = keracunan sangat berat, > 75% bentuk daun atau warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal sampai tanaman mati.
5. Pengamatan Penunjang
- Pengamatan analisis vegetasi, keadaan lingkungan, serta hama dan penyakit dilakukan berdasarkan keadaan lingkungan selama penelitian dilaksanakan. Analisis vegetasi menggunakan nilai jumlah dominasi (NJD) dengan rumus:
1. Kerapatan mutlak suatu jenis = jumlah individu suatu jenis dari seluruh sampel, Kerapatan nisbi suatu jenis = (KM suatu jenis/KM mutlak seluruh jenis) x 100%.
 2. Frekuensi mutlak suatu jenis = jumlah petak sampel yang memuat jenis itu
Frekuensi nisbi suatu jenis = (FM suatu jenis /FM seluruh jenis gulma) x 100 %
Dominansi mutlak suatu jenis = Bobot kering jenis gulma itu dari seluruh petak sampel
 3. Dominansi nisbi suatu jenis = (DM suatu jenis/DM semua jenis) x 100%
 4. $SDR = (KN + FN + DN) / 3 \text{ NJD} = (KN + FN + DN) / 3$
 5. dimana:
 6. KN = Kerapatan Nisbi, FN = Frekuensi Nisbi, DN = Dominansi Nisbi
 7. Kerapatan nisbi suatu jenis = Kerapatan mutlak suatu jenis/Kerapatan mutlak seluruh jenis x 100%

8. Kerapatan mutlak suatu jenis adalah jumlah individu suatu jenis dari seluruh sampel.
9. Frekuensi nisbi suatu jenis = Frekuensi mutlak suatu jenis /Frekuensi mutlak seluruh jenis gulma x 100 %
10. Frekuensi mutlak suatu jenis adalah jumlah petak sampel yang memuat jenis itu
11. Dominansi nisbi suatu jenis = Dominansi mutlak suatu jenis/Dominansi mutlak semua jenis) x 100%
12. Dominansi mutlak suatu jenis adalah bobot kering jenis gulma itu dari seluruh petak sampel

(Tjitrosoedirdjo *et al.*, 1984 dalam Tanasale, 2012)

Hasil dan Pembahasan

Analisis Vegetasi Gulma. Spesies gulma yang berada di pertanaman jagung sangat bervariasi. Terdapat 13 spesies gulma yang berada di lahan percobaan, 7 diantaranya adalah gulma berdaun lebar (*Alternanthera sessilis*, *Cleome rutidosperma*, *Portulaca oleracea*, *Commelina benghalensis*, *Amaranthus sp.*, *Calopogonium spinosus*, dan *Trianthema sessilis*), 5 gulma berdaun sempit (*Digitaria ciliaris*, *Digitaria sanguinalis*, *Paspalum conjugatum*, *Eleusine indica*, dan *Biden pilosa*), dan 1 gulma teki (*Cyperus rotundus*). Berdasarkan NJD, diperoleh 7 gulma dominan dengan NJD diatas 10% yang dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis vegetasi gulma.

Spesies Gulma	Golongan	Nilai Jumlah Dominasi (%)
<i>Alternanthera sessilis</i>	Daun Lebar	11,91
<i>Digitaria ciliaris</i>	Rumput	10,27
<i>Cleome rutidosperma</i>	Daun Lebar	11,68
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Rumput	5,87
<i>Paspalum conjugatum</i>	Rumput	10,17
<i>Portulaca oleracea</i>	Daun Lebar	10,49
<i>Eleusine indica</i>	Rumput	10,36
<i>Commelina benghalensis</i>	Daun Lebar	3,76
<i>Cyperus rotundus</i>	Teki	5,75
<i>Biden pilosa</i>	Rumput	4,75
<i>Amaranthus sp.</i>	Daun Lebar	10,01
<i>Calopogonium spinosus</i>	Daun Lebar	2,54

<i>Trianthema sessilis</i>	Daun Lebar	2,44
----------------------------	------------	------

Banyaknya jenis gulma yang terdapat pada lahan pertanaman jagung di area percobaan disebabkan lahan jagung merupakan area terbuka yang terpapar cahaya matahari dengan baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sari dan Rahayu (2013) bahwa tanaman yang tumbuh pada lahan terbuka dengan sinar matahari yang banyak akan tumbuh dan berkembang dengan baik.

Bobot Kering Gulma *Alternanthera sessilis*. Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Alternanthera sessilis* dapat dilihat pada Tabel 2. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha menunjukkan nilai yang lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) tetapi berbeda tidak nyata dibandingkan dengan perlakuan penyiangan manual (F). Pada pengamatan 6 MSA, rata-rata bobot kering gulma menunjukkan bahwa perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G), namun perlakuan herbisida dosis 150 mL/ha (A) berbeda tidak nyata dengan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 2. Rata-rata bobot kering gulma *Alternanthera sessilis*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,99b	1,69c
B	0,49ab	1,07b
C	0,29a	0,13a
D	0,25a	0,07a
E	0,25a	0,04a
F	0,59ab	2,01c
G	9,02c	12,06d

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

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata bobot kering gulma tanpa perlakuan (G) menunjukkan nilai yang tinggi dan berbeda jauh dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Yunasfi (2007), gulma berdaun lebar memiliki daya saing yang tinggi dengan kemampuan pemanjangan batang serta pembentukan daun yang cepat sehingga

pertumbuhan gulma *Alternanthera sessilis* dengan tanpa perlakuan (G) mengalami pertumbuhan yang sangat cepat yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata bobot kering gulma yang tinggi sejak 3 MSA.

Bobot Kering Gulma *Cleome rutidosperma*.

Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Cleome rutidosperma* dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dan 6 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150- 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 3. Rata-rata bobot kering gulma *Cleome rutidosperma*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,00a	0,00a
B	0,00a	0,00a
C	0,00a	0,00a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,46b	1,06b
G	5,03c	4,55c

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

Menurut Santel (2012), herbisida campuran Tienkarbazon Metil dan Tembotrion pada dosis 150 mL/ha telah terbukti mampu mengendalikan gulma berdaun lebar dengan tingkat keberhasilan diatas 90%. *Cleome rutidosperma* merupakan gulma dengan morfologi daun yang lebar yang tajuknya dapat menangkap lebih banyak herbisida sehingga gulma dapat lebih cepat dikendalikan (Sukman dan Yakup, 2002).

Bobot Kering Gulma *Portulaca oleracea*.

Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Portulaca oleracea* dapat dilihat pada Tabel 4. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dan 6 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 4. Rata-rata bobot kering gulma *Portulaca oleracea*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,06a	0,00a
B	0,00a	0,00a
C	0,00a	0,00a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,25b	0,83b
G	4,17c	5,15c

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

Tabel 4 mengungkapkan bahwa pengendalian gulma menggunakan herbisida menunjukkan daya kendali yang sangat kuat hingga pengamatan 6 MSA, sehingga rata-rata bobot kering gulma pada perlakuan herbisida A sampai E menunjukkan nilai yang rendah. Menurut Grichar *et al.* (2017) herbisida campuran Tienkarbazon Metil dan Tembotrion mampu mengendalikan gulma berdaun lebar dengan tingkat keberhasilan diatas 91%.

Bobot Kering Gulma *Amaranthus spinosus*
Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Amaranthus spinosus* dapat dilihat pada Tabel 5. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dan 6 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) tetapi berbeda tidak nyata dibandingkan dengan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 5. Rata-rata bobot kering gulma *Amaranthus spinosus*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,00a	0,12a
B	0,00a	0,04a
C	0,00a	0,00a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,18a	0,76a
G	2,49b	3,65b

Keterangan: Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama

menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Hingga pengamatan 6 MSA, pengendalian gulma dengan perlakuan herbisida dosis terendah hingga tertinggi mampu mengendalikan gulma lebih baik dibandingkan dengan perlakuan penyiangan manual dan tanpa perlakuan. Menurut Stephenson *et al.* (2015) campuran herbisida Tienkarbazon Metil dan Tembotrion mampu mengendalikan gulma berdaun lebar dengan baik pada pertanaman jagung.

Bobot Kering Gulma *Digitaria ciliaris*.
Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Digitaria ciliaris* dapat dilihat pada Tabel 6. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dan 6 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan penyiangan manual (F).

Herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L bersifat selektif pada gulma rumput dan gulma daun lebar pada pertanaman jagung. Campuran herbisida ini akan menyebabkan gangguan fotosintesis pada gulma yang disebabkan oleh karotenoid yang tidak terbentuk sehingga gulma akan mengalami penghambatan pertumbuhan yang secara bertahap dapat menyebabkan kematian dikarenakan proses sintesis protein yang terganggu (Hasanudin, 2013).

Tabel 6. Rata-rata bobot kering gulma *Digitaria ciliaris*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,06a	0,19a
B	0,00a	0,00a
C	0,00a	0,00a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,33b	0,89b
G	4,26c	6,41c

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

Bobot Kering Gulma *Paspalum conjugatum*. Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Paspalum conjugatum* dapat

dilihat pada Tabel 7. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G), namun perlakuan herbisida dosis 150 mL/ha (A) dan 225 mL/ha (B) berbeda tidak nyata dengan perlakuan penyiangan manual (F). Perlakuan penyiangan manual (F) pada gulma *Paspalum conjugatum* menyebabkan gulma mengalami kerusakan secara fisik sehingga nilai rata-rata bobot kering gulma yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G). Data bobot kering gulma pada 6 MSA menunjukkan bahwa perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai rata-rata bobot kering gulma yang lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F).

Ini menunjukkan bahwa kenaikan dosis campuran herbisida ini masih efektif mengendalikan gulma golongan rumput. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan Stephenson *et al.* (2015) bahwa herbisida campuran Tienkarbazon metil dan Tembotrion mampu menimbulkan kerusakan gulma golongan rumput sebesar 93% dan memberikan pengendalian yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi tunggal herbisida Tembotrion.

Tabel 7. Rata-rata bobot kering gulma *Paspalum conjugatum*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,79c	0,87b
B	0,25ab	0,64b
C	0,3a	0,05a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,46bc	1,53c
G	5,03d	7,53d

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

Bobot Kering Gulma *Eleusine indica*. Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma *Eleusine indica* dapat dilihat pada Tabel 8. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dan 6 MSA dengan perlakuan herbisida campuran

Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) tetapi berbeda tidak nyata dibandingkan dengan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 8. Rata-rata bobot kering gulma *Eleusine indica*.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	0,60a	0,63a
B	0,11a	0,34a
C	0,00a	0,00a
D	0,00a	0,00a
E	0,00a	0,00a
F	0,18a	0,48a
G	2,49b	4,92b

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

Rata-rata bobot kering gulma *Eleusine indica* dengan perlakuan herbisida A sampai E menunjukkan nilai yang rendah hingga pengamatan 6 MSA. Hal tersebut menunjukkan bahwa herbisida memiliki daya kendali yang besar terhadap keberadaan gulma *Eleusine indica* di sekitar tanaman jagung. Menurut Stephenson *et al.* (2015), herbisida campuran Tienkarbazon Metil dan Tembotrion mampu menimbulkan kerusakan gulma berdaun sempit sebesar 93% dan memberikan pengendalian yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi tunggal herbisida Tembotrion. Hal tersebut menandakan bahwa pencampuran herbisida lebih efisien dibandingkan dengan perlakuan herbisida tunggal serta mampu memperluas spektrum pengendalian.

Bobot kering gulma lain. Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma lain dapat dilihat pada Tabel 9. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G).

Pada 3 MSA, perlakuan herbisida dosis 150 mL/ha (A) berbeda tidak nyata dengan perlakuan penyiangan manual (F), namun nilai rata-rata bobot kering perlakuan herbisida dosis 150 mL/ha (A) menunjukkan nilai yang lebih

rendah dibandingkan dengan perlakuan penyiangan manual (F). Hal tersebut diduga disebabkan oleh pengaruh herbisida yang memiliki daya kendali gulma yang kuat meskipun pada dosis yang rendah.

Tabel 9. Rata-rata bobot kering gulma lain.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	1,65c	1,95b
B	0,90b	1,51b
C	0,06a	0,20a
D	0,03a	0,13a
E	0,00a	0,04a
F	2,32c	6,47c
G	9,54d	20,12d

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

Data bobot kering gulma pada 6 MSA menunjukkan bahwa perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F). Herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L bekerja secara sistemik yaitu dapat mematikan seluruh bagian gulma dengan mentranslokasikan racun dari herbisida tersebut ke seluruh tubuh ataupun bagian jaringan gulma, termasuk akar dan bagian vegetatif lainnya (Girsang, 2005).

Bobot Kering Gulma Total. Hasil analisis statistik rata-rata bobot kering gulma total dapat dilihat pada Tabel 10. Rata-rata bobot kering gulma pada 3 MSA dengan perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G), namun perlakuan herbisida dosis 150 mL/ha (A) berbeda tidak nyata dengan perlakuan penyiangan manual (F).

Rata-rata bobot kering gulma pada 6 MSA menunjukkan bahwa perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha - 450 mL/ha memiliki nilai yang lebih kecil dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F). Peningkatan dosis herbisida yang diberikan dapat

meningkatkan persentase kerusakan gulma. Hal ini disebabkan karena pemberian herbisida pada dosis tinggi akan memberikan pengaruh efektivitas yang lebih lama dalam menekan pertumbuhan gulma (Umiyati, 2018). Menurut Girsang (2005), perlakuan herbisida dengan dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan gagalnya pengendalian sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Tabel 10. Rata-rata bobot kering gulma total.

Perlakuan	Bobot Kering (g)	
	3 MSA	6 MSA
A	3,99c	5,44c
B	1,75b	3,60b
C	0,38a	0,39a
D	0,28a	0,20a
E	0,25a	0,08a
F	4,63c	14,05d
G	40,72d	64,37e

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

Keracunan atau Fitotoksisitas Tanaman Jagung. Hasil analisis statistik pengaruh herbisida terhadap fitotoksisitas tanaman jagung dapat dilihat pada Tabel 12. Nilai skoring dan persentase tingkat keracunan tanaman jagung pada 1, 2, dan 3 MSA menunjukkan tidak adanya gejala keracunan pada tanaman jagung yang disebabkan oleh perlakuan herbisida dan ditunjukkan dengan dengan skor nol (0). Tanaman yang mengalami keracunan herbisida umumnya menunjukkan beberapa gejala seperti daun yang menguning serta pertumbuhan tanaman menjadi tidak normal (Simarmata *et al.*, 2016). Hasil skoring dan persentase dari pengamatan ini menunjukkan bahwa tanaman jagung tahan terhadap pemberian herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 mL/ha hingga dosis 450 mL/ha.

Tabel 11. Pengamatan fitotoksisitas tanaman jagung

Perlakuan	Fitotoksisitas		
	1 MST	2 MST	3 MST
A	0	0	0
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0
E	0	0	0
F	0	0	0
G	0	0	0

Keterangan: MST = Minggu Setelah Tanam

0 = Tidak ada keracunan pada jagung

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tiedemann *et al.* (2009) melaporkan hasil yang sama, yaitu campuran herbisida berbahan aktif Tienkarbazon Metil dan Tembotrion tidak menunjukkan gejala keracunan pada pertanaman jagung dan hanya meracuni gulma yang berada di sekitar area percobaan.

Pertumbuhan Tanaman Jagung. Hasil analisis statistik rata-rata tinggi tanaman jagung dapat dilihat pada Tabel 12. Pada 1 MSA, perlakuan aplikasi herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 – 300 mL/ha menunjukkan nilai rata-rata tinggi tanaman yang paling tinggi dan berbeda nyata terhadap penyiangan manual dan kontrol. Sedangkan pada pengamatan 3 dan 5 MSA, perlakuan aplikasi herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L dengan dosis 150 – 450 mL/ha memberikan nilai rata-rata tinggi tanaman yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan penyiangan manual dan kontrol.

Hal ini dapat disebabkan oleh keberhasilan herbisida dalam mengendalikan gulma. Menurut Wahyudin *et al.* (2016), pengendalian gulma yang dilakukan akan menyebabkan gulma tidak lagi dapat berkompetisi dalam mendapatkan cahaya matahari sehingga tidak akan berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Peningkatan dosis pada herbisida tidak mempengaruhi pertumbuhan pada tanaman jagung, akan tetapi pengaplikasian herbisida dapat menekan persaingan dengan gulma pada pertanaman jagung sehingga pertumbuhan tanaman dapat meningkat (Faqihuddin, 2014).

Tabel 12. Pengamatan tinggi tanaman jagung.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		
	1 MST	3 MST	5 MST
A	44,32bc	91,67c	127,67c
B	49,10d	92,47c	128,47c
C	49,45d	93,65c	128,65c
D	46,07c	92,57c	128,57c
E	48,67d	92,17c	128,17c
F	41,03a	92,50b	128,50b
G	40,37a	92,48a	128,48a

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

Bobot Kering 100 Biji Jagung. Perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L

+ Tembotrion 345 g/L dosis 300 mL/ha (C) memberikan hasil rata-rata bobot kering 100 biji jagung yang paling baik diantara perlakuan herbisida lainnya yaitu 182,75 g. Perlakuan herbisida dosis 300 mL/ha (C) menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata terhadap perlakuan herbisida (B, D, dan E) namun berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 13. Rata-rata bobot kering 100 biji jagung.

Perlakuan	Bobot Kering 100 Biji (g)
A	150,25ab
B	167,25bc
C	182,75c
D	172,5bc
E	156,5bc
F	146ab
G	125,75a

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

Perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L dengan dosis 300 mL/ha (C) menunjukkan hasil rata-rata bobot kering 100 biji jagung yang terbaik dan selaras dengan rendahnya nilai bobot kering gulma total di lahan percobaan. Andriyani (2017) mengemukakan bahwa hasil distribusi fotosintesis dan faktor lingkungan dapat mempengaruhi akumulasi asimilat yang terdapat dalam biji jagung. Tidak adanya kompetisi antara tanaman jagung dan gulma pada lahan pertanaman akan berpengaruh terhadap nilai bobot biji jagung yang semakin tinggi.

Bobot Biji Pipilan Kering Jagung.

Pengaruh herbisida campuran terhadap rata-rata bobot biji pipilan kering jagung menunjukkan hasil analisis yang berbeda antar perlakuannya. Perlakuan herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L + Tembotrion 345 g/L dosis 300 mL/ha (C) memberikan hasil rata-rata bobot biji pipilan kering jagung yang paling baik diantara perlakuan lainnya yaitu 4,96 kg/petak. Perlakuan herbisida dosis 300 mL/ha (C) menunjukkan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (G) dan perlakuan penyiangan manual (F).

Tabel 14. Rata-rata bobot biji pipilan kering jagung.

Perlakuan	Bobot Kering (kg/petak)
A	3,13b
B	3,34b
C	4,96c
D	3,68b
E	3,46b
F	3,05ab
G	2,26a

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

Kepadatan populasi gulma pada tanaman jagung dapat mempengaruhi jumlah hasil bobot biji pipilan kering jagung yang dihasilkan. Menurut Fadhly dan Tabri (2009), keberadaan gulma pada lahan pertanaman jagung dapat menyebabkan defisiensi unsur hara yang menyebabkan terganggunya pertumbuhan serta perkembangan tanaman sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan hasil serta mutu biji tanaman jagung. Pemberian herbisida dapat mengganggu pertumbuhan gulma sehingga unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman jagung dapat terserap secara optimal. Menurut Grichar *et al.* (2017), aplikasi herbisida campuran Tienkarbazon Metil dan Tembotrion dapat mengendalikan gulma pada tanaman jagung dengan tingkat keberhasilan mencapai 91% sehingga pengendalian menggunakan herbisida dapat menekan terjadinya defisiensi unsur hara yang disebabkan oleh gulma serta dapat meningkatkan hasil bobot biji pipilan kering yang dihasilkan tanaman jagung.

Kesimpulan

1. Aplikasi herbisida campuran Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L efektif dalam mengendalikan pertumbuhan gulma berdaun lebar dan berdaun sempit serta tidak menyebabkan keracunan pada tanaman jagung varietas Bisi 2.
2. Herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L pada dosis 150 - 450 mL/ha efektif mengendalikan gulma berdaun lebar dan berdaun sempit pada tanaman jagung. Perlakuan herbisida dengan dosis 300 mL/ha memberikan hasil

tanaman jagung tertinggi diantara seluruh perlakuan herbisida Tienkarbazon Metil 68 g/L dan Tembotrion 345 g/L.

Daftar Pustaka

- Akobundu, I.O. 1987. Weed science in the tropics. Principles and practices. John Wiley.
- Andriani, V. 2017. Pertumbuhan dan kadar klorofil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) terhadap cekaman NaCl. STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa, 10(02).
- Bayer. 2016. Capreno herbicide mais. Diakses pada 31 Oktober 2020 dari <https://www.bayeragri.fr/produits/fiche/herbicides-capreno/>
- Belfry, K.D., and P.H. Sikkema. 2015. Preplant and postemergence control of glyphosate-resistant giant ragweed in corn. *Agricultural Sciences*, 6(02), 256.
- Dayanti, N. 2016. Efektifitas herbisida berbahan aktif majemuk (mesotrion + s-metolaktor + glifosat) terhadap gulma rumput.
- Fadhly, A.F. dan F. Tabri. 2009. Pengendalian gulma pada pertanaman jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Faqihuddin, M.D. 2014. Penggunaan Herbisida IPA-Glifosat terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Residu pada Jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 17(1).
- Girsang, W. 2005. Pengaruh tingkat dosis herbisida isopropilamina glifosat dan selang waktu terjadinya pencucian setelah aplikasi terhadap efektivitas pengendalian gulma pada perkebunan karet (*Hevea brasiliensis*) TBM. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 3(2), 31-36.
- Grichar, W.J., J.A. McGinty, P.A. Dotray, and T.W. Janak. 2017. Using Herbicide Programs to Control Weeds in Corn (*Zea mays* L.) and Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*, 63
- Guntoro, D., dan Fitri, T.Y. 2013. Aktivitas herbisida campuran bahan aktif cyhalofop-butyl dan penoxsulam terhadap beberapa jenis gulma padi sawah. *Buletin Agrohorti*, 1(1), 140-148.
- Kementrian Pertanian. 2019. Harga Pakan Terimbas Turun Akibat Panen Jagung Di Beberapa Daerah. Diakses pada 14 Oktober

- 2020 dari <https://ditjenpkh.pertanian.go.id/harga-pakan-terimbas-turun-akibat-panen-jagung-di-beberapa-daerah>
- Komisi Pestisida. 1989. Pengujian Lapangan Efikasi Herbisida pada Tanaman Padi. Deptan RI. Jakarta. hlm 142.
- Kurniadie, D., U. Umiyati, dan S. Shabirah. 2019. Pengaruh campuran herbisida berbahan aktif atrazin 500 g/L dan mesotrion 50 g/L terhadap gulma dominan pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). J. Kultivasi, 18(2), 912-918.
- Moenandir, J. 2010. Ilmu Gulma. Universitas Brawijaya Press.
- Rijn, P.J.V. 2000. Weed Management In The Humid and Sub Humid Tropics. Royal Tropical Institute Amsterdam. The Netherlands.
- Santel, H.J. 2012. Thien carbazole-methyl (TCM) and Cyprosulfamide (CSA)-a new herbicide and a new safener for use in corn. Julius-Kühn-Archiv, 2(434), 499-505.
- Sari, H.F.M dan S.S.B. Rahayu. 2013. Jenis-jenis Gulma yang Ditemukan di Perkebunan Karet (*Hevea brasiliensis* Roxb.) Desa Rimbo Datar Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat. Biogenesis. 1(1): 28-32
- Simanjuntak, R., K.P. Wicaksono, dan S.Y. Tyasmoro. 2016. Pengujian Efikasi Herbisida Berbahan Aktif Pirazosulfuron Etil 10% Untuk Penyiangan Pada Budidaya Padi Sawah (*Oryza Sativa* L.). Jurnal Produksi Tanaman, 4(1).
- Simarmata, M., B.R. Haloho, dan Y. Sariasih. 2016. Aplikasi pra-dan purna-tumbuh herbisida berbahan aktif campuran atrazine dan mesotrione untuk pengendalian gulma pada tanaman jagung manis. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Modern Mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.
- Stephenson, D.O., J.A. Bond, R.L. Landry, and H.M. Edwards. 2015. Weed management in corn with postemergence applications of tembotrione or thien carbazole: tembotrione. Weed Technol. 29:350-358.
- Streibig, J.C. 2003. Assessment of herbicide effects. EWRS Weed Book, 44.
- Sukman, Y. dan Yakup. 2002. Gulma dan teknik pengendaliannya.
- Tanasale, V.L. 2012. Studi komunitas gulma di pertanaman gandaria (*Bouea macrophylla* Griff.) pada tanaman belum menghasilkan dan menghasilkan di Desa Urimessing Kecamatan Nusaniwe Pulau Ambon. J. Budidaya Pertanian, 8, 7-12.
- Tiedemann, D.K., B.G. Young, R.F. Krausz, and J.L. Matthews. 2009. Grass efficacy with thien carbazole methyl and combinations with tembotrione as influenced by application timing. Page 114 in Proceedings of the North Central Weed Sci Soc. Kansas City, MO: North Central Weed Science Society
- Tobing, O. 2017. Efektivitas Pemberian Biourine Sapi dan Cendawan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit di Pembibitan Awal. Politeknik Citra Widya Edukasi. Bekasi.
- Umiyati, U., D. Kurniadie, D. Widayat, Y. Sumekar, dan A. Iim. 2018. Efektivitas herbisida bentazone sodium (370 g/L) dan MCPA DMA (62 g/L) dalam mengendalikan gulma pada budidaya padi sawah. J. Kultivasi, 17(3), 716-721
- Wahyudin, A., Ruminta, dan S.A Nursaripah. 2016. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) toleran herbisida akibat pemberian berbagai dosis herbisida kalium glifosat. J. Kultivasi, 15(2): 86-91.
- Yunasfi. 2007. Permasalahan hama, penyakit, dan gulma dalam pembangunan hutan tanaman industri dan usaha pengendaliannya. USU Repository.

Syahrudin, K. · M. Azrai · M. B. Pabendon · M. Abid · A. Nur

Keragaman genetik koleksi plasma nutfah jewawut *sister line* dan lokal menggunakan marka SSR

Sari. Keragaman genetik sangat penting dalam pemuliaan tanaman, oleh karena itu informasi genetik sangat dibutuhkan dalam proses seleksi. Teknologi molekuler dengan menggunakan marka *Simple Sequence Repeat* (SSR) saat ini banyak digunakan karena keakuratan informasi dan polimorfik untuk spesies atau galur yang berkerabat dekat. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keragaman genetik dari 14 koleksi plasmanutfah jewawut berkerabat dekat dengan menggunakan 27 marka SSR yang menyebar pada semua kromosom jewawut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koleksi plasmanutfah jewawut berkerabat dekat mengelompok pada klaster yang sama, kecuali pada koleksi aksesori Wete dari Nusa Tenggara Timur (NTT) yang menyebar pada kelompok yang berbeda pada kisaran nilai koefisien kemiripan genetik 0,28 – 0,85 dengan nilai matriks korelasi (r) sebesar 0,954. Koleksi Jewawut yang memiliki koefisien kemiripan genetik yang tinggi (0,85) ditunjukkan pada koleksi ICE-276-11A dengan ICE-276-12A dan yang memiliki koefisien kemiripan terkecil (0,61) ditunjukkan pada koleksi 2007-ICE-1335 dan 2007-ICE-1335B. Koleksi jewawut yang berasal dari NTT (Wete Gha Gero Phere dan Wete Wolowea) dan introduksi (2007-ICE-1335B dan 2007-ICE-1335) memiliki tingkat variasi genetik tinggi yang ditunjukkan oleh penyebaran aksesori pada klaster yang berbeda dengan nilai jarak genetik rata-rata yang cukup tinggi terhadap aksesori koleksi. Adanya keragaman yang tinggi memberikan peluang keberhasilan program pemuliaan tanaman jewawut.

Kata kunci: Aksesori introduksi · Jewawut · Nusa Tenggara Timur · Variasi

Genetic diversity of Sister line and Local Foxtail millet germplasm using SSR markers

Abstract. Genetic diversity is very important in plant breeding, thus genetic information is needed in plant breeding activities, especially for selection process. Molecular technology using *Simple Sequence Repeat* (SSR) marker is widely used for genetic diversity research due to the high accuracy of information and highly polymorphic for closely related species. This study was conducted to identify the genetic diversity of 14 millet germplasms using 27 SSR markers. The results showed that the collection of closely related millet germplasm was grouped in the same cluster, except for the Wete accessions from Nusa Tenggara Timur (NTT) that spread to different groups in the range of the genetic similarity coefficient of 0.28 – 0.85 with a correlation matrix value (r) of 0.954. The millet collections which had a high genetic similarity coefficient (0.85) was shown in ICE-276-11A and ICE-276-12A, while the smallest similarity coefficient (0.61) was shown in 2007-ICE-1335 and 2007-ICE-1335B. The accessions from NTT (Wete Gha Gero Phere and Wete Wolowea) and introduction accessions (2007-ICE-1335B and 2007-ICE-1335) showed a high level of genetic variation as indicated by the spread of accessions in different clusters with sufficient high average genetic distance values against the accession of the collections. A wide diversity of germplasm provided greater opportunity of success for millet breeding.

Keywords: Introduction accession · Foxtail millet · Nusa Tenggara Timur · Variation

Diterima : 28 Juli 2021, Disetujui : 10 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.34843](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.34843)

Syahrudin, K.¹ · M. Azrai¹ · M. B. Pabendon¹ · M. Abid² · A. Nur³

¹ Balai Penelitian Tanaman Serealia, Jl. DR. Ratulangi No.274, Allepolea, Kec. Lau, Kabupaten Maros, 90512

² Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tengah, Jl. Poros Palu- Kulawi Km 17, Maku, Dolo, Kab. Sigi, Sulteng 94362

³ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Gorontalo, Jl. Mohamad Van Gobel No.270, Iloheluma, Tilongkabila, Kab. Bone Bolango 96119

Korespondensi: karlinasyahrudin@gmail.com

Pendahuluan

Keragaman genetik adalah tingkat variasi makhluk hidup dalam suatu ekosistem (Ramanatha and Toby, 2002). Keragaman genetik menjadi sangat penting di dalam suatu populasi karena semakin banyak gen dalam suatu populasi, semakin besar kemungkinan adaptasi suatu individu dalam menghadapi perubahan lingkungan, seperti terhadap cekaman abiotik dan biotik (Govindaraj *et al.*, 2014). Keragaman genetik merupakan kunci dalam pengembangan tanaman budidaya melalui kegiatan pemuliaan.

Jewawut atau millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) adalah tanaman sereal pada subfamili Panicoideae dan suku Paniceae dengan jumlah kromosom $2n = 2x = 18$ (AA). Peran jewawut sebagai pangan alternatif potensial sudah lama dikenal oleh masyarakat dunia, dengan kandungan seperti asam amino yang lengkap dan kandungan mineral kalsium dan besi yang tinggi (Lin *et al.*, 2012; Sharma and Niranjana, 2018). Keanekaragaman dan penyebaran jewawut sangat bervariasi dan luas di Indonesia (Nirmalakumari *et al.*, 2010; Randall *et al.*, 2016). Jenis *foxtail* millet merupakan yang paling banyak tersebar di Indonesia dan bernilai komersial (Ghimire *et al.*, 2019). Kegiatan koleksi jewawut di Balitsereal sudah lama dilakukan, yang berasal dari introduksi dan eksplorasi di wilayah Indonesia yang memiliki keragaman genetik jewawut yang tinggi seperti Nusa Tenggara Timur (NTT). Koleksi aksesori jewawut mengalami banyak variasi yang terjadi selama masa dikoleksi. Beberapa koleksi bisa menghasilkan 2-5 variasi baru yang mungkin disebabkan karena adanya persilangan alami di lapangan, atau karena belum stabilnya genetik dari materi introduksi tersebut. Tingginya variasi dalam aksesori koleksi menyebabkan sulitnya seleksi bagi pemulia untuk menggunakan materi genetik tersebut sebagai tetua dalam kegiatan pemuliaan dan pengembangan jewawut. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi dan karakterisasi yang berguna sebagai informasi dalam kegiatan koleksi sumberdaya plasma nutfah dan kegiatan pemuliaan (Ellegren and Galtier, 2016). Pada aksesori koleksi yang berasal dari lokal NTT yang sangat beragam (Rini, 2018) memiliki karakteristik yang mencolok antara satu dan lainnya, namun dikumpulkan dengan nama yang sama. Alternatif dalam membedakan

aksesori dengan nama yang sama dapat dilakukan dengan mengidentifikasi lokasi eksplorasi, namun hal itu pun belum tepat, mengingat dalam satu lokasi eksplorasi dapat ditemukan lebih dari 1 aksesori. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat identifikasi yang tepat untuk membedakan aksesori koleksi tersebut.

Koleksi plasmanutfah jewawut yang terbentuk dari variasi aksesori dan eksplorasi membutuhkan pembenaran dalam identifikasi genetiknya. Penggunaan marka morfologi biasanya membutuhkan waktu yang agak lama untuk menemukan karakter pembeda dan penanganan yang agak rumit. Marka molekuler merupakan alat yang sangat baik bagi pemulia dan ahli genetik untuk menganalisis genom tanaman. Mikrosatelit merupakan sekuen berulang DNA dari genom eukariot dan dapat menyajikan penanda genetik yang dapat mendeteksi perbedaan antar genotipe (Al-Badeiry *et al.*, 2014). Sekuens ini lazim disebut sebagai *Simple Sequence Repeat* (SSR). Marka SSR saat ini banyak digunakan untuk penelitian diversitas genetik karena keakuratan informasi yang tinggi dan sangat polimorfik, bahkan untuk spesies atau galur yang berkerabat dekat (Cholastova *et al.*, 2011). Sebagian penelitian menggunakan marka SSR untuk identifikasi varietas tanaman dan mengidentifikasi keragaman genetik beberapa macam plasma nutfah tanaman (Hoxha *et al.*, 2004). Analisis dengan marka SSR relatif cepat, sederhana, bersifat polimorfik, kodominan, stabil, dan dapat digunakan untuk uji kemurnian benih (Mulsanti *et al.*, 2013).

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keragaman genetik koleksi plasma nutfah jewawut *sister line* hasil introduksi dan lokal Balitsereal dengan menggunakan marka molekuler SSR. Informasi dari keragaman genetik akan membantu dalam memperbaiki database koleksi plasma nutfah jewawut di Balitsereal.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Biomolekuler Balai Penelitian Tanaman Sereal Maros, Sulawesi Selatan, yang berlangsung dari Bulan April – Juli 2020. Bahan tanaman yang digunakan adalah 14 aksesori jewawut yang berasal dari koleksi jewawut Balitsereal yang merupakan hasil introduksi dari India (ICRISAT) dan dari

hasil eksplorasi di provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) (Tabel 1). Benih disemai di tray plastik berukuran 50 x 30 x 20 cm yang ditanam secara alur menggunakan media pertumbuhan dengan perbandingan tanah dan pupuk kandang adalah 1:2. Pada 14 hari setelah tanam (HST), daun di panen per baris aksesi dengan bobot sekitar 15 - 20 g. Sebanyak 4 g daun ditimbang dan ditempatkan dalam tube 2 mL yang berisi Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) (Doyle, 1991; George *et al.*, 2004) dengan membuat duplikasi sebanyak 3 tube sebagai cadangan. Daun yang direndam CTAB kemudian disimpan pada suhu -80 °C sebelum dilakukan ekstraksi DNA. Isolasi DNA menggunakan metode CTAB. Hasil DNA yang diendapkan kemudian dibersihkan menggunakan etanol 70% dan dikering-anginkan. Hasil DNA yang sudah kering kemudian dilarutkan ke dalam 50 mL aquabides. Kualitas dan kuantitas DNA dicek dengan elektroforesis pada gel agarosa 1% bersama lamda DNA berukuran 50, 100, 200 dan 300 ng/μL, dan konsentrasi DNA dikuantifikasi menggunakan spektrofotometer ultra-low volume (Nanodrop). DNA kerja dibuat dengan mengencerkan DNA stok sampai konsentrasi 50 ng/μL kemudian disimpan pada suhu -20 °C untuk digunakan lebih lanjut. Sebanyak 27 primer penanda SSR (Tabel 2) (Gupta *et al.*, 2012) digunakan untuk mengecek keragaman tanaman jewawut. Campuran PCR terdiri dari buffer reaksi 1 x Taq (MyTaq™ Red Mix), nukleotida dATP, dGTP, dCTP, dan dTTP (masing-masing 125 μM), primer 0,1 μM, 1U DNA polimerase Taq, dan 10 ng DNA template (CIMMYT, 2004).

Ukuran produk pita ditentukan dengan perbandingan menggunakan Marker Øx- 174 DNA/Hint I (Promega). Skoring pita dilakukan dengan menetapkan nilai 1 untuk keberadaan pita dan 0 untuk tidak adanya pita untuk setiap lokus (data biner), dan jika penampilan pita sangat meragukan dituliskan 9 (*missing data*). Beberapa parameter untuk menentukan primer yang paling informatif antara lain jumlah pita total, jumlah dan persentase pita polimorfik, heterosigositas, dan kandungan informasi polimorfik (PIC). Nilai PIC yang menunjukkan efisiensi masing-masing primer dihitung dengan mengikuti rumus yang dijelaskan oleh Anderson *et al.* (1993): skoring menggunakan $PIC_i = 1 - \sum P_i^2$, di mana P_i adalah frekuensi alel ke-i pada lokus tertentu. Analisis statistik dari hasil program NTSYS-pc, 2.1 (Rohlf, 2000), Winboot dan POWER MARKER.

Tabel 1. Nama aksesi koleksi jewawut dan asalnya.

No	Nama Aksesi	Asal
1	ICE-276-8A-1	ICRISAT, India
2	ICE-276-11A	ICRISAT, India
3	ICE-276-12A	ICRISAT, India
4	ICE-276-12AC	ICRISAT, India
5	ICE-276-13A	ICRISAT, India
6	ICE376-3	ICRISAT, India
7	ICE376-13	ICRISAT, India
8	2007-ICE-1335	ICRISAT, India
9	2007-ICE-1335-B	ICRISAT, India
10	Wete coklat	NTT, Ratong Moto
11	Wete pulut	NTT, Saneloe
12	Wete krem	NTT, Seusisoy
13	Wete coklat	NTT, Gha Gero Phere
14	Wete coklat	NTT, Wolowea

Hasil dan Pembahasan

Marker SSR yang digunakan dalam penelitian ini tersebar merata pada seluruh kromosom jewawut sebanyak 1 - 3 marka per kromosom. Jumlah marka yang digunakan sebenarnya belum mengakomodasi untuk melihat keragaman jewawut secara menyeluruh. Seperti yang kita ketahui bahwa jumlah kromosom Jewawut adalah sebanyak 9 kromosom, sehingga membutuhkan banyak marka untuk menganalisis keragamannya, namun dari hasil analisis ditemukan pengelompokan yang signifikan yang mengumpulkan aksesi jewawut berkerabat dekat dengan sangat baik dengan nilai pengelompokan yang cukup tinggi. Sebanyak 27 primer SSR yang digunakan memiliki reproduksi, stabilitas, dan polimorfisme yang tinggi (Tabel 3). Total pita yang dihasilkan dari seluruh primer SSR yang diujikan adalah 103 pita, dimana 101 pita atau 98,05% dari pita tersebut adalah pita polimorfis dengan ukuran basa berkisar antara 84 sampai 553 bp. Jumlah total pita yang dihasilkan oleh setiap primer SSR berkisar dari 2 hingga 8, dengan rata-rata jumlah pita adalah 4,26 pita. Frekuensi alel yang dihasilkan dari 27 primer SSR tersebut adalah berkisar antara 0,21 (p17x) hingga 0,93 (b226 dan b107) dengan rata-rata frekuensi alel 0,57. Pita polimorfik dari setiap primer SSR yang digunakan bervariasi dari 0,13 % (b107) sampai 0,83 % (p59) dengan jumlah rata-rata pita polimorfik 0,55%. Nilai informasi polimorfik (PIC) dari primer SSR berkisar dari 0,12 (b226 dan b107) sampai 0,83 (p17x), dengan rata-rata

Tabel 2. Nama Primer SSR, BIN, dan sekuens basa forward dan reverse.

No	Primer	Bin	Forward	Reverse
1	p16	1	F : TT TC TC CC TC TC TC GA TT CC	R : AA AT TG GC GT GC TA AC AA CC
2	p92	1	F : TG GA AT TG GA AC CC TT TC G	R : GC CA TG CA AA CA GT AC CA TC
3	b260	1	F : GA AG AG AG AA GC AG CG TT C	R : AA AC CA CA CT TG CC CT GA
4	p80	2	F : GC CG TT GG AT TT GA TT AT GG	R : TG TG GT TA GT TT AT GT GG CT TG
5	b115	2	F : GG TA GC GA CG GA TC TA CA GC	R : GC TA GC AA AT GC TG TC AT GG
6	p98	3	F : AT TC AT CA GT AG CA CA GC	R : TG GA AC TA AG AA CA GG AA AC
7	b186	3	F : CC CG TA TA AA TG TC AT CA TC CC	R : GC AC CT GG CT TC CC TT
8	b226	3	F : TA CC TC CC GT TC CG TT TT GT	R : CG CA TT GA TG GC TT AC AG TT
9	b236	4	F : TC TG GA CC AG CA TT CT GT CT T	R : GG TA AC TC TG CT TG GA CG AG
10	b247	4	F : GA TT GC TC TC TC AC AC AC AC G	R : GC CC GA TG GC TG CT AG T
11	b255	4	F : GA GG AC AG CG GC CA TT	R : CC TC CC TC CA TT TA CT TT GG
12	p17x	5	F : CG GA CA CC TG AA AG AC GA A	R : GT CA CT TG TT GT TG TT GC G
13	p75	5	F : AT GC CA TG GG AA TT TG AA CC	R : GT TT GA TG CA GG AC GA GG
14	b223	5	F : GG CA TT AA CT AC AT TG AC AG TG G	R : AA AA CC AA CA GT TC CC TC GT
15	b190	6	F : GA AA TT TC AC AA GT GT TG GT G	R : TG AT CG GA GC AG AG TG TT GA
16	p59	7	F : TA AT TT TG TG GC GT GG GA TG	R : GC AC TG GT TT TG TT GA AT GG
17	b107	7	F : AG AA CG AG GT GG TG TG TG G	R : GG GT CT CA CG CT CT CA TC A
18	b142	7	F : TG GT AA AA CT CC CA TA TT GA GC	R : GC CC CA TC CT TG AT AA CA GA
19	p6	8	F : AA GG AT GG AA TT TG CC AC TG	R : TT TC GA CG AT TT GC TT CA AC
20	b185	8	F : GC AC GT GT GA CT TT CC AC AT	R : GT GA AT GG CA CA CG AA AC TG
21	b258	8	F : GG GC CA AT AA TG GT TG CA TA	R : TT GC AC AT CC AA AT CT TT CC
22	p38	9	F : GT CG TC CC AC GT AT GA AA CC	R : TG AT TT CA CC TA CC GA TT TG C
23	b241	9	F : CA CG CA CG TA GT AT TG CT AT	R : GT TC TG GG CT TC TG GC TG
24	b265	9	F : AA TA AT GG AG AG GC AG CA TC C	R : CG AA TC AA GG TG TG CG TG
25	b269	9	F : GT GC GT GC CT CC CT TT A	R : CC AG AT GC TT CC AC GG T
26	SICAAS6101	6	F : CA TG GT GC CT TG CA TT TA GA	R : TG CA GT TC AG TG AG AC AT AC AA AA C
27	SICAAS6035	6	F : AA TA CC AC AC AA GC AT CA GG AG	R : GG CG AT GG AG TG CA TT TT AT TA

PIC 0,5, sedangkan heterosigositas (He) bervariasi dari 0,00 (b226, b190, b107, p6 dan b265) sampai 0,93 (b186, b255, p75 dan p38) dengan rata-rata 0,49 (Tabel 3).

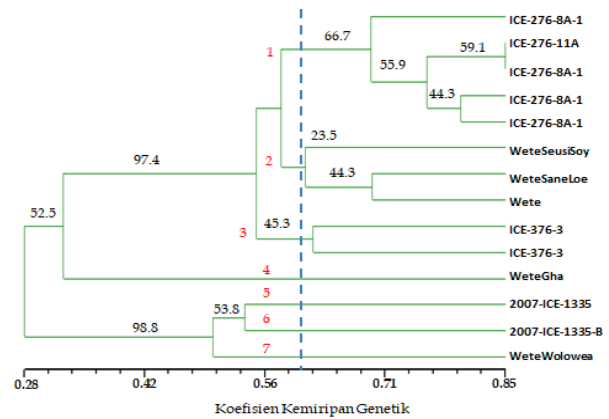
Informasi pita polimorfis, He, dan PIC dari setiap primer menunjukkan besarnya keragaman yang terbentuk pada lokus-lokus yang diuji pada 14 koleksi jewawut. Primer yang nilai He-nya tinggi bisa dijadikan primer untuk mengidentifikasi keragaman pada tanaman jewawut yang dikoleksi selanjutnya. Semakin tinggi nilai He dan PIC yang dihasilkan, maka primer tersebut akan semakin informatif dalam membedakan individu antara genotipe di dalam suatu populasi dan akan membuat kegiatan pemuliaan semakin efektif, terutama dalam membedakan populasi tanaman yang berkerabat dekat.

Nilai PIC dijadikan standar untuk mengevaluasi marka genetik berdasarkan pita DNA hasil amplifikasi PCR, oleh karena itu nilai PIC dibagi menjadi tiga kelas, yaitu $PIC > 0,5$ = sangat informatif, kemudian $0,25 > PIC > 0,5$ = sedang, dan $PIC < 0,25$ = rendah (Mulsanti *et al.*, 2013), sehingga primer-primer yang informatif

untuk membedakan jewawut berkerabat dekat adalah primer-primer dengan nilai He tinggi dan PIC diatas 0,5. Primer tersebut adalah p16, p80, b186, b255, b247, p17x, p75, SICAAS6035, p59, b142, b258, dan p38.

Dendrogram dihasilkan dari analisis jarak genetik Nei's dan Principal Component Analysis (PCA). Jarak genetik yang dihasilkan bervariasi dari 0,28 sampai 0,85. Tingkat keakuratan dari pengelompokan adalah sangat tinggi, yaitu sebesar $r = 0,954$. Kisaran keragaman yang dibentuk pada 15 aksesi koleksi jewawut Korea Selatan juga menunjukkan nilai kisaran jarak genetik dari 0 - 0,693 dengan He 0,335 yang sangat tinggi menggunakan marker morfologi dan ISSR (Ghimire *et al.*, 2019). Analisis kluster mengelompokkan 14 koleksi plasmanutfah jewawut dalam 7 kluster pada nilai kemiripan 0,59. Kluster 1 terdiri atas koleksi berkerabat ICE-276, kluster 2 terdiri atas koleksi Wete Seusisoy, Wete Saneloe dan Wete, kluster 3 terdiri atas koleksi berkerabat ICE-376, kluster 4 terdiri atas Wete Gha Gero Phere, kluster 5 terdiri atas 2007- ICE-1335, kluster 6 terdiri atas 2007-ICE-1335-B dan cluster 7 terdiri atas Wete

Wolowea (Gambar 1). Dari pengelompokan tersebut terlihat jelas bahwa beberapa koleksi berkerabat mengelompok pada kluster yang sama, yang artinya bahwa aksesori dalam satu kluster memang berasal dari genetik yang sama, namun sudah mengalami perubahan genetik yang mungkin disebabkan karena mutasi ataupun persilangan alami di lapangan dengan aksesori yang lain sehingga terbentuk variasi baru ataupun karena materi ini sendiri adalah materi yang belum tergalur dengan baik saat diintroduksi.



Gambar 1. Dendrogram Koefisien Kemiripan Genetik antara plasmanutfah Jewawut koleksi Balitsereal

Tabel 3. Profil data 27 lokus SSR hasil karakterisasi 14 koleksi plasmanutfah jewawut Balitsereal.

No	Primer	Size range	Frekuensi Alel	Jumlah Genotipe	Jumlah alel	% Pita Polimorfik	He	PIC
1	p16	189,50 - 228,58	0,57	5,00	3,00	0,58	0,43	0,51
2	p92	181,63 - 196,49	0,82	2,00	2,00	0,29	0,36	0,25
3	b260	142,75 - 244,10	0,79	4,00	6,00	0,37	0,21	0,36
4	p80	193,88 - 272,25	0,39	8,00	6,00	0,76	0,79	0,73
5	b115	249,00 - 311,00	0,61	5,00	3,00	0,55	0,36	0,49
6	b186	140,00 - 172,77	0,36	3,00	4,00	0,73	0,93	0,68
7	b226	216,33 - 239,20	0,93	2,00	2,00	0,13	0,00	0,12
8	p98	142,75 - 239,20	0,57	2,00	2,00	0,49	0,86	0,37
9	b255	151,00 - 195,10	0,46	3,00	3,00	0,64	0,93	0,56
10	b247	84,00 - 151,00	0,61	4,00	4,00	0,56	0,21	0,50
11	b236	105,99 - 180,40	0,57	8,00	8,00	0,64	0,36	0,62
12	p17x	157,12 - 340,00	0,21	7,00	8,00	0,85	1,00	0,83
13	p75	190,20 - 249,00	0,46	4,00	4,00	0,64	0,93	0,57
14	b223	106,75 - 140,00	0,54	5,00	5,00	0,65	0,36	0,61
15	SICAAS6035	142,75 - 192,99	0,39	3,00	4,00	0,71	1,00	0,65
16	b190	362,56 - 427,00	0,92	2,00	2,00	0,14	0,00	0,13
17	SICAAS6101	129,00 - 171,42	0,50	4,00	4,00	0,63	0,07	0,56
18	b107	311,00 - 427,00	0,93	2,00	2,00	0,13	0,00	0,12
19	p59	190,81 - 255,88	0,25	9,00	8,00	0,83	1,00	0,81
20	b142	123,50 - 259,33	0,46	7,00	7,00	0,69	0,71	0,64
21	p6	249,00 - 290,33	0,50	2,00	2,00	0,50	0,00	0,38
22	b258	170,60 - 553,00	0,32	4,00	6,00	0,78	1,00	0,75
23	b185	109,00 - 148,25	0,64	5,00	4,00	0,53	0,36	0,49
24	b269	105,99 - 151,00	0,82	3,00	4,00	0,31	0,21	0,30
25	b241	118,00 - 183,66	0,57	6,00	5,00	0,61	0,21	0,57
26	b265	208,16 - 224,50	0,71	2,00	2,00	0,41	0,00	0,32
27	p38	151,00 - 200,00	0,43	4,00	5,00	0,63	0,93	0,55
Rerata		84,00 - 553,00	0,57	4,26	4,26	0,55	0,49	0,50

Aksesi dengan nama Wete lebih bervariasi karena terdistribusi dalam beberapa klaster berbeda, yang berarti bahwa aksesi Wete beragam karakternya. Aksesi Wete sendiri berasal dari wilayah NTT yang berasal dari wilayah yang berbeda-beda. Beragamnya genetik dari Wete yang berasal dari 1 wilayah NTT ini menunjukkan bahwa jewawut di wilayah Indonesia sendiri sebenarnya sudah memiliki tingkat keragaman yang tinggi, namun belum terekplorasi dan terkarakterisasi dengan baik. Oleh karena itu, aksesi Wete memerlukan pengkarakterisasian secara morfologi dan agronomi untuk kemampuan adaptasi dan hasil serta kandungan nutrisi biji agar jelas karakteristik tanaman dan manfaatnya untuk digunakan dalam kegiatan pemuliaan.

Alel dari koleksi jewawut yang berasal dari NTT sangat tinggi variasinya dan hal ini dapat menjelaskan bahwa semua aksesi dari NTT memiliki variasi alel yang tinggi seperti hasil penelitian yang dilaporkan oleh Kumari *et al.* (2011) dimana variasi dan aliran gen/alel antara aksesi dari wilayah berbeda cukup tinggi yang dideteksi menggunakan marka *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) dan *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR). Namun, pada hasil penelitian Vetriventhan *et al.* (2012), keragaman genetik dari jewawut berkorelasi cukup baik berdasarkan klasifikasi wilayah, begitu pula pada hasil penelitian Kellogg *et al.* (2009) yang menunjukkan bahwa spesies *Setaria* lebih terkelompok oleh wilayah dari pada klasifikasi sub-generiknya, serta pada hasil penelitian Benabdelmouna *et al.* (2001) yang menggunakan sekuens gen tertentu yang menunjukkan bahwa jewawut yang berkerabat dekat dapat berkelompok berdasarkan geografis lokasi pertumbuhan tanaman. Hal ini berbeda dari hasil penelitian ini dimana aksesi Wete tidak mengelompok berdasarkan wilayah, begitu pula hasil penelitian yang didapatkan oleh Randall *et al.* (2016) yang menunjukkan jewawut yang tidak mengelompok berdasarkan wilayah. Keragaman genetik jewawut di wilayah NTT kemungkinan sangat tinggi, seperti yang ditemukan oleh Rini (2018) bahwa keragaman genetik jewawut di daerah Sumba, NTT, sangat tinggi berdasarkan karakter bentuk malai dan warna biji.

Aksesi ICE-276-11A dan ICE-276-12A berada dalam klaster yang sama dengan kemiripan genetik yang tinggi (0,85), aksesi ICE-376-3 dan ICE-376-13 juga mengelompok pada klaster yang sama pada nilai koefisien kemiripan 0,61, sedangkan aksesi 2007-ICE-1335 dan 2007-ICE-1335-B mengelompok dengan koefisien kemiripan

0,53 (Tabel 4). Nilai bootstrap pada dendrogram menunjukkan frekuensi dari berapa kali aksesi tersebut mengelompok dan berpasangan pada garpu dendrogram. Pada klaster I menunjukkan bahwa nilai bootstrap cukup tinggi (66,7) untuk memetakan aksesi ICE-276 dalam 1 klaster, diikuti klaster 3 dan 2.

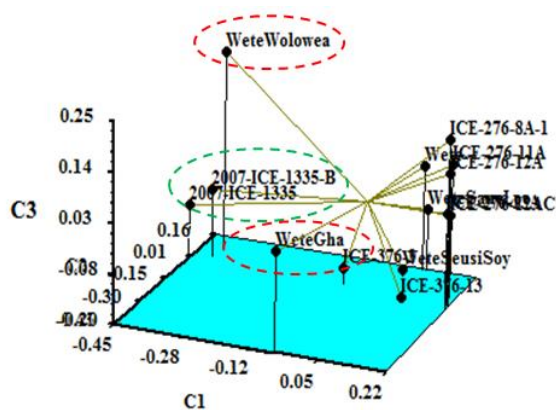
Hasil analisis jarak genetik diantara aksesi plasmanutfah jewawut menunjukkan bahwa ada beberapa aksesi yang memiliki jarak genetik yang sangat dekat, yaitu aksesi ICE-276-11A dengan ICE-276-12A (0,15), ICE-276-12A dengan ICE-276-12AC (0,18), dan ICE-276-12AC dengan ICE-276-13A (0,20). Ketiganya memiliki jarak genetik yang sangat dekat karena masih merupakan *sister line*. Banyak variasi yang terbentuk didalam satu aksesi dapat terjadi karena genotipe hasil hibridisasi memiliki tetua persilangan yang perbedaan genetiknya cukup tinggi, sehingga menghasilkan keturunan yang beragam seperti yang terjadi pada aksesi ICE-276. Hal ini membuktikan bahwa aksesi ICE-276 yang diintroduksi merupakan segregan generasi awal yang belum menggalur sempurna, sehingga masih menghasilkan variasi genetik saat ditanam di Indonesia. Begitupula yang terjadi pada aksesi ICE-376 dan aksesi 2007-ICE-1335. Seperti yang kita ketahui bahwa jewawut sendiri memiliki sifat persilangan *self-pollination*, sehingga outcrossing sangat kecil terjadi, namun diketahui bahwa jewawut memiliki heterosis yang tinggi pada lokus-lokusnya (Gupta *et al.*, 2012). Oleh karena itu, variasi ini mungkin disebabkan karena genotipe ICE-276 dan ICE-376 merupakan segregan generasi awal yang heterosisnya masih tinggi saat diintroduksi ke Indonesia.

Rata-rata jarak genetik (rjG) adalah nilai rata-rata jarak genetik suatu aksesi terhadap aksesi yang lain. Nilai ini dapat menunjukkan bagaimana posisi suatu aksesi dalam suatu populasi uji. Nilai rata-rata jarak genetik bergantung pada populasi ujinya. Dalam penelitian ini nilai rjG aksesi Wete Gha Gero Phere yang paling tinggi (0,70), diikuti 2007-ICE-1335-B (0,69), kemudian 2007-ICE-1335 (0,68) dan Wete Wolowea (0,67). Jauhnya jarak genetik dari aksesi tersebut juga dapat terlihat dari gambar 3 dimensi dimana pada Gambar 2 terlihat bahwa Wete Gha Gero Phere, Wete Wolowea, dan 2007-ICE-1335 terpisah dengan aksesi yang lain dengan jarak yang jauh. Jarak genetik yang jauh memberikan peluang kepada kegiatan pemuliaan untuk menghasilkan variasi baru dalam menghasilkan aksesi-aksesi jewawut yang lebih baik.

Tabel 4. Jarak genetik antara aksesi koleksi plasmanutfah jewawut Balitsereal dengan 27 marka SSR.

Aksesi	ICE-276-8A-1	ICE-276-11A	ICE-276-12A	ICE-276-12AC	ICE-276-13A	ICE-376-3	ICE-376-13	2007-ICE-1335	2007-ICE-1335-B	WeteSaneLoe	WeteSeusiSoy	WeteGha	Wete	WeteWolowea
ICE-276-8A-1	0,49													
ICE-276-11A	0,24	0,45												
ICE-276-12A	0,3	0,15	0,46											
ICE-276-12AC	0,37	0,23	0,18	0,47										
ICE-276-13A	0,33	0,26	0,31	0,2	0,49									
ICE-376-3	0,53	0,46	0,45	0,46	0,53	0,5								
ICE-376-13	0,47	0,44	0,4	0,38	0,4	0,38	0,5							
2007-ICE-1335	0,76	0,75	0,79	0,8	0,8	0,59	0,69	0,68						
2007-ICE-1335-B	0,77	0,75	0,77	0,78	0,79	0,58	0,71	0,46	0,69					
WeteSaneLoe	0,39	0,39	0,4	0,44	0,48	0,46	0,36	0,68	0,69	0,49				
WeteSeusiSoy	0,49	0,47	0,48	0,44	0,45	0,43	0,47	0,65	0,71	0,44	0,52			
WeteGha	0,7	0,66	0,63	0,66	0,65	0,64	0,65	0,75	0,8	0,73	0,71	0,7		
Wete	0,36	0,29	0,35	0,42	0,4	0,44	0,47	0,68	0,7	0,31	0,33	0,7	0,47	
WeteWolowea	0,7	0,72	0,72	0,76	0,79	0,58	0,71	0,47	0,52	0,66	0,7	0,78	0,61	0,67

Keterangan : Angka didalam kotak adalah rata-rata jarak genetik dari aksesi tersebut terhadap seluruh aksesi yang lain



Gambar 2. Bentuk 3 dimensi pengelompokan aksesi jewawut

Kesimpulan

Keragaman genetik dari plasma nutfah menjadi informasi paling penting untuk menghasilkan tanaman jewawut bernutrisi lebih baik dengan produksi yang tinggi. Keterbatasan karakter morfologi dapat dibantu dengan penggunaan marka molekuler untuk memudahkan dalam mengidentifikasi kedekatan genetik dari aksesi

yang mengalami variasi dalam proses koleksi dan aksesi yang dikoleksi dengan nama yang sama. Marka SSR mampu membedakan aksesi jewawut berkerabat dekat dengan pengelompokan yang baik. Tingkat keragaman yang tinggi diperoleh pada aksesi Wete dan 2007-ICE-1335 yang memberikan peluang untuk pemuliaan tanaman jewawut dalam menghasilkan variasi yang lebih banyak dari persilangan aksesi-aksesi tersebut. Tidak terjadi duplikasi materi koleksi pada kelompok sister line, hanya aksesi ICE-276-11A dan ICE-276-8A-1 yang memiliki koefisien kemiripan yang besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, atas pembiayaan penelitian ini melalui DIPA Balai Penelitian Tanaman Sereal, juga kepada segenap teknisi yang terlibat dalam penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat seluas-luasnya bagi kemaslahatan umat.

Daftar Pustaka

- Al-Badeiry, N.A., A.H. Al-Saadi, and T.K. Merza. 2014. Analysis of Genetic Diversity in Maize (*Zea mays* L.) Varieties Using Simple Sequence Repeat (SSR) Markers. *Pure & Applied Science*, 6, 1768-1774.
- Anderson, J.A., G.A. Churchill, J.E. Autrique, S.D. Tanksley, and M.E. Sorrells. 1993. Optimizing parental selection for genetic linkage maps. *Genome* 36, 181-186.
- Benabdelmouna, A., M. Abirached-Darmency and H. Darmency. 2001. Phylogenetic and genomic relationships in *Setaria italica* and its close relatives based on the molecular diversity and chromosomal organization of 5S and 18S-5.8S-25S rDNA genes. *Theor Appl Genet* 103, 668-677.
- Cholastova, T., M. Soldano and R. Pokorný. 2011. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) and simple sequence repeats (SSR) marker efficacy for maize hybrid identification. *Afr. J. Biotech* 10(24): 4794-4801.
- CIMMYT. 2004. Protokol untuk Karakterisasi Jagung secara Genotipik menggunakan Marka SSR serta Analisis Data. Metro Manila, Philippines.
- Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, v.12, p.13-15.
- Ellegren, H. and N. Galtier. 2016. Determinants of genetic diversity. *Nature Reviews Genetics*, Nature Publishing Group, 17 (7), pp.422 - 433.
- George, M.L.C., E. Regalado, W. Li, M. Cao, M. Dahlan, M.B. Pabendon, Warbuton, X. Xianchun, D. Hoisington. 2004. Molecular Characterization of Asians maize inbred lines by multiple laboratories. *Theor Appl Genet* 109:80- 91.
- Ghimire, B.K., C.Y. Yu, S.-H. Kim, I.-M. Chung. 2019. Assessment of Diversity in the Accessions of *Setaria italica* L. Based on Phytochemical and Morphological Traits and ISSR Markers *Molecules* 2019, 24, 1486.
- Govindaraj, M., M. Vetriventhan, and M. Srinivasan. 2014. Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives. *Hindawi Publishing Corporation Genetics Research International Volume 2015, Article ID 431487, 14 pages.*
- Gupta, S., K. Kumari, and P.P. Sahu. 2012. Sequence-based novel genomic microsatellite markers for robust genotyping purposes in foxtail millet [*Setaria italica* (L.) P. Beauv.]. *Plant Cell Rep* 31, 323-337. <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1168-x>.
- Hoxha, S., M.R. Shariflou, and P. Sharp. 2004. Evaluation of genetic diversity in Albanian Maize using SSR markers. *Journal Maydica* 49:97-103.
- Kellogg, E.A., S.S. Aliscioni, O. Morrone, J. Pensiero, and F. Zuloaga. 2009. A phylogeny of *Setaria* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae) and related genera based on the chloroplast gene *ndhF*. *International Journal of Plant Sciences*, 170(1), 117-131.
- Kumari R., N. Dikshit, D. Sharma, and K.V. Bhat. 2011. Analysis of molecular genetic diversity in a representative collection of foxtail millet [*Setaria italica* (L.) P. Beauv.] from different agro-ecological regions of India. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 17(4):363-374.
- Lin, H.S., C.Y. Chiang, S.B. Chang, G.I. Liao, and C.S.S. Kuoh. 2012. Genetic Diversity in The Foxtail Millet (*setaria italica*) germplasm determined by agronomic traits and microsatellite markers. *Australian Journal of Crop Science (AJCS)* 6 (2) 342-349.
- Mulsanti, W. Indria, M. Surahman, S. Wahyuni, dan D.W. Utami. 2013. Identifikasi galur tetua padi hibrida dengan marka SSR spesifik dan pemanfaatannya dalam uji kemurnian benih. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32 (1): 1- 8
- Nirmalakumari, A. and M. Vetriventhan. 2010. Characterization of foxtail millet plasmanutfah collections for yield contributing traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(2): 140-147
- Ramanatha, R.V. and T. Hodgkin. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68: 1-19. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Randall, A., Y. Yuwariah, A. Nuraini, T. Nurmala, A.W. Irwan, dan W.A. Qosim. 2016. Karakterisasi dan kekerabatan 23 genotip Jawawut (*Setaria italic* L. Beauv) yang ditanam tumpangsari dengan ubi jalar berdasarkan karakter agromorfologi. *Pangan*, Vol. 25 No. 1 April 2016 : 21 - 32

- Rini, D.W. 2018. Potensi akses lokal jewawut (*setaria italica* (L.) p. beauv) sebagai pangan alternatif di lahan kering pulau sumba ntt. Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III. ISSN: 2527-533x :558-564.
- Rohlf, F.J. 2000. NTSYSpc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.1. Applied Biostatistics Inc.
- Sharma, N. and K. Niranjana. 2018. Foxtail millet: Properties, processing, health benefits, and uses, Food Reviews International, 34:4, 329-363.
- Vetriventhan, M., H.D. Upadhyaya, C.R. Anandakumar, S. Senthilvel, H.K. Parzies, A. Bharathi, R.K. Varshney, and C.L.L. Gowda. 2012. Assessing genetic diversity, allelic richness and genetic relationship among races in ICRISAT foxtail millet core collection Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 10(3); 214-223.

Hamdani, J.S. · Sumadi · Kusumiyati · S. Mubarak

Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium

Sari. Produksi benih kentang (*Solanum tuberosum* L.) di dataran medium dapat menjadi pilihan untuk menghindari kerusakan lingkungan dan terbatasnya areal untuk produksi benih kentang di dataran tinggi. Salah satu upaya untuk peningkatan produksi benih kentang generasi ke-0 (G0) adalah pemberian pupuk NPK dan zat pengatur tumbuh. Sehubungan hal tersebut, maka perlu dilakukan kajian cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol yang tepat untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui interaksi antara cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium. Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor pertama adalah cara pemberian pupuk NPK (butiran, cair, butiran+cair) dan faktor kedua adalah frekuensi pemberian paklobutrazol (1 kali pada 50 hari setelah tanam (HST); 2 kali pada 50 dan 60 HST; dan 3 kali pada 50, 60, dan 70 HST). Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0. Cara pemberian pupuk NPK yang dicairkan dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot kering tanaman, jumlah ubi (7,61 knol/tanaman), dan bobot ubi benih kentang G0, yaitu 98,75 g/tanaman. Frekuensi pemberian paklobutrazol 3 kali yang diberikan pada umur 50, 60, dan 70 HST mampu meningkatkan kandungan klorofil, jumlah ubi (7,50 knol/tanaman), dan bobot ubi benih kentang G0 tertinggi, yaitu 104,40 g/tanaman.

Kata kunci: Dataran medium · Kentang G0 · NPK · Paklobutrazol**The effect of NPK fertilizer application method and paklobutrazol application frequency on the growth and yield of G0 potato seeds in medium altitude**

Abstract. Potato (*Solanum tuberosum* L.) seed production in medium altitude land can be another option to avoid environmental damage and limited seed production area in the high altitude land. The effort to increase the production of G0 potato seed is to apply NPK fertilizer and plant growth regulators. There, it is necessary to research the proper application of NPK fertilizer and the frequency of paclobutrazol application to increase the growth and yield of G0 potato seeds in medium plains. This study aims to determine the interaction between the application of NPK fertilizer and the frequency of paclobutrazol application that can increase the growth and yield of G0 potato seeds in medium plains. The experiment was carried out at the experimental field of Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. The experimental design used was a factorial randomized block design. The first factor was the application method of NPK fertilizer (granules, liquid, granular + liquid) and the second factor was the frequency of paclobutrazol application, i.e., 1 time only at 50 days after planting (DAP), 2 times at 50 DAP and 60 DAP and 3 times at 50 DAP, 60 DAP, 70 DAP. The experimental results showed that there was no interaction between the method of NPK fertilizer application and the frequency of paclobutrazol application on the growth and yield of G0 potato seeds. The application method of NPK fertilizer in form of liquid fertilizer could increase plant height, leaf area, leaf area index, plant dry weight, numbers of G0 seed tubers (7.61 knol plant⁻¹) and tuber weights per plant (98.75 g plant⁻¹). The frequency of 3 times NPK fertilizer applied at 50 DAP, 60 DAP, and 70 DAP was able to increase the chlorophyll content, numbers of G0 seed tubers for about 7.50 knol plant⁻¹, and the highest of tuber weight for about 104.40 g plant⁻¹.

Keywords: Medium plain · G0 potato · NPK · Paclobutrazol

Diterima : 4 Oktober 2021, Disetujui : 10 Desember 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.35977](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.35977)Hamdani, J.S.¹ · Sumadi¹ · Kusumiyati¹ · S. Mubarak¹¹ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363Korespondensi: jajang.sauman@unpad.ac.idHamdani, J.S. *dkk.*: Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 di dataran medium

Pendahuluan

Usaha yang diperlukan untuk meningkatkan produksi tanaman kentang adalah dengan memperbaiki teknik budidaya, seperti menggunakan ubi bermutu tinggi yang mencakup mutu genetik, mutu fisik, dan mutu fisiologis, karena bibit merupakan faktor yang menentukan hasil yang akan dicapai. Produksi benih kentang di dataran medium dapat menjadi alternatif tempat untuk menghindari kerusakan lingkungan, seperti erosi dan banjir, dan terbatasnya areal budidaya kentang di dataran tinggi (Hamdani *et al.*, 2016; Hamdani *et al.*, 2018). Penanaman kentang di dataran medium, yaitu 700 m di atas permukaan air laut (m dpl) mendapatkan kendala, yaitu suhu yang tinggi sehingga dapat menghambat inisiasi pembentukan ubi. Mailangkay *et al.* (2012) melaporkan bahwa kentang yang ditanam di dataran medium (700 m dpl) mampu menghasilkan jumlah ubi lebih banyak daripada di dataran tinggi (1.200 m dpl) tetapi berbobot sedikit.

Salah satu faktor untuk meningkatkan produktivitas benih kentang di dataran medium adalah dengan mengatur cara pemberian pupuk. Hal ini berkaitan dengan cepat atau tidaknya unsur hara tersedia bagi tanaman maka perlu dilakukan uji efektivitas pemupukan melalui berbagai cara pemberian pupuk NPK. Cara pemberian pupuk dapat dilakukan dengan cara *prill* (butiran), *cor* (dicairkan), dan campuran *prill* dan *cor*. Teknik pemberian pemupukan dengan cara *dicor* atau *dicairkan* memiliki kelebihan, yaitu akar tanaman akan lebih mudah menyerap unsur-unsur penting yang ada pada pupuk NPK (Lingga dan Marsono, 2001). Sementara teknik pemberian pemupukan *butiran* dan *diberikan ditabur* dapat lebih efektif dan awet apabila dilakukan pada saat musim hujan agar kandungan pada pupuk dapat larut ke media tanam dan akar tanaman. Selain itu juga perlu dicoba adanya kombinasi kedua perlakuan teknik pemberian pemupukan dengan dua cara tersebut yaitu *cair* dan *butiran*. Tanaman kentang sangat responsif terhadap pemberian pupuk NPK, baik dari segi pertumbuhan vegetatif maupun generatif, sehingga penggunaan pupuk ini dapat direkomendasikan pada tanaman kentang dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas.

Selain dengan cara pemberian pupuk untuk mengatasi rendahnya hasil kentang di dataran medium akibat cekaman suhu tinggi, rekayasa yang dapat dilakukan adalah dengan pemberian zat pengatur tumbuh paklobutrazol (Hamdani *et al.*, 2018; Nuraini *et al.*, 2021). Paklobutrazol merupakan zat penghambat tumbuh yang dapat menginduksi pembentukan ubi kentang dengan menghambat jalan sintesis hormon giberelin sehingga menekan pertumbuhan tanaman bagian atas seperti batang dan daun, namun menginisiasi pembentukan ubi. Perlakuan paklobutrazol pada tanaman kentang dapat mengurangi pembagian asimilat fotosintesis ke bagian daun, batang, akar, namun sebaliknya meningkatkan penerimaan asimilat ke bagian ubi kentang (Tekalign and Hammes, 2005). Pemberian paklobutrazol pada konsentrasi tertentu akan menyebabkan warna daun lebih hijau, akar lebih kokoh, terjadi pemendekan ruas batang, dan kompak (Harjadi, 2009). Selain menghambat sintesis hormon giberelin (GA3), paklobutrazol berpengaruh terhadap penurunan tinggi tanaman, indeks luas daun, peningkatan kandungan klorofil pada daun tanaman, berat basah ubi, persentase kelas ubi, dan hasil panen per ha (Tsegaw and Hammes, 2004; Hamdani *et al.*, 2009; Sambeka *et al.*, 2012; Hamdani *et al.*, 2018; Hamdani *et al.*, 2016). Menurut Mabvongwe (2014) efektivitas pemberian paklobutrazol tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi, tetapi juga waktu pemberian dan cara pemberiannya. Pemberian paklobutrazol dengan cara penyemprotan yang dilakukan pada waktu pemberian yang berbeda maka menyebabkan hasil akhir yang berbeda juga.

Tanaman kentang memiliki beberapa fase pertumbuhan. Waktu pemberian paklobutrazol sangat penting untuk dilakukan pada awal fase pembentukan ubi sehingga dapat memaksimalkan pembentukan ubi. Pemberian paklobutrazol pada awal fase pembentukan ubi lebih efektif menghambat giberelin dibandingkan pemberian pada akhir fase pembentukan ubi (Tsegaw and Hammes, 2004). Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan waktu dan frekuensi pemberian paklobutrazol yang paling efektif sehingga dapat mengatasi kendala dalam penanaman benih kentang di dataran medium.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di *Screen House*, Kebun Percobaan Ciparanje Jatinangor, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan ketinggian tempat ± 685 m dpl dan memiliki ordo tanah Inceptisols. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah planlet kentang G0 Kultivar Medians yang berumur 14 hari setelah aklimatisasi yang bersumber dari PT. Horti Agro Makro, Garut. Media tanam terdiri dari tanah ordo Inceptisols, kompos, arang sekam, cocopeat, dengan perbandingan volume 3:1:1:1. Bahan lain yang digunakan adalah pupuk NPK 16:16:16, pestisida Dazomet 98%, fungisida Tebukonazol 430 g/L, dan insektisida Deltametrin 25 g/L. Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah seperangkat alat budidaya tanaman, polybag ukuran 40 x 50 cm, mulsa plastik hitam perak, baki aklimatisasi, *chlorophyll content meter*, *spectrophotometer*, alat ukur pertumbuhan tanaman, timbangan digital, dan oven.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor pertama adalah cara pemberian pupuk NPK (butiran, cair, dan butiran + cair), sementara faktor kedua adalah frekuensi pemberian paklobutrazol (1 kali pada 50 hari setelah tanam (HST)), 2 kali pada 50 dan 60 HST, dan 3 kali pada 50, 60, dan 70 HST). Terdapat 9 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 3 polybag maka total polybag berjumlah 81 polybag. Adapun pada setiap polybag ditanam 4 tanaman sehingga total tanaman berjumlah 324 tanaman.

Stek planlet memiliki daun majemuk dan berumur 14 hari. Stek ditanam pada media tanam yang terdiri dari campuran tanah ordo Inceptisols, arang sekam, cocopeat, dan kompos dengan perbandingan 3:1:1:1. Media tanam disterilisasi dengan cara ditambahkan fumigan Dazomet 98% sebanyak 40 gram per m² dan diinkubasi selama 2 minggu. Setelah media diaduk sampai rata, 15 kg media dimasukkan ke dalam polybag berukuran 50 x 50 cm, kemudian disterilisasi dan disusun sesuai rancangan perlakuan. Penanaman diawali dengan menyiram media tanam sampai kapasitas lapang. Setiap polybag ditanam 4 tanaman dengan jarak 10 x 10 cm dalam dua barisan.

Pupuk yang digunakan dalam percobaan ini adalah NPK dengan jumlah pupuk total yang digunakan adalah 30 g/polybag atau setara dengan 900 kg/ha. Pemberian pupuk dilakukan sesuai dengan perlakuan. Pemberian pupuk butiran dibagi dua kali pemberian, yaitu pada umur 10 dan 20 HST. Cara pemberian pupuk yang dicairkan dengan cara melarutkan 3 gram pupuk yang telah dilarutkan dengan 1 liter air dan dikocorkan pada seluruh permukaan media tanam per polybag. Pemberian pertama pada 10 HST, dilakukan setiap minggu sampai 10 kali pemberian. Perlakuan campuran cair dan butiran yaitu dengan cara memberikan 15 gram pupuk butiran pada lubang pupuk untuk pemberian pertama pada 10 HST, dilanjutkan dengan menyiramkan 3 gram pupuk yang dilarutkan dengan 1 liter air pada seluruh permukaan media tanam setiap minggu sampai 5 kali pemberian. Pemeliharaan tanaman terdiri dari penyiraman, penyiangan gulma, pendangiran, pembumbunan, dan pemberian insektisida serta fungisida sesuai gejala serangan hama dan penyakit.

Pengamatan meliputi kandungan hara N, P, dan K tanaman, pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman (cm), luas daun (cm), indeks luas daun, indeks kandungan klorofil (*Chlorophyll content index*), bobot kering tanaman (g), nisbah pupus akar, serta jumlah dan bobot ubi per tanaman. Rancangan analisis data pada percobaan ini dilakukan dengan menggunakan program statistik SPSS. Analisis varian diperoleh dengan uji F pada taraf nyata 5% untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Jika nilai F hitung > F tabel 5% atau berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan metode analisis Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan (Gomez dan Gomez, 1995).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan hara N, P dan K pada tanaman. Pengamatan terhadap kandungan hara N, P, dan K pada tanaman kentang dilakukan pada 8 minggu setelah tanam. Kandungan hara N, P, dan K untuk perlakuan cara pemberian pupuk NPK disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh cara pemberian pupuk NPK terhadap kadar serapan hara N, P dan K pada tanaman kentang.

Perlakuan Cara pemberian pupuk NPK	Kadar Serapan Hara (%)		
	N	P	K
Butiran	3,54	1,18	2,13
Cair	4,36	1,40	3,78
Butiran+cair	3,91	1,33	2,05

Hasil analisis seperti tertera pada Tabel 1 menunjukkan bahwa cara pemberian pupuk NPK memberikan pengaruh yang berbeda terhadap serapan kandungan hara N, P, dan K pada tanaman kentang. Kandungan hara N, P, dan K pada perlakuan pemberian pupuk dengan cara dicairkan mempunyai kecenderungan lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada umur 8 minggu setelah tanam (MST). Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Campbell *et al.* (2000), bahwa akar mengabsorpsi air dan mineral dari tanah sehingga pemberian pemupukan dengan dilarutkan atau pemberian dalam bentuk cair dapat membantu penyerapan unsur hara dari dalam tanah oleh tanaman lebih baik.

Tinggi Tanaman, Luas Daun, Indeks Luas Daun, Bobot kering tanaman, dan Kandungan Klorofil (CCI). Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi antara cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot kering, dan kandungan klorofil. Namun, secara

mandiri perlakuan cara pemberian pupuk NPK berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, luas daun, dan indeks luas daun, dan bobot kering tanaman, sedangkan perlakuan frekuensi pemberian zat pengatur tumbuh paklobutrazol berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, dan kandungan klorofil (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa cara pemberian pupuk NPK yang dicairkan menghasilkan tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, dan bobot kering tanaman lebih tinggi bila dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini disebabkan perlakuan pupuk yang dicairkan memungkinkan hara terlarut dalam air sehingga dapat menyediakan nutrisi dalam keadaan tersedia yang dapat meningkatkan serapan nutrisi dengan baik bagi tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Zelalem *et al.* (2009) menyatakan bahwa ketersediaan nutrisi di dalam media tanam akan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal yang mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Cara pemberian pupuk dengan dicairkan terbukti lebih cepat menyediakan unsur hara, terutama N yang sangat diperlukan pada fase vegetatif tanaman, dan membantu penyerapannya oleh akar sehingga menghasilkan pertumbuhan kentang yang lebih optimal. Hal ini didukung dengan hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk dicairkan menunjukkan kandungan hara N pada tanaman lebih tinggi (Tabel 1).

Tabel 2. Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot kering tanaman, dan kandungan klorofil.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Luas Daun (cm ²)	Indeks Luas Daun	Bobot kering tanaman (g)	Kandungan Klorofil (CCI)
Cara pemberian NPK					
Butiran	46,76 a	384,33 a	2,96 ab	15,40 a	35,02 a
Cair	61,65 b	486,17 b	3,36 b	21,41 b	32,16 a
Butiran+cair	50,20 a	379,58 a	2,83 a	14,90 a	30,34 a
Frekuensi pemberian Paklobutrazol					
Kontrol	50,00 b	424,00 b	3,50 b	17,37 a	28,53 a
1 kali (50 HST)	40,34 a	384,89 a	2,84 a	15,90 a	32,98 a
2 kali (50, 60 HST)	40,32 a	361,56 a	2,78 a	16,80 a	28,77 a
3 kali (50, 60, 70 HST)	41,49 a	353,00 a	2,21 a	16,34 a	39,75 b

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tinggi tanaman berhubungan dengan perkembangan daun. Daun merupakan organ utama tumbuhan tempat berlangsungnya fotosintesis. Bila luas daun meningkat maka bobot kering akan meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gardner *et al.* (1991) bahwa luas daun berpengaruh pada proses fotosintesis untuk menghasilkan asimilat yang digunakan sebagai sumber energi pertumbuhan dalam membentuk organ-organ vegetatif tanaman yang berakibat pada peningkatan biomassa tanaman. Luas daun merupakan parameter pertumbuhan tanaman yang berhubungan dengan parameter pertumbuhan yang lain, termasuk bobot kering tanaman.

Semua perlakuan frekuensi pemberian paklobutrazol menunjukkan tinggi tanaman yang lebih rendah dan berbeda bila dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan paklobutrazol menyebabkan tinggi tanaman lebih rendah. Pemberian paklobutrazol pada umur awal dapat menghambat aktivitas sintesis giberelin (GA). Penghambatan GA menyebabkan sel tanaman terus membelah tetapi sel-sel baru tidak mengalami pemanjangan sehingga terbentuk cabang dengan panjang buku lebih pendek (Chaney *et al.*, 2005) yang mengakibatkan tinggi tanaman yang lebih pendek. Sejalan dengan hasil penelitian Hamdani *et al.* (2018) bahwa pemberian paklobutrazol mulai dari umur 50 HST menghasilkan tinggi tanaman lebih pendek pada tanaman kentang. Pemberian paklobutrazol lebih awal pada stadia pertumbuhan maka daya hambatnya akan lebih tinggi. Pemberian paklobutrazol dengan frekuensi tiga kali menunjukkan kandungan klorofil tertinggi. Hal ini diduga karena paklobutrazol dapat meningkatkan sintesis klorofil di dalam daun (Tekalign and Hammes, 2005). Xia *et al.* (2018) mengungkapkan bahwa pemberian paklobutrazol memacu sintesis hormon sitokinin yang berperan dalam meningkatkan diferensiasi kloroplas dan sintesis klorofil, sehingga mencegah degradasi klorofil.

Jumlah Ubi dan Bobot Ubi. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian paklobutrazol terhadap jumlah ubi dan bobot ubi per tanaman. Akan tetapi, secara mandiri cara pemberian pupuk NPK maupun frekuensi pemberian paklobutrazol menunjukkan pengaruhnya pada jumlah ubi dan bobot ubi per tanaman (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh cara pemberian pupuk NPK dan pemberian paklobutrazol terhadap jumlah ubi dan bobot ubi per tanaman.

Perlakuan	Jumlah Ubi per Tanaman (knol)	Bobot Ubi per Tanaman (g)
Cara pemberian NPK		
Butiran	6,00 a	73,42 a
Cair	7,61 b	98,75 b
Butiran + cair	5,79 a	85,87 a
Frekuensi pemberian paklobutrazol		
Kontrol	5,22 a	67,72 a
1 kali (50 HST)	6,61 ab	87,05 b
2 kali (50, 60 HST)	6,67 ab	73,67 ab
3 kali (50, 60, 70 HST)	7,50 b	100,40 b

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil analisis seperti terlihat pada Tabel 3, bahwa cara pemberian pupuk yang dicairkan menunjukkan pengaruh dalam meningkatkan jumlah dan bobot ubi benih kentang G0 per tanaman kentang bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan nilai rata-rata 7,61 butir per tanaman, dengan bobot mencapai 98,75 g per tanaman. Keadaan ini disebabkan karena pupuk yang dicairkan dapat menyediakan unsur hara lebih cepat, terutama N yang dibutuhkan dalam pertumbuhan vegetatif, termasuk pembentukan stolon pada tanaman kentang (Lakitan, 2012). Cara pemberian pupuk NPK yang dicairkan terbukti mampu meningkatkan penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman kentang. Asandhi dan Gunadi (2006) mengemukakan bahwa jumlah ubi kentang selain ditentukan oleh jumlah stolon yang terbentuk juga dipengaruhi oleh penyerapan air dan nutrisi dari dalam media tanam untuk proses fotosintesis. Besarnya fotosintat yang dialirkan dan disimpan sebagai cadangan makanan menentukan bobot ubi karena ubi sebagai tempat cadangan makanan hasil proses fotosintesis. Peningkatan pembentukan dan pengisian ubi menghasilkan jumlah ubi yang banyak dengan ukuran yang besar (Sutater *et al.*, 1993).

Pemberian paklobutrazol dengan frekuensi sebanyak 3 kali, yaitu 50, 60, dan 70 HST dapat meningkatkan jumlah ubi dan bobot ubi per tanaman. Hal ini diduga bahwa frekuensi pemberian paklobutrazol tiga kali dapat

meningkatkan efektivitas dan kerja zat penghambat tumbuh paklobutrazol tersebut dalam menghambat sintesis giberelin sehingga stolon yang telah tumbuh berhenti memanjang kemudian membentuk ubi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Azima *et al.* (2017) serta Nuraini *et al.* (2021) bahwa tanaman yang diberi paklobutrazol paling akhir memiliki jumlah stolon yang lebih banyak, sehingga saat paklobutrazol diberikan dapat menyebabkan kandungan giberelin endogen menurun sehingga stolon berhenti memanjang dan mulai terjadi pembesaran pada ujung stolon kemudian menghasilkan ubi dalam jumlah yang banyak. Menurut penelitian Hamdani *et al.* (2018) pemberian paklobutrazol yang menghambat sintesis giberelin pada tanaman kentang membuktikan adanya peningkatan persentase stolon yang membentuk ubi.

Peningkatan giberelin pada tanaman kentang yang ditanam pada kondisi yang tidak sesuai, yaitu suhu tinggi seperti di dataran medium, yang diberi paklobutrazol menyebabkan banyaknya jumlah stolon yang tumbuh. Suhu udara di dataran medium tergolong cukup tinggi yang menyebabkan peningkatan sintesis giberelin pada stolon sehingga jumlah stolon meningkat (Struik *et al.*, 2007). Nuraini *et al.* (2018) menyatakan bahwa tanaman yang diberi paklobutrazol dapat meningkatkan jumlah ubi per tanaman meskipun ditanam pada suhu tinggi dan di dataran medium. Hal ini sesuai dengan penelitian Chaney (2004) serta Tekalign and Hammes (2004) bahwa tanaman yang diberi paklobutrazol mampu beradaptasi terhadap stres lingkungan dengan cara meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara serta meningkatkan efisiensi fotosintesis. Menurut Tekalign *et al.* (2005), persaingan antar inisiasi ubi akan menurunkan jumlah ubi yang terbentuk, tetapi hal itu tidak akan terjadi bila diberi paklobutrazol dan kondisi tempat penanaman.

Keadaan ini dimungkinkan sebab waktu pemberian paklobutrazol sebanyak 3 kali, yaitu pada umur 50, 60, dan 70 HST menyebabkan transfer asimilat yang optimal untuk menunjang pembesaran ubi, karena pada umur tanaman tersebut tanaman kentang sedang memasuki fase pembentukan, pengisian, dan pematangan ubi. Tinggi rendahnya bobot ubi yang terbentuk tergantung pada banyak sedikitnya asimilat yang dapat dihasilkan oleh tanaman. Semakin banyak asimilat yang dihasilkan oleh suatu tanaman, maka bobot ubi semakin tinggi, begitu

juga sebaliknya. Pada kondisi tersebut, menurut Sutater *et al.* (1993) yang menyatakan bahwa besarnya fotosintat yang dialirkan dan disimpan sebagai cadangan makanan menentukan bobot ubi karena ubi sebagai tempat cadangan makanan hasil proses fotosintesis. Peningkatan pembentukan dan pengisian ubi menghasilkan jumlah ubi yang banyak dengan ukuran yang besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hamdani *et al.* (2016) yang menyebutkan bahwa tanaman kentang yang diberi hormon penghambat ditujukan agar mempercepat fase pengisian ubi kentang dan memfokuskan energi untuk pembentukan ubi.

Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Tidak terdapat interaksi antara cara pemberian pupuk NPK dan frekuensi pemberian zat pengatur tumbuh paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang G0.
2. Cara pemberian pupuk NPK dicairkan dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot kering tanaman, jumlah benih kentang G0 (7,61 g/tanaman), dan bobot benih kentang G0 per tanaman (98,75 g/tanaman)
3. Frekuensi pemberian paklobutrazol 3 kali yang diberikan pada umur 50, 60, dan 70 HST mampu meningkatkan kandungan klorofil, meningkatkan jumlah benih kentang G0 (7,50 butir/tanaman), dan bobot benih kentang G0 (104 g/tanaman)

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementrian Riset dan Teknologi, melalui Hibah Terapan Tahun Anggaran 2021 berdasarkan surat keputusan Nomor 9/E1/KP.PTNBH/2021 dan perjanjian/ Kontrak No 1207/UN6.3.1/PT.00/2021. Terimakasih disampaikan pula pada PT Central Horti Agro Makro (CHAMP) Garut, sebagai mitra kerjasama pada penelitian ini serta Marrisa Putri Harisy yang telah membantu penelitian di lapangan.

Daftar Pustaka

- Asandhi, A.A., dan N. Gunadi. 2006. Syarat Tumbuh Tanaman Kentang. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura. Jakarta.
- Azima, N.S., A. Nuraini, Sumadi, dan J.S. Hamdani. 2017. Respon Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang G0 di Dataran Medium terhadap Waktu dan Cara Pemberian Paklobutrazol (Growth and Yield Respons of G0 Potato Seed to Times and Methods of Paklobutrazol Application In Moderate Altitude.). Jurnal Kultivasi, 162: 313-319.
- Campbell, N.A., J.B. Reece, dan L.G. Mitchell. 2000. Biologi. Erlangga. Jakarta
- Chaney, W.R. 2004. Growth Retardants: A Promising Tool for Managing Urban Trees. Purdue Univ.: 1-5.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. UI Press. Jakarta.
- Gomez, K.A., dan A.A. Gomez. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. 2nd ed. UI-Press, Jakarta.
- Hamdani, J.S. 2009. Pengaruh jenis mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kentang (*Solanum tuberosum* L.) yang ditanam di dataran medium. J. Agronomi Indonesia 37(1): 14-20.
- Hamdani, J.S., Y.R. Suriadinata, dan L. Martins. 2016. Pengaruh Naungan dan Zat Pengatur Tumbuh terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang Kultivar Atlantik di Dataran Medium. J. Agronomi Indonesia 44(1): 33-39.
- Hamdani, J.S., Kusumiyati, dan S. Mubarak. 2018. Effect of shading net and interval of watering increase plant growth and yield of potatoes 'Atlantic'. J. Applied Sci., 18 (1) : 19-24.
- Harjadi, S. 2009. Zat Pengatur Tumbuh. Penebar Swadaya. Jakarta. 76 hal.
- Lakitan, B. 2012. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Rajawali Press. Jakarta
- Lingga dan Marsono. 2001. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mabvongwe, O., B.T. Manenji, M. Gwanzane, and M. Chandiposha. 2014. The Effect of Paklobutrazol Application Time and Variety on Growth, Yield, and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.). Advances in Agriculture. 5pp.
- Mailangkay, B.H., J.M. Paulus, dan J.E.X Rogi. 2012. Pertumbuhan dan Produksi dua varietas kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada dua ketinggian tempat. Eugenia 18(2): 161-72.
- Nuraini, A., S. Mubarak, and J.S. Hamdani. 2018. Effects of Application Time and Concentration of Paklobutrazol on the Growth and Yield of Potato Seed of G2 Cultivar Medians at Medium Altitude. J. Agronomy, 17(3): 169-173.
- Nuraini, A., P.S. Nugroho, W. Sutari, S. Mubarak, and J. S. Hamdani. 2021. Effects of cytokinin and paklobutrazol application time on growth and yield of G2 potato (*Solanum tuberosum* L.) Medians cultivar at medium altitude in Indonesia. J. Agr. Nat. Resour. 55 (2021) 171-176.
- Sambeka, F., S.D. Runtunuwu, dan J.E.X. Rogi. 2012. Efektifitas Waktu Pemberian dan Konsentrasi Paklobutrazol terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Supejohn. Jurnal Ilmu Pertanian, 182: 126-134.
- Struik, P.C. 2007. Responses of The Potato Plant to Temperature. p. 368-393. In Vreugdenhil. Potato Biology and Biotechnology. Elsevier.
- Sutater, T., A.A. Asandhi, dan Hermanto. 1993. Pengaruh Ukuran Ubi dan Jarak Tanam terhadap Produksi Ubi Mini Kentang kultivar Knebbec. Bul. Penel. Horti. 22 (2): 12 - 18.
- Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition paklobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. Plant Growth Regulation 43(3): 227-236.
- Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2005. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown in a hot tropical lowland to applied paklobutrazol: 1. shoot attributes, assimilate production and allocation. New Zealand J. of Crop and Hort. Sci. 33 (1): 35- 42.
- Tekalign, T., P.S. Hammes, and J. Robbertse. 2005. Paklobutrazol-induced leaf, stem, and root anatomical modifications in potato. HortScience 40(5) : 1343-1346.
- Tsegaw, T., and P.S. Hammes. 2005. Response of potato grown in a hot tropical lowland to

- paklobutrazol. A paper presented to combined Congress 2005, January 11- 13, Potchefstroom, South Africa
- Xia, X., Y. Tang, M. Wei, and D. Zhao. 2018. Effect of paklobutrazol application on plant photosynthetic performance and leaf greenness of herbaceous peony. *Horticulturae* 4(5): 1-12.
- Zelalem, A., T. Tekalign, dan D. Nigussie. 2009. Response of Potato (*Solanum tuberosum* L.) to Different Rates of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Vertisols at Debreberhan, in The Central Highlands of Ethiopia. *African Journal of Plant. Science*, 3(2):16-24