

Jurnal KULTIVASI

Dani · D.N. Rokhmah A review of the role of pollination on the yield of cocoa plant	249-255
Maxiselly, Y. · M. Ariyanti · M.A. Soleh · N. Fikri Application of legume cover crop and various vermicompost dosages on young cinchona in the marginal area	253-260
Marpaung, A.E. · B. Karo · S. Barus · R.C. Hutabarat · R. Tarigan Application of organic fertilizer and phosphate solubilizing bacteria to increase the growth and yield of potatoes in Andisol	261-269
Amiros, N. · R.A. Suwignyo · M. Hasmeda · F. Adriansyah · E.S. Halimi · E. Sodikin Development of adaptive rice variety to non-tidal swamp: Growth evaluation of backcrossed progenies (BC1F1) and its parents, Inpago 5 and Inpara 8	270-278
Widyastuti, R.A.D. · S.D. Utomo · D.H. Pangaribuan · P. Sanjaya · H.A.Warganegara · W. Agustin The growth of 'Crystal' guava seedling in response to pinching and dormancy breaking chemicals	279-285
Riyanto, A. · D. Susanti · T.A.D. Haryanto Respons komponen hasil dan hasil varietas padi berprotein tinggi terhadap pemberian dosis pupuk nitrogen	286-292
Harahap, R. · D. Herdiyanto · M.R. Setiawati · I.R. Azizah · T. Simarmata Potential use of PGPR based biofertilizer for improving the nutrient availability in soil and agronomic efficiency of upland rice	293-304
Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari Teknik fermentasi campuran bahan organik sebagai sumber nutrisi organik pada sayuran sawi yang ditanam dengan hidroponik	305-317
Laila, A. · N.I. Muztahidin · D. Radinal · A.A. Fatmawaty · N. Hermita Aplikasi kalium klorida pada dosis yang berbeda secara fertigasi tetes untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah	318-326
Ariyanti, M. · E.B. Keliat · C. Suherman · S. Rosniawaty · M.A. Soleh Respons pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat	327-337
Andini, G.W. · R. Firgiyanto Respon pertumbuhan tanaman krisan pot terhadap hormon giberelin dan waktu pemangkasan yang berbeda	338-344
Aprilia, N.A. · D. Kurniadie · U. Umiyati Resistensi gulma <i>Echinochloa crus-galli</i> terhadap herbisida berbahan aktif Metamifop di areal persawahan Sulawesi Selatan	345-351
Widyasunu, P. · R. Widarawati Korelasi hasil padi sawah dengan sulfur tersedia dan sifat kimia tanah sawah	352-359
Anjarsari, I.R.D · E. Suminar · Murgayanti Studi pendahuluan regenerasi eksplan teh sebagai upaya percepatan penyediaan bibit unggul secara in vitro	360-368

JURNAL **KULTIVASI**

Volume 21 Nomor 3 Desember 2022

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

PENASIHAT / ADVISOR

Ketua Peragi Komda Jawa Barat
Dekan Fakultas Pertanian

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Departemen Budidaya Pertanian
Universitas Padjadjaran
Jajang Sauman Hamdani

DEWAN REDAKSI / EDITORIAL BOARD

Ketua/Editor in Chief

Tati Nurmala

Editor

Tati Nurmala, Fiky Yulianto Wicaksono, Yudithia
Maxiselly, Muhamad Kadapi, Ruminta (Unpad)
Bambang Pujiasmanto (UNS)
Yudhistira Nugraha (BRIN)

Reviewer

Santi Rosniawaty, Dedi Widayat, Syariful Mubarak,
Jajang Sauman Hamdani, Wawan Sutari (UNPAD)
Sulassih (IPB University)
Yugi R. Ahadiyat (Unsoed)
Yenni Asbur (UISU)
Koko Tampubolon (UTND)
Sumadi (Peragi Komda Jabar)
Suroso Rahutomo (Indonesian Oil Palm Research Institute)
R.A. Diana Widyastuti (Unila)
Fiqriah Hanum K. (Politeknik Pertanian Negeri Samarinda)
Karlina Syahrudin, Haris Maulana, Devi Rusmin (BRIN)
Nafisah (BB Padi)
Nariman Salim Ahmad (University of Sulaimani, Iraq)
Kingsley Ezechukwu Okpara (Rivers State Univ. Nigeria)

Proofreading Editor

Rahmat Budiarto

STAF TEKNIS (TECHNICAL STAFF)

Deden Junjuran
Sugeng Praptono

DIKELOLA OLEH / MANAGED BY :

Departemen Budidaya Pertanian Faperta Unpad
dan Peragi Komda Jabar

DITERBITKAN OLEH / PUBLISHED BY :

Unpad Press

Terbit Tiga Kali Setahun

Setiap Bulan April, Agustus, dan Desember

ALAMAT REDAKSI & PENERBIT / EDITORIAL & PUBLISHER'S

ADDRESS

"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 volume 21 tahun 2022, nomor ini memuat 14 artikel pilihan yang telah diulas oleh para ahli, baik dari dalam maupun luar negeri. Nomor ini memuat artikel-artikel hasil penelitian-penelitian dan ulasan mengenai rekayasa teknologi budidaya di lapangan, varietas unggul, dan teknologi terkini di bidang budidaya tanaman. Seperti nomor sebelumnya, nomor ini juga berusaha memuat artikel dalam bahasa Inggris yang lebih banyak daripada nomor sebelumnya, sebagai upaya kami untuk menembus indeksasi internasional bereputasi. Tak henti-hentinya kami mengucapkan terimakasih pada para penulis, editor, juga reviewer yang telah bekerja keras untuk menyajikan artikel yang berkualitas dan terbit tepat waktu. Dukung terus kami dengan berpartisipasi memajukan jurnal ini, baik sebagai penulis, editor, reviewer, maupun pembaca.

Bandung, 21 Desember 2022

Tim editor

PETUNJUK PENULISAN NASKAH UNTUK JURNALKULTIVASI

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 metoda yang digunakan sudah diketahui sebelumnya maka pustakanya harus dicantumkan.

Hasil dan Pembahasan

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

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

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

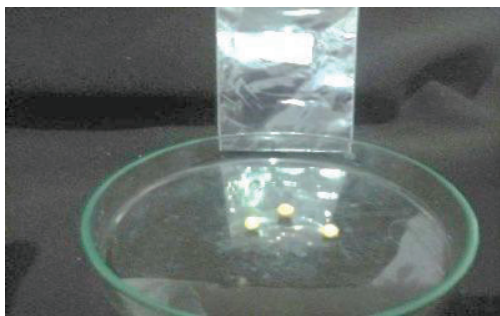
Contoh penulisan Tabel:

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

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

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

Contoh pencantuman gambar:



Gambar 4. Preparasi perlakuan pada cawan petri.

Kesimpulan

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

Ucapan Terima Kasih

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

Daftar Pustaka

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

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

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

Contoh penulisan pustaka berupa buku:

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

Contoh penulisan pustaka berupa artikel jurnal:

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

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

DAFTAR ISI

Dani · D.N. Rokhmah A review of the role of pollination on the yield of cocoa plant	249-255
Maxiselly, Y. · M. Ariyanti · M.A. Soleh · N. Fikri Application of legume cover crop and various vermicompost dosages on young cinchona in the marginal area	253-260
Marpaung, A.E. · B. Karo · S. Barus · R.C. Hutabarat · R. Tarigan Application of organic fertilizer and phosphate solubilizing bacteria to increase the growth and yield of potatoes in Andisol	261-269
Amiros, N. · R.A. Suwignyo · M. Hasmeda · F. Adriansyah · E.S. Halimi · E. Sodikin Development of adaptive rice variety to non-tidal swamp: Growth evaluation of backcrossed progenies (BC ₁ F ₁) and its parents, Inpago 5 and Inpara 8	270-278
Widyastuti, R.A.D. · S.D. Utomo · D.H. Pangaribuan · P. Sanjaya · H.A.Warganegara · W. Agustin The growth of 'Crystal' guava seedling in response to pinching and dormancy breaking chemicals	279-285
Riyanto, A. · D. Susanti · T.A.D. Haryanto Respons komponen hasil dan hasil varietas padi berprotein tinggi terhadap pemberian dosis pupuk nitrogen	286-292
Harahap, R. · D. Herdiyanto · M.R. Setiawati · I.R. Azizah · T. Simarmata Potential use of PGPR based biofertilizer for improving the nutrient availability in soil and agronomic efficiency of upland rice	293-304
Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari Teknik fermentasi campuran bahan organik sebagai sumber nutrisi organik pada sayuran sawi yang ditanam dengan hidroponik	305-317
Laila, A. · N.I. Muztahidin · D. Radinal · A.A. Fatmawaty · N. Hermita Aplikasi kalium klorida pada dosis yang berbeda secara fertigasi tetes untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah	318-326
Ariyanti, M. · E.B. Keliat · C. Suherman · S. Rosniawaty · M.A. Soleh Respons pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat	327-337
Andini, G.W. · R. Firgiyanto Respon pertumbuhan tanaman krisan pot terhadap hormon giberelin dan waktu pemangkasan yang berbeda	338-344
Aprilia, N.A. · D. Kurniadie · U. Umiyati Resistensi gulma <i>Echinochloa crus-galli</i> terhadap herbisida berbahan aktif Metamifop di areal persawahan Sulawesi Selatan	345-351
Widyasunu, P. · R. Widarawati Korelasi hasil padi sawah dengan sulfur tersedia dan sifat kimia tanah sawah	352-359
Anjarsari, I.R.D · E. Suminar · Murgayanti Studi pendahuluan regenerasi eksplan teh sebagai upaya percepatan penyediaan bibit unggul secara <i>in vitro</i>	360-368

Dani · D.N. Rokhmah

A review of the role of pollination on the yield of cocoa plant

Abstract. Yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) plant, in form of cocoa seeds, is produced through the process of sexual reproduction. Pollination plays an important role in the successful formation of cocoa fruit and seeds. In addition, number of ovules per ovary, degree of self-incompatibility, and xenia effect are also affected the final yield. Those characters are determined by genetic factors. Cocoa flowers that are not pollinated fall within 24 hours and fail to develop into fruits and seeds. Pollination intensity up to a certain level showed a significant effect on increasing the percentage of fruit formation and the number of seeds per fruit. The role of pollinating insects, especially from the Ceratopogonidae family, is very important in dispersing pollen grains, allowing the natural pollination process to be occurred.

Keywords: Fertilization · Pollinator · Xenia · Meta-xenia

Review peran penyerbukan pada hasil tanaman kakao

Sari. Hasil tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah berupa biji yang dihasilkan melalui proses reproduksi seksual. Polinasi memegang peranan penting dalam keberhasilan pembentukan buah dan biji tanaman kakao. Selain itu, hasil akhir tanaman kakao juga dipengaruhi oleh karakter jumlah ovul per ovarium, tingkat inkompatibilitas sendiri, dan efek xenia. Karakter-karakter tersebut dikendalikan secara genetik. Bunga kakao yang tidak diserbuki akan gugur dalam waktu 24 jam dan gagal berkembang menjadi buah dan biji. Intensitas polinasi hingga level tertentu menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan persentase pembentukan buah dan jumlah biji per buah. Peran serangga penyerbuk, terutama dari famili Ceratopogonidae, sangat penting dalam menyebarkan polen sehingga proses polinasi secara alami dapat terjadi.

Kata kunci: Pembuahan · Polinator · Xenia · Meta-xenia

Manuscript received : 23 August 2022, Revision accepted : 14 November 2022, Published : 21 December 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.41513>

Dani · D.N. Rokhmah

Research Center for Horticultural and Estate Crops, Research Organization for Agriculture and Food, National Research and Innovation Agency, Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Bogor 16915, West Java, Indonesia

Correspondence: dewi.nur.rokhamah@gmail.com

Introduction

The main products of cocoa plants, as well as coffee and oil palm, are generative organs, namely fruits (pods) and seeds (beans). Cocoa productivity is described as dry bean weight (usually in tons) produced per acreage unit of land. Fruit production and fruit value/fruit index (pod value/pod index) are the two main parameters of cocoa yields. The pod value is determined by the number of beans per pods and dry beans weight (Tan, 1990) and it used to estimate the number of pods required to obtain 1 kg of dry cocoa beans (Elisabeth, 2009; García-Alamilla *et al.*, 2012).

From the description above, it can be concluded that in order to increase the productivity of cocoa plants, three main components must be improved, namely the number of ripe pods, the number of beans per pod, and the weight of the beans (Lopes *et al.*, 2011). According to Adewale *et al.* (2014), increasing the number of beans per pod and weight of beans has indeed become one of the main objectives of the current cocoa plant breeding program. Genetically, the two traits are known to be independently behave (Cilas *et al.*, 2010). However, genetic approach only involves potential improvement of those two traits, their actual performance in the field is often influenced by other genetic traits as well as environmental factors. For example, even though a genotype has a high potential for the number of seeds per fruit, if pollination does not occur during flowering, this potential will not be realized. This paper aimed to review genetic and non-genetic factors determining the successful pollination of cocoa plant.

Floral Biology of Cocoa Plant

History of the development of cocoa beans and pods begins with the appearance of flower buds on the bark or branches of cocoa plants. Flower buds grow and mature, marked by the start of rupture of the flower crown which continues overnight. In early hours of the next day cacao flowers were in full bloom and the anthers consisting of four stamens began to burst (Berbiye, 2014). Flowering in cocoa plants is influenced by external factors such as rainfall, temperature, and light. Among these three

factors, rainfall is the most critical factor in cacao flowering phenology because it is responsible for variations in the number of mature buds and blooms by 78% and 75%, respectively (Adjaloo *et al.*, 2012).

Cocoa flowers are bisexual, because it has both anther and pistil, aside the floral ornaments. Cocoa plants can produce up to thousands of flowers in one flowering period, but only a small percentage (1-5%) are successfully fertilized and develop into fruit sets. Flowers that are not fertilized will fall within 24 hours (Berbiye, 2014). Although it has been reported that the phenomenon of parthenocarpy in cocoa plant, developing pod is seedless, hence, it does not affect the yield (Menteiro *et al.*, 2009). In addition, there is no evidence that ovule in the ovary of cocoa plant can be developed apomictic seeds (Glendining, 1972). This fact indicates that pollination is an absolutely necessary factor in the process of fruit and seed formation in cocoa plants.

Genetic Effect of Pollen

Number of ovules per ovary in cocoa plants is highly variable as it is controlled by many genes (polygenic) (Bahia *et al.*, 2013). In Trinitario and upper Amazon Forastero groups the number is ranging between 30-40 and 50-65, respectively (Clement *et al.*, 2003). The Peruvian clone P 18, which belongs to the upper Amazon Forastero group, is even known to have up to 74 ovules per ovary and is thought to have a maximum of 80 ovules per ovary (Bahia *et al.*, 2013). Ovule number per ovary showed high inheritance ($h_b^2 = 0.810$), however, it is not be a good predictor of number of cocoa beans per pod (Cilas *et al.*, 2010). Number of ovules per ovary is a potential character, while its development into seeds is influenced by agroecological factors, including pollination intensity (Bahia *et al.*, 2013).

Based on the type of pollination, there are two groups of cacao plants, namely self-pollinating compatible group (SC) and self-incompatible (SI) group (Wahyudi *et al.*, 2008). In the SI group, although pollination has occurred in self-pollination mechanism, it will not be followed by the fusion of male and female gametes to form a zygote. Self-incompatibility mechanism in cocoa is unique because it occurs after sperm cell nucleus penetrates the embryo

sac, to make late-acting self-incompatibility (LSI) (Ford and Wilkinson, 2012). According to de Nettancourt (2013), genetically, in cocoa plants, LSI is controlled by three different loci (S, A, and B) and in nature there are only three self-incompatible types, namely:

- 1) Individuals who have two S alleles that have different dominance status (eg S_1S_2 , because $S_1 > S_2$), when selfing occurs, 25% of them are not experience gamete fusion.
- 2) Plants that have different and independent S alleles (eg S_2S_3 , because $S_2 = S_3$), when selfing occurs, 50% of female gametes are not fuse with male gametes.
- 3) The group of plants that experienced 100% failure of fusion of male gametes and female gametes at the time of selfing, namely those with identical S alleles (eg S_1S_1).

The SI phenomenon, therefore, is one of the inhibiting factors for achieving optimum bean yields on cocoa plants. Therefore, combinatorial ability among commercial clones should be high to ensure the good yield. Many studies have been carried out extensively to evaluate combinatorial ability among cocoa clones (Susilo *et al.*, 2020; López *et al.*, 2021). Meanwhile, plant breeders also continue to strive to obtain superior cocoa clones that are self-compatible (SC). Royert *et al.* (2011) have succeeded in identifying a molecular marker that is known to be strongly associated with SC traits, namely mTcCIR222, that it can be used in marker-assisted selection (MAS) programs.

Another effect of male parental pollen on female parental tissue is known as xenia or metaxenia. Although the two terms are often used, the boundaries between the two seem confusing. The definition of metaxenia is the influence of parental pollen on the seed or fruit tissue of plants outside the embryo and endosperm associated with hormones produced by the embryo and endosperm after double fertilization (double fertilization). Denney and Martin (1990) defined that xenia is applied to the phenomenon exhibited by the fusion of the gametes in the ovule, namely the embryo and the endosperm, while metaxenia refers to the influence on other tissues of the plant outside of the two. According to Denney (1992) this limitation is only hypothetical and not supported by the availability of adequate data.

On the other hand, Olfati *et al.* (2010) made different definitions for both terms. Xenia is defined as the influence of genes from male

parents on fruit and seed development, while metaxenia is the influence of pollen on fruit shape and other fruit characteristics. Piotto *et al.* (2013) also refers to another limitation, namely that metaxenia is a more specific part or case of xenia. Thus, the term xenia can be used in general terms, including the phenomenon of metaxenia. Apart from the polemic regarding the boundaries between the terms; xenia and metaxenia above, this phenomenon can be used to identify male elders as the best source of pollen that can increase the quantity and quality of yields on various types of plants.

Indications of the effect of xenia on cocoa plants of fine type (white seed color) and bulk (purple seed color) were shown by the character of seed color, fruit weight, length, fruit circumference, and seed weight (Anita-Sari and Susilo, 2011). The color of fine cacao beans changes from purplish white to dark purple when pollinated by bulk cacao (Figure 1). However, no indication of xenia effect on most of the important taste attributes, namely cocoa aroma, acidity, fruity aroma, and floral aroma (Sukha, 2008).

Xenia/metaxenia effect is also known in other plant species, such as in vanilla (*Vanilla planifolia*) to affect fruit pod size (Sasikumar, 2010). It also found to increase pilosity and reduce seed weight in two tomato cultivars cultivated with *Solanum lycopersicum* (Piotto *et al.*, 2013), increasing the nutrient and starch content of corn kernels (Sulewska *et al.*, 2014), reducing the percentage of empty seeds in hazelnuts (Fattahi *et al.*, 2014), increasing the quantity and quality of yield in grapes, (Sabir, 2015). The metaxenia effect has a potential to be used in regulating fruit ripening time, such as in date palms (*Phoenix dactylifera* L.) (Al-Khalifah, 2006), as well as potential could be used as a marker to check the combination of crosses (Tsuda *et al.*, 2011).



Figure 1. Example of xenia indication in noble type cocoa (DRC 16 clone). Beans were harvested from populations far from lindak-type cocoa (left) and from populations close to lindak-type cocoa (right).

Liu (2008) reviews various theories regarding the mechanism of xenia/metaxenia in plants. The first theory is the secretion of hormones, or other analogous dissolved substances, from the male parent tissue that diffuses into the female parent tissue. The role of transposons in the xenia phenomenon is the second theory. The third theory relates to endogenous mRNA which is believed to be able to move along the intercellular pathway to determine gene expression in distant tissues.

Abbas *et al.* (2012) supported the first theory by concluding that the effect of pollen on date fruit development could be related to the level of endogenous gibberellin content. In maize, although the effect of xenia on the chemical composition of seeds has been proven and explained, its effect on grain production and grain count is not clearly known (Bosinovic *et al.*, 2012). A microRNA (miRNA) could regulate the kernel size of almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb). Distinct pollen donor could generate different hormonal signaling and metabolic pathways related to miRNAs (Jafari *et al.*, 2021).

Role of Pollinating Insects

Falque *et al.* (1996) translated the intensity of pollination (IP) as the number of pollen grains attached to the stigma after pollination process. Groeneveld *et al.* (2010) defined it as the percentage of flowers pollinated. Based on these two definitions, it can be seen that there are two variables that determine the success of pollination, namely the number of pollen grains and the percentage of flowers pollinated. These two variables determine the number of fruits and the number of seeds per fruit produced in each individual plant.

The experimental results of Falque *et al.* (1996) also showed an indication of a strong positive relationship between IP and the number of beans per pod. It takes 238 pollen grains to have the number of beans per pod close to the maximum. Ratio of pollen count to number of ovules per ovary is 3.8 (it takes on average 4 pollen grains to fertilize one ovule). However, these results were obtained based on the artificial pollination technique (hand pollination), thus they cannot describe natural pollination.

Cocoa flowers have a structure that makes it difficult for natural pollination to occur

because the fertile stamens are blocked by sterile stamen structures (staminodia). In addition, the cacao flower does not emit a nectar aroma and the pollen grains are sticky. Natural pollination is only possible by insects that creep into the flower structure (Nair, 2010). Based on these facts, the cacao flower, as with its relatives in the *Theobroma* genus, can be classified into the entomophilous type (Santos *et al.*, 2012). It means that successful cocoa pollination as well as final harvested yield is only depended on insects. Insects belonging to the family of Ceratopogonidae (Diptera) are considered the most effective as pollinators, therefore they have a role in determining the productivity of cocoa plants (Adjaloo and Oduro, 2013). Despite their very small size (0.5–2 mm), these insects are known to be able to spread pollen within a radius of > 3 km (de Schawe *et al.*, 2013).

One species that resembles a mosquito, *Forcipomyia* spp., is known to play a role in spreading cocoa plant pollen, both over short and long distances (Silva *et al.*, 2011). The appearance of one species, namely *F. hardyi* as shown in Figure 2. The sticky pollen grains of the cocoa plant can stick to the side of the insect's thorax (O'Doherty and Zoll, 2012). Only the female insect has a role as cacao pollinator (Saripah, 2013). An average of 60 pollen grains per mm³ were successfully pollinated by these insects on the stigma of cacao flower (Adjaloo and Oduro, 2013).

The intensity of natural pollination in cocoa plants is determined by the abundance of pollinating insect populations (Adjaloo *et al.*, 2013). The insect population is generally abundant in the rainy season and reduced in the dry season (Frimpong-Anin *et al.*, 2014). In addition, their visitation are more active in the morning compared to in the afternoon (Nugroho *et al.*, 2019). However, no positive correlation between *Forcipomyia* spp. population and microclimate condition (relative humidity, light intensity, and temperature) (Zakariyya *et al.*, 2016). The abundance of pollinating insects was also positively correlated with the proportion of intercropping with banana plants. Thus, the intercropping pattern of cocoa and banana is recommended to increase fruit set (Frimpong *et al.*, 2011). The rotting banana pseudo stem can provide a substrate and become a good habitat for ceratopogonid insects to breed (Adjaloo, 2012).

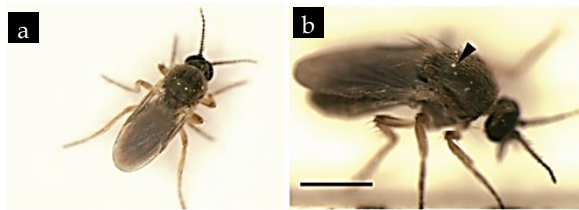


Figure 2. Appearance of the *Forcipomyia hardyi*: back view (a) and side view with attached pollen grains (arrows). The scale line on the image is 1 mm (O'Doherty and Zoll, 2012).

Conclusion

Cocoa yields are determined by the ability to produce a large number of fruits and seeds and high bean weight. Pollination is a step that must be passed for required for the formation of fruit and seeds. The success of pollination and fertilization in cocoa plants is influenced by genetic and non-genetic factors, especially the type and abundance of pollinating insects. Therefore, to optimize the yield of cocoa plants, it is necessary to select high yielding varieties with high yielding potential and suitable environmental conditions for the growth and development of pollinating insects.

References

- Abbas, M.F., H.A. Abdulwahid, and K.I. Abbas. 2012. Effect of pollen parent on certain aspects of fruit development of Hillawi date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in relation to levels of endogenous gibberellins. *AAB Bioflux*, 4(2): 42–47.
- Adewale, D.B., O.O. Adeigbe, O.I. Sobowale, and O.S. Dada. 2014. Breeding value of cocoa (*Theobroma cacao* L.) for pod and bean traits: A consequential advance in Nigerian cocoa breeding program. *Not. Sci. Biol.*, 6(2): 214–219.
- Adjaloo, M.K. 2012. Pollination ecology of upper amazon cocoa and breeding substrates of cocoa pollinators in the ejisujuabeng district of the ashanti region, Ghana. A doctoral thesis submitted to the Department of Wildlife and Range Management Kwame Nkrumah University of Science and Technology. <http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/6892/1/MICHAEL%20KODWO%20ADJALOO.pdf>.
- Adjaloo, M.K., W. Oduro, and B.K. Banful. 2012. Floral phenology of upper amazon cocoa trees: Implications for reproduction and productivity of cocoa. *ISRN Agronomy Volume 2012* (2012), Article ID 461674, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.5402/2012/461674>.
- Adjaloo, M.K. and W. Oduro. 2013. Insect assemblage and the pollination system of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Applied Biosciences*, 62: 4582–4594.
- Adjaloo, M.K., B.K.B. Banful, and W. Oduro. 2013. Evaluation of breeding substrates for cocoa pollinator, *Forcipomyia* spp. and subsequent implications for yield in a tropical cocoa production system. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 203–210.
- Al-Khalifah, N.S. 2006. Metaxenia: Influence of pollen on the maternal tissue of fruits of two cultivars of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Bangladesh J. Bot.*, 35(2): 151–161.
- Anita-Sari, I. and A.W. Susilo. 2011. Indikasi pengaruh xenia pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan* 27(3): 181–190.
- Bahia, R.C., R.X. Corrêa, R.C Santos., R.C.R. Machado, E.D.N. Luz, I.S. Araújo, and D. Ahnert. 2013. Inheritance of the number of ovules per ovary and selection of cacao genotypes. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 1387–1392.
- Berbiye, I.Y. 2014. Raw cocoa (*Theobroma cacao* L.) quality parameters – with special reference to West Africa. PhD thesis, University of Hamburg, Hamburg, 144p.
- Bozinovic, S., J. Vancetovic, S. Prodanovic, Z. Camdzija, M. Stevanovic, N. Grčić, and M. Crevar. 2012. Different xenia effect on sterile and fertile versions of hybrid in maize. In *Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012"*. http://www.agrosym.rs.ba/agrosym/agrosym_2012/dokumenti/2_biljna_proizvodnja/38_PP_Bozinovic_Sofija.pdf. Downloaded at 10 September 2015.
- Cilas, C., R. Machado, and J.C. Motamayor. 2010. Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. *Tree Genetics & Genomes*, 6(2): 219–226.

- Clement, D., A.M. Risterucci, J.C. Motamayor, J. N'Goran, and C. Lanaud. 2003. Mapping quantitative trait loci for bean traits and ovule number in *Theobroma cacao* L. *Genome*, 46: 103–111.
- Denney, J.O. and G.C. Matin. 1990. Xenia and metaxenia: Definitions and other boundaries. *Hort Sci.*, 25(9): 1169.
- Denney, J.O. 1992. Xenia includes metaxenia. *Hort Sci.*, 27(7): 722–728.
- Elisabeth, D.A.A. 2009. Keragaan mutu biji kakao kering dan produk setengah jadi coklat pada berbagai tingkatan fermentasi. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 9(1): 36–46.
- Falque, M., C. Lesdalous, and A.B. Eskes. 1996. Comparison of two cacao (*Theobroma cacao* L.) clones for the effect of pollination intensity on fruit set and seed content. *Sexual Plant Reproduction*, 9(4): 221–227.
- Fattahi, R., M. Mohammadzede, and A. Khadivi-Khub. 2014. Influence of different pollen sources on nut and kernel characteristics of hazelnut. *Scientia Horticulturae*, 173: 15–19.
- Ford, C.S. and M.J. Wilkinson. 2012. Confocal observations of late-acting self-incompatibility in *Theobroma cacao* L. *Sex Plant Reprod.* ©Springer-Verlag 2012. DOI 10.1007/s00497-012-0188-1.
- Frimpong, E.A., B. Gemmill-Herren, I. Gordon, and P.K. Kwabong. 2011. Dynamics of insect pollinators as influenced by cocoa production systems in Ghana. *Journal of Pollination Ecology*, 5(10): 74–80.
- Frimpong-Anin, K., M.K. Adjaloo, P.K. Kwabong, and W. Oduro. 2014. Structure and stability of cocoa flowers and their response to pollination. *Journal of Botany*, 2014, Article ID 513623, 6 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/513623>.
- García-Alamilla, P., V.W. González-Lauck, E. De La Cruz-Lázaro, L.M. Lagunes-Gálvez, R. García-Alamilla. 2012. Description and physical properties of Mexican criollo cacao during post-harvest process. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 13(1): 58–65.
- Glendinning, D.R. 1972. Natural pollination of cocoa. *New Phytol.*, 71: 719–729.
- Groeneveld, J.H., T. Tschardtke, G. Moser, and Y. Clough. 2010. Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 12: 183–191.
- Jafari, M., B. Shiran, G. Rabiei, R. Ravash, B.E.S. Tabatabaei, P. Martínez-Go´mez. 2021. Identification and verification of seed development related miRNAs in kernel almond by small RNA sequencing and qPCR. *PLOS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0260492
- Liu, Y. 2008. A novel mechanism for xenia? *Hort Science*, 43(3): 706.
- Lopes, U.V., W.R. Monteiro, J.L. Pires, D. Clement, M.M. Yamada, and K.P. Gramacho. 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(spe): 1013–1030.
- López, M.E., O.A. Ramírez, A. Dubón, T.H.C. Ribeiro, F.J. Díaz, A. Chalfun-Junior. 2021. Sexual compatibility in cacao clones drives arrangements in the field leading to high yield. *Scientia Horticulturae*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110276>.
- Monteiro, W.R., U.V. Lopes, and D. Clement. 2009. Genetic improvement in cocoa. In S.M. Jain and P.M. Priyadarshan (Eds.), *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. USA: Springer Science & Business Media, 654p.
- Nair, K.P.P. 2010. *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World*. Elsevier, 368p.
- de Nettancourt, D. 2013. *Incompatibility and incongruity in wild and cultivated plants*. Springer Science & Business Media, 322p.
- Nugroho, A., T. Atmowidi, and S. Kahono. 2019. Diversity of pollinator insects and fruit set of cacao (*Theobroma cacao* L.) [Diversitas serangga penyerbuk dan pembentukan buah tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.)]. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 5(1): 11–17.
- O'Doherty, D.C. and J.J.K. Zoll. 2012. *Forcipomyia hardyi* (Diptera: Ceratopogonidae), a potential pollinator of cacao (*Theobroma cacao*) flowers in Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian entomological society*, 44: 79–81.
- Olfati, J.A., Z. Sheykhtaher, R. Qamgosar, A. Khasmakhi-Sabet, Gh. Peyvast, H. Samizadeh, and B. Rabiee. 2010. Xenia and metaxenia on cucumber fruit and seed characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, 16(3): 243–252.

- Piotto, F.A., K.D. Batagin-Piotto, M. de Almeida, and G.C.X. Oliveira. 2013. Interspecific xenia and metaxenia in seeds and fruits of tomato. *Sci. Agric.*, 70(2): 102–107.
- Royert, S., W. Phillips-Mora, A.M.A. Leal, K. Cariaga, J.S. Brown, D.N. Kuhn, R.J. Schnell, and J.C. Motamayor. 2011. Identification of marker-trait associations for self-compatibility in a segregating mapping population of *Theobroma cacao* L. *Tree Genetics & Genomes*. ©Springer-Verlag 2011. DOI 10.1007/s11295-011-0403-5.
- Sabir, A. 2015. Xenia and metaxenia in grapes: differences in berry and seed characteristics of maternal grape cv. 'Narince' (*Vitis vinifera* L.) as influenced by different pollen sources. *Plant Biology*, 17: 567–573. doi: 10.1111/plb.12266.
- Santos, R.C., J.L. Pires, and R.X. Correa. 2012. Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 59: 327–345.
- Saripah, B. 2013. Population enhancement of cocoa pollinator, *Forcipomyia* spp. *Agronomi*. In: Malaysian International Cocoa Conference (MICC), 7th & 8th October 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Sasikumar, B. 2010. Vanilla breeding – A review. *Agric. Rev.*, 31(2): 139–144.
- de Schawe, C.C., W. Durka, T. Tschardt, I. Hensen, and M. Kessler. 2013. Gene flow and genetic diversity in cultivated and wild cacao (*Theobroma cacao*) in Bolivia. *Amer. J. Bot.*, 100(11): 2271–2279.
- Silewska, H., J. Adamczyk, H. Gyert, J. Rogacki, G. Szymanska, K. Smiatacz, K. Panasiewicz, and K. Tomaszuk. 2014. A comparison of controlled self-pollination and open pollination results based on maize grain quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(2): 492–500.
- Silva, C.R.S., P.S.B. Albuquerque, F.R. Ervedosa, J.W.S. Mota, A. Figueira, and A.M. Sebbenn. 2011. Understanding the genetic diversity, spatial genetic structure and mating system at the hierarchical levels of fruits and individuals of a continuous *Theobroma cacao* population from the Brazilian Amazon. *Heredity*, 106: 973–985.
- Sukha, D.A. 2008. The influence of processing location, growing environment and pollen donor effects on the flavour and quality of selected cacao (*Theobroma cacao*) genotypes. PhD thesis, University of West Indies, St. Augustine, Trinidad, 283p.
- Susilo, A.W., Sobir, D. Wirnas, and A. Wuriandari. 2020. Estimation of genetic components of cocoa populations (*Theobroma cacao* L.) in seedling phase (Pendugaan nilai komponen genetik populasi kakao (*Theobroma cacao* L.) pada fase bibit). *J. Agron. Indonesia*, 48(1):83–88.
- Tan, G.Y. 1990. Combining ability analysis of yield and its components in cacao. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115(3): 509–512.
- Tsuda, M., K. Konagaya, A. Okuzaki, Y. Kaneko, and Y. Tabei. 2011. Occurrence of metaxenia and false hybrids in *Brassica juncea* L. cv. Kikarashina × *B. napus*. *Breeding Science*, 61(4): 358–365. <http://doi.org/10.1270/jsbbs.61.358>.
- Wahyudi, T., T.R. Panggabean, and Pujiyanto (Ed). 2008. *Panduan Lengkap Kakao*. Penebar Swadaya, Jakarta, 364 pp.
- Zakariyya, F., E. Sulistyowati, and D.S. Rahayu. 2016. Abundance of pollinator insect (*Forcipomyia* spp.) of cocoa under some shade trees. *Pelita Perkebunan*, 32(2): 91–100.

Maxiselly, Y. · M. Ariyanti · M.A. Soleh · N. Fikri

Application of legume cover crop and various vermicompost dosages on young cinchona in the marginal area

Abstract. Cinchona (*Cinchona ledgeriana* Moens) is one of the important medicinal plants that have the potential to cultivate as herbal medicine. This plant grows well in highland areas. Developing cinchona plants in the marginal area needs effort and modification techniques such as planting legume cover crop (LCC) to maintain the humidity and supply nutrition by fertilizing. Vermicompost is one of the organic fertilizers with rich nutrition to support plant growth. This research aimed to observe the effect of a combination of *Mucuna bracteata* as LCC and vermicompost dosage on young cinchona growth in a marginal area. This research was carried out from September 2019 to March 2020 at the Ciparanje Experimental Station, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. The experimental research was conducted using a Randomized Block Design (RBD) method, which consisted of 12 treatments which were a combination of legume cover crop (*Mucuna bracteata*) and vermicompost dosages (0 g, 200 g, 400 g, 600 g, 800 g, and 1000 g per plant), with four replications. The result showed that the doses of vermicompost fertilizer of 400 g per plant combined with *M. bracteata* as cover crop gave the highest value on the leaf number and stem diameter. In contrast, the best treatment for leaf chlorophyll content was 200 g per plant vermicompost without LCC planting. Thus, the application of vermicompost combined with the planting of *Mucuna bracteata* cover crop on young cinchona plants is strongly recommended.

Keywords: *Cinchona ledgeriana* · *Mucuna bracteata* · Organic fertilizer · Plant growth

Penggunaan kacang-kacangan penutup tanah dan berbagai dosis pupuk kascing terhadap tanaman kina di lahan marjinal

Sari Tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) merupakan tanaman obat-obatan penting yang sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai obat bahan alam. Tanaman ini dapat tumbuh baik di dataran tinggi. Penanaman kina di wilayah marjinal memerlukan berbagai modifikasi seperti pemberian tanaman penutup tanah (LCC) untuk mempertahankan kelembaban tanah dan pemenuhan nutrisi melalui pemupukan. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh kombinasi dari penggunaan *Mucuna bracteata* sebagai LCC dan dosis pupuk kascing pada pertumbuhan tanaman kina belum menghasilkan di wilayah marjinal. Penelitian ini dilakukan sejak September 2019 hingga Maret 2020 di kebun percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 12 perlakuan yang terdiri dari kombinasi tanaman penutup tanah (LCC) yaitu *Mucuna bracteata* dan pupuk kascing (0 g, 200 g, 400 g, 600 g, 800 g and 1000 g) per tanaman yang diulang empat kali. Hasil penelitian menunjukkan dosis pupuk kascing 400 g/tanaman yang dikombinasikan dengan *Mucuna bracteata* menghasilkan jumlah daun dan diameter batang tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sedangkan 200 g pupuk kascing tanpa LCC merupakan perlakuan dengan nilai klorofil daun tertinggi. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan pupuk kascing yang dikombinasikan dengan *Mucuna bracteata* sebagai LCC dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kina belum menghasilkan.

Kata kunci: *Cinchona ledgeriana* · *Mucuna bracteata* · Pupuk organik · Pertumbuhan tanaman.

Manuscript received : 31 August 2022, Revision accepted : 8 December 2022, Published : 21 December 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.41634>

Maxiselly, Y.¹ · M. Ariyanti¹ · M.A. Soleh¹ · N. Fikri²

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

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

Correspondence: yudithia.maxiselly@unpad.ac.id

Introduction

Cinchona is one of Rubiaceae and also known as Peruvian bark has 23 species that are widely spread over the world. This commodity is planted in Asia countries such as India, Indonesia, Vietnam, and Sri Lanka, some African countries, and South America like Bolivia, Venezuela, and Colombia (Jeger, 2011; Gurung and De, 2017). Cinchona plant has many functions as a medicine for diseases like malaria, gastric inflammation, intermittent neuralgia, and preventing cardiovascular disease (Gachelin *et al.*, 2017). Based on Santoso *et al.* (2016), it contains more than 20 alkaloids with four alkaloids as the main composition, namely cinchona, quinidine, cinchonine, and cinchonidine. *Cinchona ledgeriana* is one cinchona plant species with high alkaloids, especially for cinchona compounds. Another function of cinchona as a part of beverages ingredient and the textile industry because of its bitter sensation and solid fluorescence (Kacprzak, 2013). It also has the potential as both cosmetic and food ingredient (Ratnadewi *et al.*, 2016).

The problem to develop cinchona in tropical countries, including Indonesia, is the less suitable habitat because this plant is originated from a high altitude and cold temperature growing areas in Andes Mountain, the South America (Central of Tea and Cinchona Research Gambung, 1995). Cinchona plants will grow well on andosol soil with rich nutrition, low bulk density, and high water holding capacity (Marbun *et al.*, 2018). Meanwhile, the majority of the area in Indonesia is low-medium land with inceptisol soil type. This soil has a high clay content, low porosity, and lack of C-organic (Puslittanak, 2000). Due to those limitations, only certain locations in Indonesia is suitable for cinchona cultivation, such as in the mountainous highland of West Sumatra and West Java, which have many mountains (Mayerni *et al.*, 2015).

Encouraging the young cinchona plant (YCP) growth in the marginal area needs modification of cultivating technique, including manipulating the microenvironment. Conducting the fertilizer combination between organic fertilizer and NPK incline the stem diameter on YCP, which plants at low altitude (Maxiselly *et al.*, 2017). A plant Growth Regulator (PGR) that

contains gibberellin and cytokines is one stimulation for growing YCP (Maxiselly *et al.*, 2021). YCP also was influenced by coconut water treatments because of the composition of this material, which has nutrition and natural plant hormone (Ariyanti *et al.*, 2020).

Another technique for improving soil fertility and humidity in the marginal area is applying legume cover crop (LCC) that enhances sustainability. *Mucuna bracteata* is one of the LCCs that decreases the weed and elevates N in the soil by fixation activity (Herath *et al.*, 2017). This legume has been applied in some plantations, such as oil palm and natural rubber (Herath *et al.*, 2017; Wawan *et al.*, 2019). At the same time, vermicompost is an organic fertilizer that also supports soil sustainability because it has a significant role in maintaining the physic, chemical, and soil biology [16]. Furthermore, this fertilizer contains a lot of nutrition (N, P, C-organic), including some micronutrients (Fe, Zn, Cu) (Kartini, 2005; Shrimal *et al.*, 2017). According to the explanation, this research aims to observe the effect of a combination between *mucuna bracteata* as LCC and vermicompost dosage on young cinchona growth in a marginal area that potentially increases plant growth related to plant production.

Method

Location, material, and tools. The research was conducted from September 2019 to March 2020 at Experimental Field, Ciparanje, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, with an altitude of around 750 meters above sea level with Inceptisol as soil type (the marginal location for the habitat of cinchona plant) and rainfall type C based on Smith and Fergusson. The young cinchona plant (*Cinchona ledgeriana* Moens. that grafted with *Cinchona succirubra* as rootstock) aged 18 months old, with a plant distance of 1 m x 1 m among plants, 250 g of *mucuna bracteata* seeds, soil, and sand as the planting media of LCC, NPK and KCl as a base-fertilizer, vermicompost fertilizer (200 g, 400 g, 600 g, 800 g, dan 1000 g). The composition of vermicompost is shown in Table 1. The equipment used in this experiment were digital calipers, meters, an analytic scale, and a chlorophyll meter SPAD.

Table 1. Composition of vermicompost

No.	Parameter	Unit	Result	SNI	
				19-7030-2004 Min	Max
1	Water content	%	48.63	-	50.00
2	pH	%	8.21	6.80	7.49
3	Ash	%	40.98	-	-
4	N-total	%	1.26	0.40	-
5	C-Organic	%	25.95	-	-
6	C/N ratio	%	21.00	10.00	20.00
7	P-total	%	5.53	0.10	-
8	K-total	%	0.73	9.80	32.00
9	Ca-total	%	0.587	-	-
10	Mg-total	%	0.011	-	0.60
11	S-total	%	1.00	-	-
12	Fe	%	0.02562	-	2.00
13	Cu	ppm	45.90	-	100.00
14	Zn	ppm	128.80	-	500.00
15	B-total	ppm	334.40	-	-
16	Heavy Metal (Pb)	ppm	53.60	-	150.00

Source: Agro Cikole Chemical Laboratory, Lembang (2010).

Experimental Design. The Randomized Block Design (RBD) experiment consisted of 12 treatments with four replications. One young cinchona plant was used as a sample for each treatment per repetition. The combination of treatments showed below:

- A: no vermicompost + no *M. bracteata* (control)
- B: no vermicompost + *M. Bracteata*
- C: 200 g vermicompost plant⁻¹ + no *M. bracteata*
- D: 400 g vermicompost plant⁻¹ + no *M. bracteata*
- E: 600 g vermicompost plant⁻¹ + no *M. bracteata*
- F: 800 g vermicompost plant⁻¹ + no *M. bracteata*
- G: 1000 g vermicompost plant⁻¹ + no *M. bracteata*
- H: 200 g vermicompost plant⁻¹ + *M. bracteata*
- I: 400 g vermicompost plant⁻¹ + *M. bracteata*
- J: 600 g vermicompost plant⁻¹ + *M. bracteata*
- K: 800 g vermicompost plant⁻¹ + *M. bracteata*
- L: 1000 g vermicompost plant⁻¹ + *M. bracteata*

All data were analyzed by variance (ANOVA) F-test analysis followed by Duncan Multiple Range Test (DMRT) 5% for significant data. The results of the data analyses are presented in the tables.

Treatment Application. Preparing the field by fertilizing NPK (5 g/plant) and KCL (3 g/plants) in the sample of cinchona plant two weeks before treatments application, with the standard dose for young cinchona plant (Wibowo, 1995). The next step was putting the

vermicompost in the cinchona plant two weeks before planting *Mucuna bracteata* as LCC. It was continued by mixing the soil and sand as the planting media for *Mucuna bracteata* between 2 plant rows around 50 cm among the plants with 20 cm x 25 cm as the planting distance between LCC. The growth variable was observed, such as stem characters (addition of stem diameter and addition of main stem height) and leaf characters (leaf numbers and chlorophyll contents observed by chlorophyll meter SPAD). Both characters were counted on 3 Months After Treatment (MAT) and 6 MAT. The field is also maintained with weeding, cleaning frequently, and watering during the dry period.

Results and Discussion

The results are divided into two tables based on the traits. Table 2 reveals the stem characters, and table 3 reports the leaf traits. Table 2 shows two stem variables: adding stem diameter and adding main stem height on 3 MAT and 6 MAT. The application of vermicompost and *M. bracteata* as LCC did not show a significant effect for elevating the addition of stem diameter on 3 MAT but had a positive influence at 6 MAT. The best treatment to uplift the stem diameter on 6 MAT was 400 g vermicompost combined with *Mucuna bracteata*. On the other hand, all treatments did not influence increasing main stem height on young cinchona.

In contrast to stem characters, vermicompost and *Mucuna bracteata* significantly affected leaf growth on 3 MAT and 6 MAT. The leaf number in Table 3 showed improving the number by application of vermicompost and LCC on 3 MAT and 6 MAT. The highest leaf number on 3 MAT was 1000g vermicompost without LCC, even though only slightly different from 400 g vermicompost + LCC. Meanwhile, 400g vermicompost + LCC also had the highest leaf number on 6 MAT. For chlorophyll contents, both treatments were the lowest values, while the highest chlorophyll contents were 200 g vermicompost without LCC and 1000 g vermicompost with *mucuna bracteata*. The increasing leaf number and chlorophyll contents were affected by improving soil nitrogen value through fertilizer and LCC application. Ahmad *et al.* (2022) reported that improving plant yield by N utilization will reduce leaf senescence. The treatments with high leaf numbers but the lowest

chlorophyll contents caused by the leaf phase are still immature, assuming the chlorophyll contents are not improving yet.

Table 2. Vermicompost and LCC (*Mucuna bracteata*) effect on the increase of stem diameter and stem height of young cinchona at 3 MAT and 6 MAT.

Treatments	The increase of stem diameter (cm)		The increase of main stem height (cm)	
	3 MAT	6 MAT	3 MAT	6 MAT
A	1.88a	3.77ab	1.25a	2.00a
B	1.90a	3.97ab	1.13a	2.00a
C	1.76a	3.74ab	1.25a	1.88a
D	1.68a	3.66a	1.00a	1.88a
E	1.77a	3.88ab	1.00a	2.00a
F	1.80a	3.92ab	1.25a	1.88a
G	2.36a	4.21ab	1.00a	1.75a
H	2.16a	4.17ab	1.13a	2.00a
I	2.27a	4.36b	1.00a	1.88a
J	1.94a	3.95ab	1.00a	1.88a
K	1.72a	3.68a	1.00a	2.00a
L	1.92a	4.06ab	1.13a	1.88a
CV (%)	20.90	9.99	17.54	10.32

Note: Mean followed by a different alphabet in the same column is significantly different based on the DMRT test at " 5%

Table 3. Vermicompost and LCC (*Mucuna bracteata*) effect on leaf number and leaf chlorophyll content in young cinchona at 3 MAT and 6 MAT.

Treatments	Leaf Number		Chlorophyll content (unit)	
	3 MAT	6 MAT	3 MAT	6 MAT
A	11.50ab	24.25bc	44.10cd	48.40cd
B	10.50a	23.00a	37.95a	43.23ab
C	12.50bc	23.50ab	47.05d	52.78e
D	13.25cd	25.00cde	43.83cd	47.93cd
E	13.25cd	24.75cd	41.48bc	47.93cd
F	13.75cd	25.25cdef	46.18d	50.28de
G	19.25h	26.00defg	37.65a	41.43a
H	16.00ef	26.25efg	39.65ab	44.03ab
I	18.25gh	27.00g	37.28a	42.30a
J	14.75de	25.50cdef	40.58ab	45.58bc
K	17.25fg	26.50fg	44.95d	50.73de
L	12.75bc	25.00cde	46.08d	52.48e
CV (%)	6.70	3.18	4.92	3.97

Note: Mean followed by a different alphabet in the same column is significantly different based on the DMRT test at " 5%

A combination of vermicompost and mucuna bracteata affected YCP growth. The composition of vermicompost is one reason for this possibility. Based on Table 1, this fertilizer contains various nutrients such as N, P, and C-organic that are needed for plant development. N-total and P-total are much larger than the minimum standard for developing the vegetative phase, especially the leaf character like leaf number and chlorophyll content.

According to Olle (2019), the application of vermicompost on the plant can incline crop production in potato, eggplant, and green pea. Based on some reports, 200 g vermicompost application per plant increased the plant dry weight of young natural rubber (Nugroho and Karyudi, 2006), while 400 – 1200 g vermicompost dose per plant improved all the plant growth on young tea plants including leaf length, width and total leaf yield. (Chaudhuri and Jamatia, 2021). Moreover, vermicompost can improve porosity and aeration in the soil, including for soil with high clay content like Inceptisol (CERİTOĞLU *et al.*, 2018). Arancon and Edwards (2005) supported that the soil composition after applying vermicompost has higher biochemical and physical properties.

Meanwhile, applying *Mucuna bracteata* positively affects plant growth, such as on coconut and oil palm plantations. *Mucuna bracteata* treatment elevated nitrogen content on coconut plantations (Herath *et al.*, 2017). Furthermore, the *Mucuna bracteata* cover crop was depressing the soil erosion and the washing of fertilizer rate on oil palm plantations (Saragi *et al.*, 2020).

Conclusion

The vermicompost application at a dose of 400 g plant⁻¹ combined with the planting of *M. bracteata* cover crops gave the highest value on leaf number and the increase of stem diameter, while the best treatment for leaf chlorophyll content was 200 g plant⁻¹ vermicompost without LCC. Thus, the application of vermicompost and *Mucuna bracteata* on young cinchona plants was strongly recommended.

References

- Agro Cikole Chemical Laboratory. 2010. Hasil Pemeriksaan Uji Laboratorium dari Pupuk Kascing "Vermi Composting" No. 77/PK-O/DN/IV/07, Lembang.
- Ahmad, S., G.Y Wang, I. Muhammad, Y. X. Chi, M. Zeeshan, J. Nasar, and X. B. Zhou. 2022. Interactive effects of melatonin and nitrogen improve drought tolerance of maize seedlings by regulating growth and physiochemical attributes. *Antioxidants* (11): 359.
- Arancon, N.Q. and C.A. Edwards. 2005. Effects of vermicomposts on plant growth, In: The

- International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries (ISWVT 2005), Los Banos, Philippines November: 16-18.
- Ariyanti, M., Y. Maxiselly, and M.A. Soleh. 2020. Pengaruh Aplikasi air kelapa sebagai zat pengatur tumbuh alami terhadap pertumbuhan kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) setelah pembentukan batang di daerah Marjinal. *J. Agrosintesa*, 3(1): 12-23.
- Chaudhuri, P. and S.K.S. Jamatia. 2021. Impact of rubber leaf vermicompost on tea (*Camellia sinensis*) yield and earthworm population in West Tripura (India). *Agricultural Science Digest*. DOI: 10.18805/ag.D-5234.
- Central of Tea and Cinchona Research Gambung. 1995. Instructions for Technical Culture of Cinchona plants. Central of Tea and Cinchona Research. Bandung District.
- Ceritoğlu M., S. Şahin and M. Erman. 2018. Effects of vermicompost on plant growth and soil structure, *Selcuk J Agr Food Sci*, 32 (3): 607-615.
- Gachelin, G., P. Garner, E. Ferroni, U. Trohler, and I. Chalmers. 2017. Evaluating Cinchona bark and quinine for treating and preventing malaria, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 110(1): 31-40
- Gurung, P. and P. De. 2017. Spectrum of biological properties of cinchona alkaloids: A brief review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4): 162-1662.
- H. Saragi, E. Asriani, and K. Putri. 2020. Optimization of Palm Oil cultivation in Ultisol Land Through the Planting of *Mucuna bracteata*. *J. of Suboptimal Land*, 9(2): 160-166.
- Herath, H.M.P.M., H.M.I.K Herath, and W.M Ratnayake. 2017. Potential use of *Mucuna bracteata* as a cover crop for coconut plantations in the low country intermediate zone of Sri Lanka, *Journal of Food and Agriculture*, 10(1&2): 26 - 34.
- Jeger. 2011. *Cinchona pubescens* VAHL, *Enzyklopädie der Holzgewächse* - 58. Erg.Lfg.
- Kacprzak, K.M. 2013. Chemistry and biology of cinchona alkaloids, in: *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*: 1-4242.
- Kartini S., N. Koesriharti, and M. Santoso. 2005. Pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis. *Indonesian Green Technology Journal*, 2(1): 13-20.
- Marbun, P., Z. Nasution, H. Hanum, and A. Karim. 2018. Classification of andisol soil on robusta coffee plantation in Silima Pungga - Pungga District, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 122012045.
- Maxiselly, Y., I.R.D. Anjasari, W. Sutari, M. Ariyanti, M.A. Soleh, R.A. Sari and R. Chiarawipa. 2021. Stimulation effect of synthetic plant growth regulator (GA3 and BAP) on young cinchona plant (*Cinchona ledgeriana*) grown in lowland, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 743 012016.
- Maxiselly, Y., M. Ariyanti, and M.A. Soleh. 2017. Response of Cinchona plant in young plant phase to various organic and inorganic fertilizer combination at Jatinangor Sumedang J. *Agrotek Indonesia*, (2): 70-72.
- Mayerni, R., E.E. Pratiwi, and Warnita. 2015. Shoot multiplication of quinine plant (*Cinchona ledgeriana* Moens) with several concentrations of kinetin on in vitro *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* (5): 57-61.
- Nugroho, P. A. and M. Karyudi. 2006. Pemupukan kascing dalam mengembalikan hara pada areal tanaman karet belum menghasilkan. *Lokakarya Nasional Budidaya Tanaman Karet*. 4-6 September 2006. Medan. Indonesia.
- Olle, M. 2019. Review: vermicompost, its importance and benefit in agriculture, *Journal of Agricultural Science* (2): 93-98.
- Puslittanak. 2000. *Atlas Sumber Daya Tanah Eksplorasi Indonesia skala 1:1000.000*. Puslittanak. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Ratnadewi, D., D. Satriawan, and D.R Pratiwi. 2016. Alkaloid quinine in cell suspension culture of *Cinchona ledgeriana* Moens : Biological study towards industrial application *Int. Proc.Chem. Biol. Environ. Eng.* 97.
- Santoso, J., Y. Fatimah, M. Antralina, and D. Aryati. 2016. Pertumbuhan setek sambung kina (*Cinchona* sp.) klon QRC akibat perbedaan setek batang atas. *Jurnal Agrotek* 3(1) : 14-19.
- Shrimal, P. and T.I. Kahn. 2017. Studies on the effects of vermicompost on growth parameters and chlorophyll content of Bengal Gram (*Cicer arietinum* L) var. RSG-896, *IOSR-JESTFT*, vol 11 (5): 12-16.
- Wawan, I.R., Dini, and Hapsoh. 2019. The effect of legume cover crop *Mucuna bracteata* on soil physical properties, runoff and erosion in three slopes of immature oil palm plantation, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 250 012021.

Marpaung, A.E. · B. Karo · S. Barus · R.C. Hutabarat · R. Tarigan

Application of organic fertilizer and phosphate solubilizing bacteria to increase the growth and yield of potatoes in Andisol

Abstract. Andisol has low phosphate (P) nutrient content due to high P fixation by allophane minerals, which affects crop production. The application of organic fertilizers and phosphate solubilizing bacteria can increase the availability of P in the soil in order to increase the production of potato plants. This study aimed to evaluate the effect of different types of organic fertilizer and phosphate solubilizing bacteria (PSB) on potato production. The research was conducted from August to November 2020 in the installation of research and assessment of agricultural technology Berastagi, Karo Regency, with an altitude of $\pm 1,340$ m above sea level and the soil order is Andisol. The experimental design used a factorial randomized completely block design with four replications. The first factor was a different type of organic fertilizer (liquid organic fertilizer and chicken manure) and the second factor was a different type of phosphate solubilizing bacteria (PSB) {without PSB (control), *Bacillus cereus*, *Bacillus pseudomycooides*, and *Bacillus amyloliquefaciens*}. Results showed that chicken manure was able to increase the growth and yield of potatoes per plot. Phosphate solubilizing bacteria *B. pseudomycooides* could increase potato yields. The interaction of chicken manure and *B. pseudomycooides* was able to increase potato yield by 33.79% - 56.24% and the percentage of big tubers to 32.60% - 70.23% and decrease the grade of small tubers to 43.61% - 72.32% compared to without PSB. Phosphate solubilizing bacteria *Bacillus pseudomycooides* and chicken manure fertilization had the potential to be applied for increasing potato production in Andisol.

Keywords: *Bacillus* sp. · Organic fertilizer · *Solanum tuberosum*

Pemberian pupuk organik dan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil kentang di tanah Andisol

Sari. Andisol memiliki kandungan hara P yang rendah karena fiksasi P yang tinggi oleh mineral alofan, yang mempengaruhi produksi tanaman. Aplikasi pupuk organik dan bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah untuk meningkatkan produksi tanaman kentang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis pupuk organik dan bakteri pelarut fosfat (BPF) terbaik untuk meningkatkan produksi kentang pada andisol. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan November 2020 di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Berastagi Kabupaten Karo dengan ketinggian tempat ± 1.340 m dpl dan ordo tanah Andisol. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktorial dengan empat ulangan. Perlakuan yang diteliti adalah pertama jenis pupuk organik (pupuk organik cair dan kotoran ayam) dan faktor kedua jenis bakteri pelarut fosfat (PSB) {tanpa BPF (kontrol), *Bacillus cereus*, *Bacillus pseudomycooides*, dan *Bacillus amyloliquefaciens*}. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pupuk organik kandang ayam mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kentang. Bakteri pelarut fosfat *B. pseudomycooides* dapat meningkatkan hasil kentang per plot. Interaksi pupuk organik kotoran ayam dan bakteri pelarut fosfat *B. pseudomycooides* mampu meningkatkan hasil kentang sebesar 33,81% - 56,26% dan persentase umbi besar 32,60% - 70,23% dan menurunkan persentase umbi kecil 43,61% - 72,32% dari tanpa BPF.

Kata kunci: *Bacillus* sp. · Pupuk organik · *Solanum tuberosum*

Manuscript received : 19 August 2022, Revision accepted : 29 November 2022, Published : 21 December 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.41485>

Marpaung, A.E. · B. Karo · S. Barus · R.C. Hutabarat · R. Tarigan

Research Center for Horticultural and Estate Crops, Research Organization for Agriculture and Food, National Research and Innovation Agency

Jln. Seroja Raya Gg. Arkeologi Tanjung Selamat, Medan 20134, Indonesia

Correspondence: agus196@brin.go.id

Introduction

The andisol is found in Indonesia, one of which is in the Karo Regency area located in a volcanic area that is used as agricultural land. This soil has a very strong characteristics of binding phosphate nutrients because most of them are bound by non-crystalline clay minerals namely allophane, imogolite, and ferrihydrite. Allophane was able to retain P up to 97.8%. Therefore, there is less P available for plants, for about 0.1% of the total P, even though the total P in the soil is high (Zhu and Whelan, 2018). The P nutrient content in Dolat Rayat village according to the results of the 2019 Balitsa soil laboratory test is medium P-available for about 10.70 ppm; very high P-total for about 279.45 mg/100 g; and very high P-retention for about 98.48%.

The economy in Karo Regency is strongly influenced by the agricultural sector, where one commodity that is widely cultivated by farmers is potatoes. The need for potatoes continues to increase due to population growth, as well as changes in consumption patterns in several developing countries. In Karo Regency according to statistical data, potato productivity in 2020-2021 increased from 19,14 tons ha⁻¹ to 21,17 tons ha⁻¹ (BPS 2022b). In Indonesia, potato productivity in 2020-2021 is reach 19.55 tons ha⁻¹ to 18,74 tons ha⁻¹ [BPS 2022a]. Based on these data, the productivity of potato plants in a nation is still low, because according to the agriculture ministry potato productivity can reach 20-25 tons ha⁻¹. This shows that the productivity of potato plants is still low, so proper handling of cultivation is needed, especially in increasing the availability of P in Andisols, therefore production can increase. Increasing potato productivity can be done by handling the right cultivation, one of which is fertilization. Fertilization can be done by using chemical fertilizers and organic fertilizers.

Organic fertilizers have an important role in improving the physical, chemical, and biological properties of the soil. The nutrient content of organic fertilizers is relatively low, but their role in soil chemical properties far exceeds that of synthetic chemical fertilizers (Hartatik *et al.* 2015). Organic fertilizers are available in solid and liquid forms. Where the application can be done through the soil and leaves (special for liquid fertilizer). The

Application of brown algae liquid fertilizer that was sprinkled on the soil was better than spraying on plants to increase total soil N, fresh weight of leaves, and tubers of Dayak onions (Milala, 2018). According to following by Ekawati and Saputri, (2018) stated that the application of vinasse liquid fertilizer by spraying it on the leaves or watering it into the soil did not affect the growth of Dayak onions. The application of chicken manure with a dosage of 6 ton ha⁻¹ gave a better effect to plant height, while the dosage of 12 ton ha⁻¹ gave the best effect on the weight of tuber per potato plant Granola Variety (Yusdian *et al.* 2018). The application of chicken manure at a dose of 10 tons per hectare produces the highest plant height, number of leaves, number of tubers, and tuber production (Budianto *et al.* 2015).

Phosphate solubilizing bacteria (PSB) are soil bacteria that can dissolve phosphate. The bacteria convert the insoluble phosphate to the soluble form through the production of organic acids and make it available for plant absorption and nutrition. In addition, it is also useful as a biological fertilizer because it produces the growth hormone (Satyaprakash *et al.* 2015). The chemical phosphate dissolution mechanism is the main phosphate dissolution mechanism carried out by microorganisms. These microorganisms excrete several low molecular weight organic acids such as oxalic, succinic, tartrate, citrate, lactate, -ketoglutarate, acetate, formic, propionic, glycolic, glutamic, glyoxylate, malic, and fumarate. Furthermore, these organic acids will react with phosphate-binding materials such as Al³⁺ in allophane minerals in Andisol soil, forming stable organic chelates so that they can free-bound phosphate ions and can be absorbed by plants. The principle of the dissolution mechanism of phosphate minerals is in the production of organic acids and the enzyme acid phosphatase plays a role in the mineralization of organic phosphate in the soil. (Setiawati and Pranoto, 2015).

Based on the research results of Ulfyati and Zulaika (2015), *Bacillus* sp is one of the phosphate solubilizing bacteria that can dissolve phosphate. Marpaung and Susilowati, (2021) also found several types of phosphate solubilizing bacteria *Bacillus* sp in Andisol soil, namely *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens*, and *B. pseudomycolides*. One of the *Bacillus* species that can increase the availability of phosphate nutrients in the soil is *B. subtilis*, *B.*

amiloliquefaciens, *B. pumilus* (Borriss 2015), and *B. mycoides* (Setiawati and Pranoto, 2015). Where one of the other roles of rhizobacteria plant growth promoters is phosphate solvent. *Bacillus amyloliquefaciens* can increase P and N uptake in maize (Vinci *et al.* 2018) and *B. cereus* acts as a plant growth promoter (Aziz *et al.*, 2012; Hassan and Bano, 2015).

This study's aim was to obtain the best types of organic fertilizers and phosphate solubilizing bacteria (PSB) to increase potato yields on andisol soil. This study hypothesizes that applying phosphate-solubilizing bacteria that interact with organic fertilizers can increase the potato yield on Andisol.

Materials and Methods

The research was conducted from August to November 2020 on the IP2TP (Installation of Agricultural Technology Research and Assessment) Berastagi, Dolat Rayat District, Karo Regency, with an altitude of $\pm 1,340$ m above sea level and the soil order is Andisol. The materials used in this study were potato seeds of the Granola variety generation-2, liquid organic fertilizer (rabbit urine, coconut water, fish waste fertilizer, bran, agricultural shrimp paste), chicken manure fertilizer, phosphate solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*, *B. pseudomycoides*, and *B. amyloliquefaciens*), SS. - Ammophos, ZA, TSP, Paten kali Butir and other materials. The research design used a factorial randomized block design with four replications. The first factor was the type of organic fertilizer (liquid organic fertilizer and chicken manure), and the second factor was phosphate solubilizing bacteria (PSB) {without PSB (control), *B. cereus*, *B. pseudomycoides* dan *B. amyloliquefaciens*}.

Liquid organic fertilizer was made using the modified research results of Marpaung *et al.*, (2018). The materials used for making liquid organic fertilizer were: 4.5 L of rabbit urine; 5 liters of coconut water; bran 0.5 kg; of pineapple 0.5 kg; of shrimp paste 0.25 kg; of 1 kg of brown sugar, 0.5 kg of fish fertilizer, 0.3 L of pure milk and 0.25 kg of chicken manure (derived from the small intestine of chickens). The process of making liquid organic fertilizer was all ingredients (except milk and chicken manure) cooked, then cooled to a temperature of 27°C then added to pure cow's milk and chicken

manure (derived from the small intestine of a chicken). Then the fertilizer is fermented for 1 month. Furthermore, the liquid organic fertilizer is filtered and can be applied. Phosphate solubilizing bacteria used are collections from the Berastagi Experimental Farm.

The land was processed by tractor and cleaned, then an experimental plot was made with a size of 2.2 m x 2.4 m consisting of 2 beds, with a bed size of 0.9 m x 2.2 m, and the distance between beds was 0.4 m. The distance between treatments was 1 m and the distance between replications was 2 m. Then given organic fertilizer chicken manure 20 t/ha (according to the treatment tested) and chemical fertilizer 250 kg Ha⁻¹ N, 175 kg Ha⁻¹ P₂O₅, and 225 kg Ha⁻¹ K₂O. Chemical fertilizers were given 1 time, which is given by spreading it on the bed and then covering it with soil to a height of 30 cm, then mulch is installed. The tubers were planted in 2 rows (with a spacing of 60 cm x 40 cm), so the number of plants per experimental plot was 24 plants. The application of liquid organic fertilizer (according to the treatment tested) was conducted at planting, 2, 4, and 6 weeks after planting (WAP) with a concentration of 120 ml l⁻¹ water and given as much as 200 ml/planting hole per application (Marpaung *et al.*, 2018) with watering (Milala 2018). Phosphate solubilizing bacteria was given when the plants were 2 weeks old after planting at a dose of 30 ml/plant with a density of 10⁹ CFU ml⁻¹ (Sembiring *et al.* 2016). Maintenance has conducted the form of weeding once every 2 weeks and watering if it does not rain. To prevent pest and disease attacks, insecticides with the active ingredients of cypermethrin 50 g/l (2 cc L⁻¹ water), profenofos, chlorantraniliprole 50 g L⁻¹, imidacloprid, summit (1 cc L⁻¹ water) and emamectin benzoate (0.5-1.0 cc L⁻¹ water), fungicide mancozeb or difenoconazole 250 g (2 g L⁻¹ water). Spraying was conducted every for 4 days or depending on the level of pest/plant disease attack in the field. Harvesting was conducted when the plant is 90 days after planting.

Parameters observed were the height and diameter of plants aged 4, 6, and 8 WAP, number of stems aged 8 WAP, tuber weight per plant, number of tubers per plant, percentage of tuber grade per plant according to SNI No: 01-3175-1992, (large = > 100 g per tuber, medium = 60 - 100 g per tuber, small = < 60 g per tuber) and yield. The mean data were analyzed by ANOVA and continued with Tukey's HSD test at a 5%.

Result and Discussion

Plant Height. The results of data analysis showed that potato plant height at the age of 4 WAP with organic fertilizer type treatment gave a significant effect, while the PSB type treatment and the interaction of the two treatments had no significant effect, while at the age of 6 WAP the two treatments and their interactions had no significant effect (Table 1). At the age of 8 WAP, the interaction of both treatments had a significant effect (Table 2).

Table 1. Effect of organic fertilizer and PSB on plant height at 4 and 6 WAP

Treatment	Plant Height (cm)	
	4 WAP	6 WAP
Organic Fertilizer Type		
Liquid Organic Fertilizer	15.83 a	35.00 a
Chicken Manure	11.96 b	33.54 a
PSB Type		
Without PSB	13.92 a	33.08 a
<i>Bacillus cereus</i>	13.04 a	32.00 a
<i>Bacillus pseudomycooides</i>	13.96 a	35.92 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	14.67 a	36.08 a
CV (%)	11.94	12.24

The mean followed by the same letter in the same column and factor is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; CV = Coefficient of Variation

Table 2. Effect of organic fertilizer and PSB on plant height at 8 WAP

Treatment	Plant Height (cm)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	47.00 abc	40.00 c	49.00 abc	50.67 ab	46.67
Chicken Manure	42.83 bc	56.67 a	51.67 ab	46.00 bc	49.29
M	44.92	48.33	50.33	48.33	
CV (%)	8.21				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycooides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

The application of liquid organic fertilizer at the age of 4 WAP resulted in the highest plant yield, which was an increase of 24.45%, while at the age of 6 WAP it had no significant effect. It is suspected that liquid organic fertilizer is

absorbed by plants more quickly for growth. This is according to research (Bahua and Gubali, 2020), the application of liquid fertilizer can increase the growth of rice plants. PSB treatment had no significant effect at 4 and 6 WAP, however *B. amyloliquefaciens* and *B. pseudomycooides* tend to higher plant height than without PSB treatment.

At the age of 8 WAP, the application of liquid organic fertilizer resulted in the highest plant height accompanied by the application of *B. amyloliquefaciens* (50.67 cm) although it was not significantly different from the application of *B. pseudomycooides* and without PSB. The application of organic chicken manure accompanied by the application of *B. cereus* and *B. pseudomycooides* resulted in plant height growth which was not significantly different to without PSB treatment. The interaction of the two treatments gave the highest significant effect on plant growth obtained in the interaction of chicken manure and *B. cereus* (56.67 cm). This showed that chicken manure can be absorbed by plants and its availability is longer available in the soil than liquid fertilizer. Giving PSB in general also affects plant height. This is to the role of PSB which can dissolve phosphate in the soil so that it is available and can be absorbed by plants for growth. This is supported by the results of research by Othaman *et al.*, (2014), that phosphate solubilizing microbes have special qualities to secrete enzymes such as phosphatase, phytase, and C-P lyase that help in organic P mineralization. The results of research by Zhu *et al.*, (2018) stated that phosphate plays a role in plant growth and development.

Plant Diameter. Data from analysis of variance showed that potato plant diameter at the age of 4 and 6 WAP was significantly affected by the type of organic fertilizer and PSB treatment, while the interaction of the two treatments had no significant effect (Table 3). At the age of 8 WAP, the interaction of the two treatments had a significant impact on plant diameter (Table 4).

Likewise, with plant diameter, the application of liquid organic fertilizer at the age of 4 WAP resulted in the highest plant diameter compared to organic chicken manure, which was 29.16 cm, but with increasing age (6 WAP) an increase in plant diameter was found in the application of chicken manure, although it has no real effect. This shows that the form of

organic fertilizer affects the initial growth of plants, where liquid organic fertilizer is absorbed by plants more quickly than solid. The PSB treatment had a significant effect at the ages of 4 and 6 WAP, where the application of *B. pseudomycoides* and *B. amyloliquefaciens* resulted in higher plant diameters than those without PSB, which were 28.29 cm and 28.25 cm, and 57.38 cm and 55.54 cm. The results of research by Marpaung *et al.* (2021) also resulted that the highest potato plant diameter was found in the application of phosphate-solubilizing bacteria *B. pseudomycoides*. However, it was not significantly different from other treatments.

Table 3. Effect of type of organic fertilizer and PSB on diameter of plants aged 4 and 6 WAP

Treatment	Plant Diameter (cm)	
	4 WAP	6 WAP
Organic Fertilizer Type		
Liquid Organic Fertilizer	29.16 a	53.92 a
Chicken Manure	24.24 b	55.94 a
PSB Type		
Without PSB	25.90 b	52.00 b
<i>Bacillus cereus</i>	24.35 b	54.79 ab
<i>Bacillus pseudomycoides</i>	28.29 a	57.38 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	28.25 a	55.54 ab
CV (%)	11.07	5.60

The mean followed by the same letter in the same column and factor is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05

WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; CV = Coefficient of Variation

Table 4. Effect of organic fertilizer and PSB on plant diameter at 8 WAP

Treatment	Plant Diameter (cm)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	62.33 abc	54.92 c	66.25 ab	62.58 abc	61.5 b
Chicken Manure	60.08 abc	69.58 a	68.50 a	62.67 abc	65.2 a
M	61.21 b	62.25 b	67.38 a	62.63 ab	
CV (%)	5.58				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycoides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

The liquid organic fertilizer treatment resulted in the highest plant diameter accompanied by the application of *B. pseudomycoides* (66.25 cm) and was not significantly different

from the application of *B. amyloliquefaciens* and without PSB. The application of organic chicken manure accompanied by *B. cereus* and *B. pseudomycoides* resulted in plant height growth which was significantly higher than the treatment without PSB (69.58 cm and 68.50 cm). The interaction of chicken manure and *B. cereus* gave the highest significant effect on plant diameter (69.58 cm). This shows that the nutrient content in organic fertilizers plays a role in plant growth, although the amount is small. This is following the results of research (Amara and Mourad, 2013; El-Sayed *et al.*, 2015) which states that the application of organic fertilizer can increase potato growth.

Number of Stems per Plant. The results of data analysis showed that the type of organic fertilizer treatment had a significant effect on the number of potato stems. In contrast, the type of PSB treatment and the interaction of the two treatments had no significant effect (Table 5).

Table 5. Effect of type of organic fertilizer and PSB on the number of stems per plant at 8 WAP

Treatment	Stems Number (Stems)
Organic Fertilizer Type	
Liquid Organic Fertilizer	2.46 b
Chicken Manure	3.21 a
PSB Type	
Without PSB	2.92 a
<i>Bacillus cereus</i>	2.92 a
<i>Bacillus pseudomycoides</i>	3.00 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2.50 a
CV (%)	23.97

The mean followed by the same letter in the same column and factor is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05

WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; CV = Coefficient of Variation

The highest number of stems was obtained by giving chicken manure (3.21 stems). This shows that chicken manure can provide nutrients for a long time (8 WAP) compared to liquid organic fertilizers needed by plants for vegetative growth, namely forming stems. Supported by the research results of Anastasia *et al.*, (2014), which stated that the growth of vegetable crops with solid organic fertilizer was significantly higher than with liquid organic fertilizer.

Tubers Weight and Number per Plant. The data from the analysis of variance showed that the interaction of treatment types of organic fertilizer and PSB had a significant effect on the

weight and number of tubers per plant (Table 6 - 7). The application of organic fertilizer and phosphate solubilizing bacteria generally resulted in higher tuber weight than the treatment without phosphate solubilizing bacteria.

Table 6. Effect of type of organic fertilizer and PSB on tuber weight per plant

Treatment	Tuber Weight per Plant (kg)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	0.86 abc	0.83 bc	1.14 a	1.12 a	0.98
Chicken Manure	0.57 c	1.04 ab	1.29 a	0.66 bc	0.89
M	0.71 b	0.93 b	1.21 a	0.89 b	
CV (%)	19.73				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycoides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

The highest tuber weight per plant was obtained in the treatment of chicken and *B. pseudomycoides* organic fertilizer, which was 1.29 kg (Table 6), although it was not significantly different from the application of liquid organic fertilizer and *B. pseudomycoides* and *B. amyloliquefaciens*. This indicates that solid and liquid organic fertilizers and phosphate solubilizing bacteria play a role in the formation of potato tubers. Organic fertilizers have a role in improving the physical properties of the soil, one of which is to help improve the porosity of the soil for the better so that the soil with good porosity will help the development of roots which will later become a place for tuber formation. This is supported by the results of research by Anastasia *et al.*, (2014) which stated that the application of organic fertilizers, especially solids, resulted in higher soil porosity than without organic fertilizers.

The provision of phosphate solubilizing bacteria plays a role in potato crop yields due to the function of PSB which can provide available P nutrients to plants so that they can be absorbed and utilized for tuber enlargement. According to the research results of Ulfyati and Zulaika, (2015) the genus *Bacillus* can dissolve phosphate qualitatively.

The application of liquid organic fertilizer with PSB resulted in a higher number of tubers

than without PSB, where the highest number of tubers was obtained with giving *B. amyloliquefaciens* (11.28 tubers). In contrast to the application of organic chicken manure, the highest amount was obtained without PSB (9.83 tubers). The occurrence of the highest treatment differences in tuber weight and the number of tubers indicated that there were differences in tuber size per plant. Where if the weight of the tubers produced is high while the number of tubers is low, it is suspected that the size of the tubers is dominated by large sizes. This is in accordance with the treatment of manure and *B. amyloliquefaciens*.

Table 7. Effect of type of organic fertilizer and PSB on the number of tubers per plant

Treatment	Tuber Number (Tuber)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	8.17 ab	9.17 ab	10.17 ab	11.28 a	9.69 a
Chicken Manure	9.83 ab	9.00 ab	7.33 ab	5.83 b	8.00 b
M	9.00	9.08	8.75	8.56	
CV (%)	22.89				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycoides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

Tuber Grade Percentage. The results of the analysis of variance showed that the interaction of organic fertilizer and PSB treatments had a significant effect on the percentage of large and small tuber grades. In contrast, for medium tuber grade, the two treatments had no significant effect (Table 8 -10).

Table 8. The effect of the type of organic fertilizer and PSB on the percentage of big tuber grade

Treatment	Big Tuber Grade (%)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	44.40 ab	47.97 ab	50.44 a	50.18 a	48.25
Chicken Manure	19.60 b	45.90 ab	65.88 A	46.87 ab	44.56
M	9.00	9.08	8.75	8.56	
CV (%)	27.09				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycoides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

The highest percentage of large tubers per plant was found with the application of organic chicken manure and PSB *B. pseudomycoides*, which was 65.88%. This indicated that the application of chicken manure and *B. pseudomycoides* was able to provide the nutrients needed by plants for tuber enlargement, increasing by 32.60% - 70.23% from the treatment without PSB. This also showed that although the number of tubers in the treatment was small, the tuber weight per plant was high because the grade of tuber was high. The application of organic fertilizers also affects the porosity of the soil, where if the soil porosity is good it will affect the formation and enlargement of tubers. This is following the research results of Anastasia *et al.*, (2014), which stated that organic fertilizer application was able to increase soil porosity compared to no organic fertilizer application. In general, each treatment produced a medium tuber grade that did not differ from one another.

Table 9. Effect of organic fertilizer and PSB on the percentage of medium tuber grade

Treatment	Medium Grade (%)
Organic Fertilizer Type	
Liquid Organic Fertilizer	19.96 a
Chicken Manure	19.53 a
PSB Type	
Without PSB	24.86 a
<i>Bacillus cereus</i>	17.73 a
<i>Bacillus pseudomycoides</i>	16.98 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	19.42 a
CV (%)	39.81

The mean followed by the same letter in the same column and factor is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

Table 10. Effect of organic fertilizer and PSB on the percentage of small tuber grade

Treatment	Small Tuber Grade (%)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	28.41 b	34.37 ab	33.69 ab	30.70 b	31.79
Chicken Manure	57.88 a	36.31 ab	16.02 b	33.42 ab	35.90
M	43.14 a	35.34 ab	24.86 b	32.06 ab	
CV (%)	31.77				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control; BC = *Bacillus cereus*; BP = *Bacillus pseudomycoides*; BA = *Bacillus amyloliquefaciens*; WAP = Week After Planting; PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria; M = Mean; CV = Coefficient of Variation

The highest percentage of small tubers was produced in the treatment of giving chicken manure without PSB, with the percentage 57.88%, while the lowest was obtained in the treatment of giving chicken manure and PSB *B. pseudomycoides*, which was 16.02%. This shows that the interaction treatment was able to reduce small tubers by 43.61% - 72.32% compared to the treatment without PSB. This is showed that the role of organic fertilizers can increase soil organic matter and nutrient availability, and also increase soil biological activity (Jiangzhou *et al.* 2019) so that the soil becomes better as a medium for growing plants which will later affect the yield.

Yield. The data from the analysis of variance showed that the interaction of treatment types of organic fertilizer and PSB had a significant effect on yield (Table 11). The application of chicken manure and PSB *B. pseudomycoides* significantly resulted in the highest yield compared to other treatments, which was 31.00 kg.

Table 11. Effect of type of organic fertilizer and PSB on potato yield

Treatment	Yield (ton ha ⁻¹)				M
	C	BC	BP	BA	
Liquid Organic Fertilizer	21.38 bcd	20.79 bcd	23.29 abcd	27.92 ab	23.34
Chicken Manure	14.13 d	25.88 abc	32.29 a	16.54 cd	22.21
M	17.75 c	23.33 ab	27.79 a	22.23 bc	
CV (%)	17.56				

The same letter below the mean is not significantly different according to the Tukey's HSD test at 0.05.

C = control

BC = *Bacillus cereus*

BP = *Bacillus pseudomycoides*

BA = *Bacillus amyloliquefaciens*

WAP = Week After Planting

PSB = Phosphate Solubilizing Bacteria

M = Mean

CV = Coefficient of Variation

The interaction of both factors can increase yield in the range of 33.81% - 56.26% of the treatment without PSB. It is suspected that the interaction of the two treatments was suitable for the growth of PSB and provided the nutrients needed by plants, especially available P nutrients which were very low in Andisol so the formation of potato tubers, as a result, could be maximized. According to (Amara and Mourad, 2013; El-Sayed *et al.*, 2015) the

application of organic fertilizer can increase potato production. In addition to the nutrient content in organic fertilizers, the porosity of the soil will also be good (Anastasia *et al.*, 2014), therefore the process of formation and enlargement of tubers will be good.

Conclusion

The treatment of organic chicken manure (solid fertilizer) was able to increase the growth and production of potato plants. Phosphate solubilizing bacteria *B. pseudomycooides* was able to increase potato production. The interaction of organic chicken manure and phosphate solubilizing bacteria *B. pseudomycooides* was able to increase potato yield by 33.79% - 56.24% and large tuber grade by 32.60% - 70.23% and reduce small tuber grade by 43.61% - 72.32% from treatment without PSB. Phosphate solubilizing bacteria *B. pseudomycooides* and chicken manure fertilization have the potential to be applied to Andisol to increase potato production.

References

- Amara, D. G. and S. M. Mourad. 2013. Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L. varspunta) in a Sahara Desert region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(22): 2724-2731.
<https://www.researchgate.net/profile/Djilani-Ghemam-2/publication/256750969>
- Anastasia, I., M. Izatti, and S.W.A. Suedy. 2014. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Padat dan Organik Cair Terhadap Porositas Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amarantus tricolor* L.). *Jurnal Biologi*, 3(2): 1-10.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/download/19439/18438>
- Aziz, Z.F.A., H.M. Saud, K.A. Rahim, and O.H. Ahmed. 2012. Variable responses on early development of shallot (*Allium ascalonicum*) and mustard (*Brassica juncea*) plants to *Bacillus cereus* inoculation. *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(1): 47-50.
<https://pdfs.semanticscholar.org/31c8/0293c8499df8cd1d493370d865de3d0a1a69.pdf>
- Bahua, M.I. and H. Gubali. 2020. Direct seed planting system and giving liquid organic fertilizer as a new method to increase rice yield and growth (*Oryza sativa* L.). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 42(1): 68-77.
<http://doi.org/10.17503/agrivita.v42i1.2324>
- BPS. 2022a. Statistik Indonesia 2022. Badan Pusat Statistik.
- BPS. 2022b. Kabupaten Karo dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo.
- Borriss, R. 2015. *Bacillus*, a Plant Beneficial Bacterium. In Lugtenberg, B (Ed). *Principles of Plant-Microbe Interactions. Microbes for Sustainable Agriculture*. Springer Publishing, Switzerland: 379- 391.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-08574-6>
- Budianto, A., N. Sahir, and I. S. Madauna. 2015. Pengaruh pemberian berbagai dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) varietas lembah palu. e-J. Agrotekbis, 3(4): 440- 447.
- Ekawati, R. and L.H. Saputri, 2018. Pengaruh Cara Pemberian Pupuk Organik Cair Vinasse terhadap Pertumbuhan Awal Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia*). *Kultivasi*, 17: 760-765.
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i3.18954>
- El-Sayed, S. F., H. A. Hassan, and M.M. El-Mogy. 2015. Impact of bio-and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. *Potato Research*, 58(1): 67-81. DOI 10.1007/s11540-014-9272-2.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11540-014-9272-2>
- Hartatik, W., L. Husnain, and Widowati. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2): 107-120.
<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/view/6600/5859>
- Hassan, T.U. and A. Bano. 2015. Role of carrier based biofertilizer in reclamation of saline soil. *Archives Agron. Soil. Sci.*, 61(12): 1719-1731.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2015.1036045>
- Jiangzhou, Z., S. Bei., B. Li, Z. Junling, P. Christie, and X. Li. 2019. Organic fertilizer, but not heavy liming, enhances banana

- biomass, increases soil organic carbon and modifies soil microbiota. *Appl. Soil Ecol.* 136: 67-79
- Marpaung, A.E., B.K. Udiarto, L. Lukman, and Hardiyanto. 2018. Potensi Pemanfaatan Formulasi Pupuk Organik Sumber Daya Lokal untuk Budidaya Kubis. *J. Hort.*, 28(2): 191-200.
<https://doi.org/10.21082/jhort.v28n2.2018.p191-200>
- Marpaung, A.E. and D.N. Susilowati. 2021. Isolation and Identification of Phosphate Solubilising Bacteria from Potato Rhizosphere on Andisol. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 810(1), 012041. IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/810/1/012041>
- Marpaung, A.E., H. Hanum, and M. Sembiring. 2021. "The effect of liquid organic fertilizer and phosphate solubilising bacteria *Bacillus* sp on potato growth (*Solanum tuberosum*) in andisol soil. In IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 807 (2021) 042079. IOP Publishing.
- Meliala, T.A.W. 2018. Pengaruh Cara Aplikasi Pupuk Cair Ganggang Coklat dan pupuk Anorganik terhadap Ketersediaan N, P, K Tanah Inceptisol dan Pertumbuhan Bawang Dayak. Skripsi Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian USU.
- Othaman, M.A., S.A. Sharifudin, A. Mansor, A.A. Kahar, and K. Long. 2014. Coconut Water Vinegar: New Alternative with Improved Processing Technique. *Journal of Engineering Science and Technology*, 9(3): 293-302.
[http://jestec.taylors.edu.my/Vol%209%20Issue%203%20June%2014/Volume%20\(9\)%20Issue%20\(3\)%20293-302.pdf](http://jestec.taylors.edu.my/Vol%209%20Issue%203%20June%2014/Volume%20(9)%20Issue%20(3)%20293-302.pdf)
- Satyaprakash, M., T. Nikitha, E.U.B. Reddi, B. Sadhana, and S.S. Vani. 2017. Phosphorous and Phosphate Solubilising Bacteria and their Role in Plant Nutrition. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 6(4): 2133-2144.
<https://www.ijcmas.com/6-4-2017/M.%20Satyaprakash,%20et%20al.pdf>
- Sembiring, M., D. Elfiati, E.S. Sutarta, and T. Sabrina. 2016. Effect of *Burkholderia cepacia* and SP36 on available phosphate and potato production on Andisol impacted by Mount Sinabung Eruption, North Sumatera, Indonesia. *Journal of Applied Horticulture*, 18(3): 233-235.
<https://doi.org/10.37855/jah.2016.v18i03.41>
- Setiawati, M.R. and T. Pranoto. 2015. Perbandingan Beberapa Bakteri Pelarut Fosfat Eksogen pada Tanah Andisol sebagai areal Pertanaman Teh Dominan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 8(2): 158-164.
<https://www.researchgate.net/publication/307575626>
- Ulfyati, N. and E. Zulaika. 2015. Isolat *Bacillus* Pelarut Fosfat dari Kalimas Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2): 2337-3520.
http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/viewFile/14049/2372
- Utomo, M., T. Sabrina, Sudarsono, J. Lumbanraja, B. Rusman, and Wawan. 2016. Ilmu Tanah: Dasar-dasar dan Pengelolaan. Kencana, Prenada Media Group, Jakarta, 433 pp.
- Vinci, G., V. Cozzolino, P. Mazzei, H. Monda, D. Savy, M. Drosos, and A. Piccolo. 2018. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* and different phosphorus sources on Maize plants as revealed by NMR and GC-MS based metabolomics. *Plant and Soil*, 429: 437-450. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3701-y>
- Yusdian, Y., Karya, and R. Vaisal. 2018. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Granola. *Paspalum: jurnal ilmiah pertanian*. 6(2): 98-102.
- Zhu, J., M. Li, and M. Whelan. 2018. Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: a review. *Sci Total Environ.*, 612: 522-537.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.095>

Amiros, N. · R.A. Suwignyo · M. Hasmeda · F. Adriansyah · E.S. Halimi · E. Sodikin

Development of adaptive rice variety to non-tidal swamp: Growth evaluation of backcrossed progenies (BC₁F₁) and its parents, Inpago 5 and Inpara 8

Abstract. Rice (*Oryza sativa* L.) cultivation in non-tidal swamp is severely constrained by abiotic stresses, i.e., submerged stress in the vegetative phase and drought stress in the generative phase. The development of rice varieties that have dual-tolerant to those abiotic stresses can improve adaptability and increase productivity. Efforts to obtain adaptive varieties under those abiotic stress conditions are being carried out by selecting the parents and crossing them, and has resulted in the population of BC₁F₁. The research was carried out on April – June 2021 at greenhouse of the Agriculture Faculty, Sriwijaya University. The study aimed to evaluate the growth of BC₁F₁ progenies and parental varieties, Inpago 5 (live well in drought condition) and Inpara 8 (inherited *Sub1* gene). The results showed that the vegetative growth (plant height and number of total tillers) of BC₁F₁ was influenced by genetics of the parents. While generative growth parameters, Inpago 5, as a recipient parent, had the highest number of total spikelets per panicle (181.42 grains), the lowest percentage of sterile spikelets (25.05%) and the lowest biomass dry weight (27.88 g). Inpara 8, as a donor parent, had the highest average number of productive tillers (8.34 tillers), took the longest time to flower (76 days), and the shortest time to harvest (115 days). Then, BC₁F₁ got the highest average number of total spikelets per plant (1348.2 grains), weight of 1000 grains (25.49 g), and grains dry weight (9.71 g). Based on study, the most growth traits of BC₁F₁ were genetically influenced by the parents, indicated a segregation from the parents. The plants will be used for second backcrossing (BC₂F₁) and a molecular selection using Marker-Assisted Backcrossing (MABC) method to obtain plants that have *Sub1* gene and the closest characteristic to recipient parent (Inpago 5).

Keywords: Dual tolerance · Inpago 5 · Inpara 8 · *Oryza sativa*

Pengembangan varietas padi adaptif di lahan rawa lebak: Evaluasi pertumbuhan progeneri backcross (BC₁F₁) dan tanaman induk, Inpago 5 dan Inpara 8

Sari. Budidaya padi (*Oryza sativa* L.) di lahan rawa lebak sangat terkendala dengan cekaman abiotik cekaman terendam pada fase vegetatif dan cekaman kekeringan pada fase generatif. Pengembangan varietas padi yang memiliki *dual tolerant* terhadap cekaman abiotik tersebut dapat memperbaiki daya adaptasi dan meningkatkan produktivitasnya. Upaya untuk mendapatkan varietas adaptif dengan kondisi cekaman abiotik tersebut sedang dilakukan dengan melakukan seleksi tetua dan menyilangkannya, dan telah menghasilkan aksesori BC₁F₁. Penelitian dilaksanakan pada bulan April – Juni 2021 di *greenhouse* Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Tulisan menyampaikan hasil evaluasi pertumbuhan progeneri BC₁F₁ dan kedua varietas induk, Inpago 5 dan Inpara 8. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman dan jumlah anakan total) BC₁F₁ dipengaruhi oleh genetik dari kedua induk. Sementara parameter pertumbuhan generatif, Inpago 5 (induk resipien) memiliki jumlah gabah total per malai tertinggi sebanyak 181,42 butir; persentase gabah hampa terendah sebesar 25,05%; bobot kering biomassa terendah sebesar 27,88 g. Inpara 8 (induk donor) memiliki rata-rata jumlah anakan produktif terbanyak (8,34 anakan), waktu berbunga terlama (76 hari), dan waktu panen tercepat (115 hari). Kemudian BC₁F₁ memiliki jumlah gabah total per rumpun tertinggi sebanyak 1348 butir, bobot 1000 butir gabah tertinggi (25,49 g), dan berat kering gabah (9,71 g). Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar karakteristik pertumbuhan populasi BC₁F₁ dipengaruhi secara genetik oleh kedua induk yang mengindikasikan adanya segregasi sifat dari keduanya. Tanaman akan digunakan pada silang balik generasi kedua (BC₂F₁) dan diseleksi secara molekular menggunakan metode *Marker-Assisted Backcrossing* (MABC) untuk mendapatkan tanaman terbaik yang memiliki gen *Sub1* dan karakter agronomi paling dekat dengan Inpago 5.

Kata kunci: Dual toleransi · Inpago 5 · Inpara 8 · *Oryza sativa*

Manuscript received : 3 August 2022, Revision accepted : 13 December 2022, Published : 21 December 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.41072>

N. Amiros¹ · R. A. Suwignyo^{2,3} · M. Hasmeda² · F. Adriansyah⁴ · E. S. Halimi² · E. Sodikin^{2,3}

¹ Graduate Program of Crop Science, Faculty of Agriculture, Universitas Sriwijaya, Jl. Padang Selasa No. 524, Bukit Besar, Palembang 30139, South Sumatra, Indonesia

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Indralaya Ogan Ilir 30662, South Sumatra, Indonesia

³ Center of Excellence Peatland Conservation and Productivity Improvement (CoE PLACE) Universitas Sriwijaya, Kampus FP Unsri Palembang, Jl. Padang Selasa, Bukit Besar Palembang 30139, South Sumatra, Indonesia

⁴ Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Indralaya Ogan Ilir 30662, South Sumatra, Indonesia

Correspondence: rujito@unsri.ac.id

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is an important and strategic food commodity in Indonesia. It has a major effect on economic and political stability. Although the government has taken a policy of not importing rice in recent years, the condition of rice production in Indonesia is quite worrying (Lakitan *et al.* 2018). According to BPS Indonesia (2022), there has been a gradual decline in the area of rice harvested from 10.65 million hectares (Mha) in 2020 to 10.51 Mha in 2021. With land productivity not changing significantly, rice production has decreased from 59.20 million tons in 2018 to 54.42 million tons in 2021. Decreasing of productive areas caused by agricultural land conversion and extreme climate fluctuation (Tirtana *et al.* 2021). Utilization of swamp land is one of an ideal solution to increase rice cultivation area (Sulaiman *et al.*, 2019).

The swamp lands of Indonesia are approximately 33.43 Mha and non-tidal swamp are 13.28 Mha which is suitable for agriculture activity (Sulaiman *et al.*, 2019). The main problems of agricultural activity in non-tidal swamp are unorganized hydrotopography (Oladosu *et al.* 2020) and unpredictable of water level (Suwignyo *et al.* 2021). In South Sumatra, the farmers are begin the rice cultivation at the end of rainy season in March-April, when the water surface is not too high (Lakitan *et al.*, 2018).

The development of submergence tolerant cultivars in the early growth phase (Adriansyah *et al.* 2022; Singh *et al.* 2017) as well as drought resistance at the end of the growing period are need more attention (Singh *et al.* 2018). The rice cultivation at the end of rainy season is very susceptible influenced by submergence stress on vegetative phase and drought stress on generative phase.

One of the main goal of breeding is to insert an interested gene in a new cultivar (Shin *et al.* 2022). Chozin *et al.* (2017) suggested to improve rice yield tackled by the genetic and physiological natures. So, increasing of productivity in suboptimal area with adaptive characters and higher production in submergence condition can be initiated by introgressed *Sub1* gene in rice cultivar which has good agronomy character (Adriansyah *et al.* 2021). Tiwari *et al.*, (2017) obtained a dual tolerant rice line in submergence and drought conditions, from crosses between Swarna *Sub1* x NDR 9830102. Development of new

varieties (with dual tolerance ability) can be initiate by *Sub1* gene introgression through cross-breeding from parent genotype.

The previous study by Suwignyo (2016) explained that rice variety, Inpago 5 has good tolerance to drought conditions in the generative phase from 14 varieties of upland rice observed. Inpara 8, inherited *Sub1* gene, was a backcrossed line between Cinglonik/IRBB7//Memberamo/IR64 (Rumanti *et al.* 2016) and has a high growth and productivity (Ningsih *et al.* 2020). The *Sub1* gene slackens the production of ethylene hormone and gibberellin hormone during submerged, maintains carbohydrate and significantly elongates durability (Fukao *et al.* 2011). *Sub1* gene is located at chromosome 9 (Xu and Mackill 1996) and hereditarily to the next generation. Inpara 8 and Inpago 5 have their own superiority. Inpago 5 can be inserted *Sub1* gene from Inpara 8 to survive in non-tidal swamp. This research aimed to evaluate growth of BC₁F₁ population and its parental, Inpago 5 (as recipient parent) and Inpara 8 (as donor parent). In future, the plants will be used as plant material for second backcrossing and further study, which molecular selection using Marker Assisted Backcrossing (MABC) method.

Materials and Method

Soil materials. Non-tidal swamp soil was taken from non-tidal swampland in the observation area of the Agriculture Faculty, Universitas Sriwijaya, Indralaya. The soil was put into pots, 8 kg for each pot. The agricultural lime-stone was broadcast as much as 27.7 g considering to soil-pH score. The media was left in a flooded condition.

Plant materials. BC₁F₁, Inpago 5, and Inpara 8 seeds were used in this study. BC₁F₁ was progenies from backcrossing of Inpago 5 (♀) and Inpara 8 (♂) and had been selected on previous study by Aulia (2021). Inpago 5, a rice variety with high productivity under drought condition based on previous study by (Rusdan, 2019). Inpara 8, a tolerant to submergence condition variety., derived from a double cross of Cinglonik/IRBB7 x Memberamo/IR64 (Rumanti *et al.* 2016).

Germination and seedling growth. Seeds were soaked for 24 hours and germinated on two-layer wet filter papers in a tray. Filter papers were moistened by gently water spraying to the tray. Germinated seeds were sown in

seedling trays filled with soil for 14 days. The trays were labeled according to population.

Pot experiment. 14-days-old seedlings were transplanted into the soil filled pots and orderly arrange in a greenhouse. As many as 45 pots were used in this study. The plants were fertilized with Urea (1.5 g/pot), KCl (0.75/pot), and SP36 (0.75 g/pot) at 7, 23, and 42 days after transplanting (DAT). Pots were laid out according to the group randomized block design with three replications and five plants for each replication.

Growth evaluations parameter. The parameters observed in the trial were plant height, total number of tillers, number of productive tillers (panicle), days to flowering, days to harvesting, number of total grains per panicle, number of total grains per plant, percentage of sterile spikelets, weight of 1000 grains, biomass dry weight, and grains dry weight.

Data analysis. All data were analyzed using the statistical analysis software SAS version 9.0 (SAS 2004). Analysis of variance and the coefficient of variance (%) were used for evaluating the significance of individual population and their interaction. Correlation analysis was revealed the degree and direction of the association between all possible pair of traits being studied. The least significant difference (LSD) test was carried out to calculate the significant difference in all sets of collected data ($P < 0.05$).

Result and Discussion

Plant growth in rice classified into three main stages: vegetative stage, generative stage, and maturation stage (Zaman *et al.*, 2018). The growth characteristics of the vegetative stage and generative stage in Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8 indicated some similarity which represented on Table 1. In general, all populations showed similar time for reaching maximum plant height and maximum tiller number. A significantly increasement of plant height caused by stem elongation and more significantly increased at 70 DAT. Different result was obtained by Aulia (2021) in previous study, that plant height of three population showed not significantly increment from 28 DAT to 70 DAT. The plant height of BC₁F₁ (Table 2)

indicates that the population of backcross was genetically affected by the parents. (Ren *et al.* 2021) stated that performance of progenies influenced by genetics of both parents, although the plants were grew in same condition.

The number of total tillers of three populations were not significantly developed at the beginning of vegetative stage (14, 28, and 42 DAT), but significantly showed the increasing of tillers at 56 DAT. While, the tillers number of population in previous study (Aulia 2021), showed significantly different since 28 DAT. Table 1 showed the harvesting time among three populations were more significantly different. The total number of spikelets per panicle and total number of spikelets per plant were significantly different for all populations. In this study, the percentage of sterile spikelets was found not significantly different. In other hand, the weight of 1000 grain was found significantly different for Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8. Then, biomass dry weight and grains dry weight parameters showed Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8 were not found significantly different.

Plant Height. Plant growth was affected by internal factors and external factors. Genetic is the internal factor and growth environment and nutrient are the external factor (Liu *et al.* 2018). The highest average of plant height was found in Inpago 5 followed by BC₁F₁, and Inpara 8 (Figure 1). Plant height is one of the important aspects in rice breeding development as an important factor for plant vigor (Tang *et al.*, 2017). According to Rice Standard Evaluation System data (IRRI 2013), plant height of rice grouped into (1) Semi dwarf (less than 110 cm for lowland rice and less than 90 cm for upland rice), (2) Intermediate (110-130 cm for lowland rice and 90-125 cm for upland rice), (3) Tall (more than 130 cm for lowland rice and more than 125 cm for upland rice). Figure 1 showed the average plant height of all plants was ranged from 93 to 96 cm that grouped into semi dwarf category and assumed to be able to live well in lowland condition.

The plant height of each population (Table 1) were significantly increased at 14 DAT at the beginning of vegetative stage but not significantly increased at 28 DAT and 42 DAT. The plant height of Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8 were more significantly increased at 70 DAT (Table 1). Based on Figure 1, BC₁F₁ got an average height was 93.95 cm, higher than Inpara 8 (93.64 cm) and lower than Inpago 5 (96.03 cm).

Table 1. F values and coefficient of varians (%) of growth parameters of Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8

Parameters	F value		Coefficient of variance (%)
	Group	Treatment	
Plant Height			
14 DAT	0.22 ^{ns}	42.74 ^{**}	5.97
28 DAT	0.29 ^{ns}	5.28 ^{ns}	4.29
42 DAT	0.08 ^{ns}	2.64 ^{ns}	3.41
56 DAT	0.32 ^{ns}	13.09 [*]	1.70
70 DAT	1.65 ^{ns}	95.78 ^{**}	0.32
Total Tillers			
14 DAT	0.99 ^{ns}	2.16 ^{ns}	76.81
28 DAT	1.13 ^{ns}	2.75 ^{ns}	18.36
42 DAT	0.05 ^{ns}	2.44 ^{ns}	8.92
56 DAT	0.11 ^{ns}	12.06 [*]	8.51
70 DAT	0.01 ^{ns}	28.33 ^{**}	9.00
Productive Tillers	0.05 ^{ns}	23.62 ^{**}	9.00
Days to flowering	0.15 ^{ns}	0.37 ^{ns}	19.45
Days to harvesting	0.61 ^{ns}	278.59 ^{**}	0.46
Total Spikelets per panicle	1.99 ^{ns}	80.86 ^{**}	7.35
Total Spikelets per Plant	1.06 ^{ns}	7.56 [*]	20.94
Percentage of Sterile Spikelets	0.20 ^{ns}	3.46 ^{ns}	21.71
Biomass Dry Weight	0.8 ^{ns}	0.71 ^{ns}	6.48
Weight of 1000 Grains	1.36 ^{ns}	7.44 [*]	6.42
Grains Dry Weight	1.22 ^{ns}	76.84 ^{ns}	3.54

Note: values within a row followed by the same letters were not significantly different based on the LSD at $P \leq 0,05$; ns = not significant at $\leq 0,05$; * and ** = significant $\leq 0,05$; DAT = Days after transplanting

Table 2. Plant height (cm) and number of total tillers parameters of Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8

Parameters	Pop	14 DAT	28 DAT	42 DAT	56 DAT	70 DAT
Plant height (cm)	Inpago 5	35.37 b	69.27 ab	102.17 a	127.13 a	146.23 a
	BC ₁ F ₁	31.67 a	64.00 b	101.07 a	126.73 a	146.30 a
	Inpara 8	48.18 b	71.58 a	96.17 a	119.29 b	133.00 b
	LSD _{.05}	5.20	6.64	7.72	4.80	3.07
Total tillers	Inpago 5	1.33 a	2.33 a	5.13 a	5.80 b	5.80 b
	BC ₁ F ₁	2.07 a	3.13 a	4.67 a	5.27 b	5.27 b
	Inpara 8	0.41 a	2.35 a	5.48 a	7.28 a	8.65 a
	LSD _{.05}	2.21	1.08	1.03	1.18	1.34

Note: values within a row followed by the same letters were not significantly different based on the LSD at $P \leq 0,05$; Pop = Population; DAT = Days after transplanting.

Total and productive tillers. The tillers number increase rapidly until it reached the primordial phase due to nutrients competition (Tilahun, 2019). The number of total tillers of three populations were not significantly developed at the beginning of vegetative stage (14, 28, and 42 DAT), but significantly showed the increasing of tillers at 56 DAT (Table 1). The number of total tillers of BC₁F₁ and Inpago 5 were not increased at 70 DAT (Table 2) due to maximum tillers reached at 56 DAT. Figure 1 showed the highest number of tillers was found in Inpara 8 (4.83 tillers) followed by BC₁F₁ (3.91 tillers) and Inpago 5 (3.76 tillers). Table 3 showed the highest number of productive tiller was found in Inpara 8 (8.34 tillers). The

productive tillers number of BC₁F₁ (5.33 tillers) was not significantly different to Inpago 5 (5.73 tillers).

The tillers number affected the total of productivity tillers, as explained by Wang *et al.* (2019) that the number of tillers per plant and their ability to maintain various physiological functions will affect the formation of panicles. It showed by tillers number of BC₁F₁ (Table 5) and Inpara 8 (Table 6) exhibited strong association with productive tillers ($r = 1$ and 0.932). Same result reported on study of Chozin *et al.* (2017) that panicles (productive tillers) is largely determined by the tillers number produced by the plant. It also indicated by proportion of photosyntates source, that Table 5 and Table 6

showed strongly association between total tillers and biomass dry weight of BC₁F₁ ($r = 0.935$) and Inpara 8 ($r = 0.931$).

Takai *et al.* (2021) suggested that rice crops have a potential to increase its production along with the number of tillers. Tillering ability of rice greatly influenced by genetic (Ren *et al.* 2021) and environmental factors (Gao *et al.* 2019). Tiller productivity was categorized into 4 groups, (1) Low (less than 10 tillers), (2) Medium (11-15 tillers), (3) High (16-20 tillers), and (4) Very high (more than 20 tillers) (IRRI, 2013). Based on the result, Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8 was categorized into the few tillers group.

Days to flowering and harvesting. In this study, all population were not significantly different in flowering time and significantly different in harvesting time (Table 3). The result showed the flowering time of Inpago 5 was 66 days after sowing (DAS), BC₁F₁ was 71 DAS, and Inpara 8 was 76 DAS. Inpara 8 had the shortest time to flowering, but had shorter grain filling phase than Inpago 5 and BC₁F₁. The flowering and harvesting time of BC₁F₁ population were 3 days longer than Inpago 5. Inversely with previous study by Suwignyo *et al.* (2021) that flowering time and harvesting time of Inpara 8 shorter than Inpago 5. Tabel 6 showed strongly association of harvesting time with plant height

($r=0.93$) and productive tillers ($r=0.91$). As reported by Kartina *et al.* (2016) that harvesting time and flowering time were correlated to plant height and productive tillers.

Number of total spikelets. Based on the LSD test, the means values of the number of total spikelets per panicle of BC₁F₁ and Inpago 5 were not significantly different at 181.42 and 177.1 spikelets. The number of spikelets per panicle of Inpara 8 was significantly lower than the other populations with 82.19 spikelets. Inpara 8 produced significantly lower number of total spikelets per plant at 695.4 spikelets than BC₁F₁ (1,348.2 spikelets) and Inpago 5 (1,342 spikelets). At the end of vegetative stage, the plants were reached the maximum plant height and maximum tiller number. The beginning of reproductive stage is characterized by initiated panicle formation and the appearance of flag leaves. After the panicle is perfectly formed, the plants begin into the flowering stage lasts about 25 - 28 days influenced by genetic and environmental differences (Guo *et al.* 2020). Table 5 showed number of total spikelets per panicle had positive correlation to productive tillers ($r = 0.88$) and grains dry weight ($r = 1$). While number of total spikelets per plant showed positive correlation to productive tillers ($r = 0.96$) and negative correlation to grains dry weight ($r = -1$).

Table 3. Agronomy parameters of vegetative and generative stage of Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8

Pop	PL	DF	DH	TSP	TSC	PS	DB	WG	GDW
Inpago 5	5.73 b	66.53 a	123.60 b	181.42 a	1342.00 a	25.02 a	27.88 a	20.99 b	9.45 a
BC ₁ F ₁	5.33 b	71.16 a	126.20 a	177.10 a	1348.20 a	29.40 a	29.68 a	25.49 a	9.71 a
Inpara 8	8.34 a	76.33 a	115.87 c	82.19 b	695.40 b	39.23 a	29.09 a	22.29 ab	2.78 b
LSD _{.05}	1.32	31.46	1.26	24.49	535.68	15.36	4.24	3.34	11.57

Note: values within a column followed by the same letters were not significantly different based on the LSD at $P \leq 0.05$; PL = Number of productive tillers; DF = Day to flowering; DH = Day to harvesting; TSP = Number of total spikelets per panicle; TSC = Number of total spikelets per plant; PS = Percentage of sterile spikelets (%); DB = Biomass dry weight (g); WG = Weight of 1000 grains (g); GDW = Grains dry weight (g); Pop = Population.

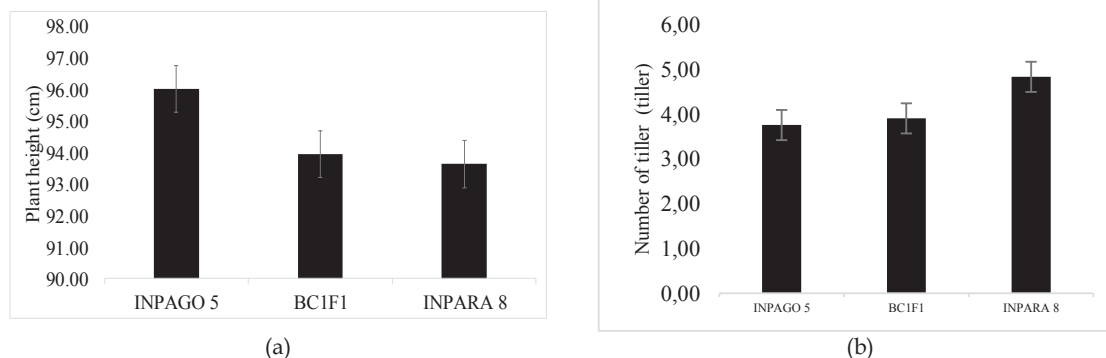


Figure 1. Average of plant height (A) and number of total tillers (B) of Inpago 5, BC₁F₁, and Inpara 8

Percentage of sterile spikelets. Table 3 showed the lowest percentage of sterile spikelets was Inpago 5 at 25.02% and the highest percentage was Inpara 8 with 39.23% of sterile spikelets. The percentage of sterile spikelets of BC₁F₁ (29.4%) also found not significantly different from the parents. Inpara 8 got the highest percentage of sterile spikelets (Table 3) due to the highest damaged caused by pest. It explained by Sugiura *et al.* (2022) that

decreasment of the percentage of filled spikelets caused by pest attacked. Table 6 showed number of productive tillers had positive association with total spikelets per panicle and plant ($r = 0.983$ and 0.955). The more number of attacked tillers, the higher of sterile spikeletes. It also reported by Akhmadi *et al.* (2017) that sterile spikelets parameter was strongly correlated to productive tillers.

Table 4. Comparison of correlation analysis result among growth parameters of Inpago 5

	PH	TL	PL	DF	DH	TSP	TSC	PS	BDW	WG	GDW
PH	1										
TL	-0.11	1									
PL	-0.64	0.41	1								
DF	-0.21	0.52	0.21	1							
DH	-0.53	-0.15	0.44	-0.676	1						
TSP	0.12	-0.84	-0.73	-0.23	-0.13	1					
TSC	0.40	0.12	0.38	0.15	-0.30	-0.48	1				
PS	0.52	-0.22	0.01	-0.78	0.38	-0.19	0.46	1			
BDW	0.48	0.15	0.26	-0.49	0.24	-0.55	0.67	0.91*	1		
WG	-0.07	0.92	0.12	0.99	-0.74	-0.57	0.96	-0.97	-0.99	1	
GDW	-0.31	0.99	0.36	0.99	-0.56	-0.75	0.87	-1.00*	-0.99	0.97	1

Table 5. Comparison of correlation analysis result among growth parameters of BC₁F₁

	PH	TL	PL	DF	DH	TSP	TSC	PS	BDW	WG	GDW
PH	1										
TL	-0.77	1									
PL	-0.77	1.00**	1								
DF	-0.64	0.36	0.36	1							
DH	-0.63	0.42	0.41	0.40	1						
TSP	0.63	-0.75	-0.75	-0.78	-0.36	1					
TSC	0.03	0.52	0.52	-0.58	-0.13	-0.80	1				
PS	0.53	-0.92*	-0.92*	-0.34	-0.35	-0.75	-0.54	1			
BDW	-0.92*	0.94*	0.94*	0.53	0.66	-0.75	0.26	-0.80	1		
WG	-0.83	0.96	0.96	-0.95	-0.24	-0.44	0.84	-0.67	0.99	1	
GDW	0.97	-0.41	-0.41	0.37	-0.59	-0.40	-0.12	-0.14	-0.74	-0.65	1

Table 6. Comparison of correlation analysis result among growth parameters of Inpara 8

	PH	TL	PL	DF	DH	TSP	TSC	PS	BDW	WG	GDW
PH	1										
TL	-0.20	1									
PL	-0.39	0.93*	1								
DF	-0.34	0.77	0.86	1							
DH	0.93*	-0.41	-0.48	-0.36	1						
TSP	-0.49	0.88	0.88*	0.91*	-0.62	1					
TSC	-0.48	0.95*	0.96*	0.82	-0.64	0.95*	1				
PS	-0.95*	0.12	0.34	0.16	-0.86	0.31	0.38	1			
BDW	0.14	0.931*	0.81	0.60	-0.09	0.66	0.78	-0.15	1		
WG	-0.96	-0.04	0.47	0.47	-0.88	0.61	0.60	0.91	-0.53	1	
GDW	0.36	-0.76	-0.98	-0.98	0.18	1.00**	-1.00*	-0.24	-0.34	-0.62	1

Note: (Table 4, Table 5, Table 6) PH = Plant height; TL = Number of total tillers; PL = Number of productive tillers; DF = Day to flowering; DH = Day to harvesting; TSP = Number of total spikelets per panicle; TSC = Number of total spikelets per plant; PS = Percentage of sterile spikelets (%); BDW = Biomass dry weight (g); WG = Weight of 1000 grains (g); GDW = Grains dry weight (g); * = Correlation is significant at the 0.05 level; ** = Correlation is significant at the 0.01 level

Weight of 1000 grains. Based on the LSD test (Table 3), the weight of 1000 grains of BC₁F₁ was 25.49 g, significantly higher than Inpara 8 (22.29 g) and Inpago 5 (20.99 g). The photosynthates translocate from the source (leaves) to the sink (parts of plant) (Jeong *et al.* 2017) and grain is the main photosynthate sink (Mathan *et al.*, 2021). The process of grains filling is very important to get high yields showed by the highest of weight of 1000 grains and percentage of grain content (Table 3).

Biomass dry weight and Grains dry weight. Table 3 showed the biomass dry weight BC₁F₁ (24.4 g) not significantly different from Inpago 5 (27.88 g) and Inpara 8 (29.09 g). meanwhile, the highest grains dry weight was BC₁F₁ (9.71 g) not significantly different from Inpago 5 (9.45 g) and significantly different from Inpara 8 (2.78 g). Table 4 showed biomass dry weight were correlated to grains dry weight ($r = 1$). The percentage of sterile spikelets and the weight of 1000 grains not only were caused by pest attacked but also affected by an imbalance between the sink and the source in the photosynthate translocation. In addition to translocated to the grains, the photosynthates are also translocated to other parts, such as young leaves. Table 3 showed the biomass of the total dry weight of the vegetation above the soil surface. The biomass is affected by differences of phenological generative growth for each varieties (Vijayaraghavareddy *et al.* 2020). The shorter grains filling phase, causing uneven distribution of photosynthates. An imbalance of photosynthates distribute, could influence grains dry weight and biomass. It showed by Table 4, that percentage of sterile spikelets were negatively correlated to grains dry weight ($r = -1$) and positively correlated to biomass dry weight ($r = 0.91$).

Conclusion

The result showed that Inpago 5, as a recipient parent, got the highest number of total spikelets per panicle (181.42 grains), the lowest percentage of sterile spikelets (25.05%) and the lowest biomass dry weight (27.88 g). Inpara 8, as a donor parent, got the highest average number of productive tillers (8.34 tillers), took the longest time to flowering (76 days), and the shortest time to harvesting (115 days). Then, the progenies BC₁F₁ got the highest average number

of total spikelets per plant (1348.2 grains), weight of 1000 grains (25.49 g), and grains dry weight (9.71 g). According to the result, population of BC₁F₁ was indicated a segregation gene traits from the parents. It showed by 63.6% observed parameters of BC₁F₁ have means value between Inpago 5 and Inpara 8. The days to harvesting and total spikelets per plant of BC₁F₁ had the highest average value, exceeding the Inpago 5. Then, BC₁F₁ got the highest means value of biomass dry weight and weight of 1000 grains, tending to Inpara 8. This study was evaluated the growth traits of progenies plants. The next backcrossing of the plants and molecular selection with Marker Assisted Backcrossing (MABC) method would be further selection to obtained plants that have *Sub1* gene and the closest characteristic to recipient parent (Inpago 5).

Acknowledgement

The authors would like to thank and appreciate anonymous reviewers and editors of Kultivasi Journal for their meaningful comments and suggestions. We deeply appreciate the Ministry of Education, Culture, Research and Technology who has funded this research under research scheme of national competitive program research fiscal year 2022 No. 142/E5/PG.02.00.PT/2022 with DIPA No. SP DIPA-023.17.1.690523/2022.

References

- Adriansyah, F., M. Hasmeda, R.A. Suwignyo, E.S. Halimi, F. Fatimah, I. Wibisono, and U. Sarimana. 2022. Selection of *Sub1* locus for submergence-tolerant introgression in a backcrossing of South Sumatra rice based on SSR markers. *Sains Malaysiana*, 51(3): 695-706. doi: 10.17576/jsm-2022-5103-05.
- Adriansyah, F., M. Hasmeda, R.A. Suwignyo, E.S. Halimi, and U. Sarimana. 2021. Improvement of the submergence tolerance of local South Sumatran rice through the introgression of the *Sub1* gene by using marker-assisted selection. *Sabroa Journal of Breeding and Genetics*, 53(4): 575-91. doi: <https://doi.org/10.54910/sabroa2021.53.4.3>.
- Akhmadi, G., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, and D.

- Wirnas. 2017. Selection of agronomic traits for selection of dihaploid rice lines. *J. Agron. Indonesia*, 45: 1–8.
- Aulia, S. L. 2021. *Pembentukan populasi BC₁F₁ seleksi MABC (Marker Assisted Backcrossing) dan uji toleransi cekaman terendam BC₁F₁ dari hasil persilangan varietas inpag 5 dan inpara 8*. [TESIS] Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
- BPS Indonesia. 2022. *Statistical Yearbook of Indonesia 2022*. Jakarta, BPS Statistic Indonesia
- Chozin, M., S. Sudjatkiko, and M.F. Barchia. 2017. Genetic variability and traits association analyses on F₂ generations for determination of selection criteria in Indonesian inland swamp rice breeding." *Australia Journal of Crop Science*, 11(05): 535–41. doi: 10.21475/ajcs.17.11.05.p317.
- Fukao, T., E. Yeung, and J. Bailey-serres. 2011. The submergence tolerance regulator *SUB1A* mediates crosstalk between submergence and drought tolerance in rice. *The Plant Cell*, 23: 412–27. doi: 10.1105/tpc.110.080325.
- Gao, H., W. Wang, Y. Wang, and Y. Liang. 2019. Molecular mechanisms underlying plant architecture and its environmental plasticity in rice. *Molecular Breeding*, 39(12): 167. doi: 10.1007/s11032-019-1076-2.
- Guo, T., Q. Mu, J. Wang, A.E. Vanous, A. Onogi, H. Iwata, X. Li, and J. Yu. 2020. Dynamic effects of interacting genes underlying rice flowering-time phenotypic plasticity and global adaptation. *Genome Research*, 30(5): 673–83. doi: 10.1101/gr. 255703.119.
- IRRI. 2013. *Standard Evaluation System for Rice*. Philippines, International Rice Research Institute
- Jeong, K., C.C. Julia, D.L.E. Waters, O. Pantoja, M. Wissuwa, S. Heuer, L. Liu, and T.J. Rose. 2017. Remobilisation of phosphorus fractions in rice flag leaves during grain filling: implications for photosynthesis and grain yields. *PLoS ONE*, 12(11): 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0187521.
- Kartina, N., B.P. Wibowo, Y. Widyastuti, I.A. Rumanti, and Satoto. 2016. Correlation and path analysis for agronomic traits in hybrid rice. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2): 76–83. doi: 10.18343/jipi.21.2.76.
- Lakitan, B., B. Hadi, S. Herlinda, E. Siaga, L.I. Widuri, K. Kartika, L. Lindiana, Y. Yunindyawati, and M. Meihana. 2018. Recognizing farmers' practices and constraints for intensifying rice production at riparian wetlands in Indonesia. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 85: 10–20. doi: 10.1016/j.njas.2018.05.004.
- Liu, F., P. Wang, X. Zhang, X. Li, X. Yan, D. Fu, and G. Wu. 2018. The genetic and molecular basis of crop height based on a rice model. *Planta*, 247(1). doi: 10.1007/s00425-017-2798-1.
- Mathan, J., A. Singh, and A. Ranjan. 2021. Sucrose transport and metabolism control carbon partitioning between stem and grain in rice. *Journal of Experimental Botany*, 72(12): 4355–72. doi: 10.1093/jxb/ erab066.
- Ningsih, R.D., M. Yasin, and A. Noor. 2020. Rice productivity on tidal swampland in the agricultural assistance area program in Barito Kuala Regency South Kalimantan. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484(1). doi: 10.1088/1755-1315/484/1/012123.
- Oladosu, Y., M.Y. Rafii, F. Arolu, S.C. Chukwu, I. Muhammad, I. Kareem, M.A. Salisu, and I.W. Arolu. 2020. Submergence tolerance in rice: review of mechanism, breeding and, future prospects. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4): 1–16. doi: 10.3390 /su12041632.
- Ren, M., M. Huang, H. Qiu, Y. Chun, L. Li, A. Kumar, J. Fang, J. Zhao, H. He, and X. Li. 2021. Genome-wide association study of the genetic basis of effective tiller number in rice. *Rice*, 14(1). doi: 10.1186/s12284-021-00495-8.
- Rumanti, I.A., Y. Nugraha, R.H. Wening, Z.J.C. Gonzaga, Suwarno, A. Nasution, D. Kusdianan, and E.M. Septiningsih. 2016. Development of high-yielding rice varieties suitable for swampy lands in Indonesia. *Plant Breeding and Biotechnology*, 4(4): 413–25. doi: 10.9787/pbb.2016.4.4.413.
- Rusdan, R. 2019. *Respon Beberapa Varietas Padi (Oryza Sativa) Terhadap Cekaman Kekeringan Pada Fase Generatif*. [SKRIPSI] Universitas Sriwijaya.
- SAS, Institute Inc. 2004. *SAS/STAT User's Guide Version 9, 4th Edition*. Statistical Analysis Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Shin, N.H., J.H. Han, K.T.X. Vo, J. Seo, I.P. Navea, S.C. Yoo, J.S. Jeon, and J.H. Chin. 2022. Development of a temperate climate-adapted indica multi-stress tolerant rice variety by pyramiding quantitative trait loci. *Rice*, 15(1). doi: 10.1186/s12284-022-

- 00568-2.
- Singh, A., J. Carandang, Z.J.C. Gonzaga, B.C.Y. Collard, A.M. Ismail, and E.M. Septiningsih. 2017. Identification of QTLs for yield and agronomic traits in rice under stagnant flooding conditions. *Rice*, 10(1): 1–18. doi: 10.1186/s12284-017-0154-5.
- Singh, S., S. Prasad, V. Yadav, A. Kumar, B. Jaiswal, A. Kumar, N.A. Khan, and D.K. Dwivedi. 2018. Effect of drought stress on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, (7): 2752–59.
- Sugiura, K., T. Oi, T. Tanaka, A. Hamagashira, R. Ouk, M. Nakamura, Y. Ide, K. Tsuda, A. Ito, and A. Yamauchi. 2022. Resistance factors of pecky rice incidence caused by the rice stink bugs (*Leptocoris chinensis*, *Nezara viridula*) in rice line CRR-99-95W. *Plant Production Science*, 25(2): 172–82. doi: 10.1080/1343943X.2022.2033127.
- Sulaiman, A.A., Y. Sulaeman, and B. Minasny. 2019. A Framework for the development of wetland for agricultural use in Indonesia. *Resources*, 8(1): 1–16. doi: 10.3390/resources8010034.
- Suwignyo, R.A., I. Irmawati, F. Hose, and S.L. Aulia. 2021. Development of rice varieties adaptive to non-tidal swampland using MABC: growth characteristics of parent plant and F₁ result. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 741: 4–9.
- Suwignyo, R.A. 2016. “Efforts and strategy to improve productivity of suboptimal land in Indonesia. in *ICCAE 5th Open Seminar in AY2016, International Center for Research and Education in Agriculture (ICREA)*. December 13 2016. Nagoya University, Nagoya Japan.
- Takai, T., M. Sakata, N.M. Rakotoarisoa, N.T. Razafinarivo, T. Nishigaki, H. Asai, T. Ishizaki, and Y. Tsujimoto. 2021. Effects of quantitative trait locus MP3 on the number of panicles and rice productivity in nutrient-poor soils of Madagascar.” *Crop Science*, 61(1): 519–28. doi: 10.1002/csc2.20344.
- Tang, L., Z.J. Xu, and W.F. Chen. 2017. Advances and prospects of super rice breeding in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(5): 984–91. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61604-0.
- Tilahun, Z.M. 2019. Effect of Row Spacing and Nitrogen Fertilizer levels on yield and yield components of upland rice varieties. *World Scientific News*, 116: 180–93.
- Tirtana, A., B. S. Purwoko, I. S. Dewi, and Trikoesoemaningtyas. 2021. Selection of upland rice lines in advanced yield trials and response to abiotic stress. *Biodiversitas*, 22(10): 4694–4703. doi: 10.13057/biodiv/d221063.
- Tiwari, A., S. Prasad, G. Kumar, A. Kumar, A. Mishra, K.N. Singh, and A. Tiwari. 2017. Physio-molecular approach towards developing rice variety for dual resistance (drought and submergence) under rainfed lowland ecosystem. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1: 6–12.
- Vijayaraghavareddy, P., Y. Xinyou, P.C. Struik, U. Makarla, and S. Sreeman. 2020. Responses of lowland, upland and aerobic rice genotypes to water limitation during different phases. *Rice Science*, 27(4): 345–54. doi: 10.1016/j.rsci.2020.05.009.
- Wang, J., B. Wu, K. Lu, Q. Wei, J. Qian, Y. Chen, and Z. Fang. 2019. The amino acid permease 5 (Osaap5) regulates tiller number and grain yield in rice. *Plant Physiology*, 180(2): 1031–45. doi: 10.1104/pp.19.00034.
- Xu, K. and D. J. Mackill. 1996. A major locus for submergence tolerance mapped on rice chromosome 9. *Molecular Breeding*, 2(3): 219–24. doi: 10.1007/BF00564199.
- Zaman, N.K., M.Y. Abdullah, S. Othman, and N.K. Zaman. 2018. Growth and physiological performance of aerobic and lowland rice as affected by water stress at selected growth stages. *Rice Science*, 25(2): 82–93. doi: 10.1016/j.rsci.2018.02.001.

Widyastuti, R.A.D. · S.D. Utomo · D.H. Pangaribuan · P. Sanjaya · H.A. Warganegara · W. Agustin

The growth of 'Crystal' guava seedling in response to pinching and dormancy breaking chemicals

Abstract. Pinching and dormancy breaking chemicals (DBC) application are potentially used to regulate the growth of plant. This study aims to evaluate the growth response of 'Crystal' guava (*Psidium guajava* L.) seedling in response to pinching and DBC application. This experiment was carried out in the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung from March to June 2021, with a randomized completely block design (RCBD) with 2 factors (pinching and DBC) and repeated four times. The results showed that pinching could reduce the increase of height of guava seedling. The combination of pinching with DBC could significantly increase the number of new emerging leaves, branches, and shoots as well as the length of new shoots. The leaf area on new emerging leaves was not affected by pinching and DBC factors. The application of DBC to non-pinched plants inhibited vegetative growth and precisely increased generative growth, as indicated by the increase of the number of flowers produced. The most recommended treatment to improve the vegetative growth of guava plant seedlings was a combination of pinching and KNO_3 40 g L^{-1} .

Keywords: 'Crystal' guava · Dormancy breaking chemicals · KNO_3 · Pinching · Vegetative growth

Respon pertumbuhan bibit jambu biji 'Kristal' terhadap aplikasi pinching dan zat pemecah dormansi

Sari. Pinching dan pemberian zat pemecah dormansi berpotensi untuk digunakan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respon pertumbuhan bibit tanaman jambu biji (*Psidium guajava* L.) 'Kristal' terhadap perlakuan pinching dan pemberian zat pemecah dormansi (ZPD). Percobaan ini dilaksanakan di lahan Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan Maret hingga Juni 2021, dengan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial (pinching dan ZPD) yang diulang sebanyak 4 kali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik pinching dapat menurunkan pertumbuhan tinggi tanaman jambu. Namun hal ini justru dapat memperbaiki pertumbuhan bibit jambu. Kombinasi pinching dengan ZPD dapat meningkatkan jumlah daun, cabang, dan tunas baru serta panjang tunas baru secara signifikan. Luas daun baru tanaman jambu tidak dipengaruhi oleh faktor pinching dan ZPD. Pemberian ZPD pada tanaman yang tidak dipinching menghambat pertumbuhan vegetatif, sebaliknya meningkatkan pertumbuhan generatif dengan indikator peningkatan jumlah bunga yang diproduksi. Perlakuan yang paling direkomendasikan untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif bibit tanaman jambu adalah kombinasi antara pinching dan KNO_3 40 g L^{-1} .

Kata kunci: Jambu biji 'Kristal' · KNO_3 · Pertumbuhan vegetatif · Pinching · Zat pemecah dormansi

Manuscript received : 19 July 2022, Revision accepted : 13 December 2022, Published : 21 December 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.40791>

Widyastuti, R.A.D.¹ · S.D. Utomo² · D.H. Pangaribuan¹ · P. Sanjaya¹ · H.A. Warganegara² · W. Agustin²

¹ Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145, Indonesia

² Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145, Indonesia

Correspondence: rdiana.widyastuti@fp.unila.ac.id

Introduction

Guava (*Psidium guajava* L.) is a fruit tree species from the genus *Psidium* that is originated from the Central American region prior to widely spread throughout the world (Aravalo-Marin *et al.* 2021), including Indonesia (Widyastuti *et al.*, 2019a; 2019b). Guava fruit can be used both as table fruit and raw material for making fruit juice. Guava fruit is rich in natural fiber, antioxidant compounds and vitamin C (Guntarti and Hutami 2019; Hartati *et al.*, 2020; Susanto *et al.*, 2019). Based on the results of previous studies, varietal factors can cause differences in the nutritional and phytochemical content of guava fruit (Suwanwong and Boonpangrak, 2021; Omayio *et al.*, 2022).

One of the popular guava varieties today is 'Crystal'. This variety comes from Taiwan whose pedigree is the result of the selection of the mother tree in the experimental garden of Taiwan technical Mission, Delanggu, Mojokerto, East Java (Ministry of Agriculture 2007). 'Crystal' guava has superior characteristics based on consumer likeliness such as sweet fruit flesh, high edible fruit portion, crispy, few seeds, and high nutritious content, e.g., vitamin C (18.73 mg per 100 g) (Ministry of Agriculture 2007). Due to its importance, the guava production improvement through agricultural intensification is highly required.

Concerning agricultural intensification, several culture techniques are potentially applied to gain fruit production in tropical areas. Earlier studies reported the regulation of plant growth and development by selecting the suitable growing area (Widyastuti *et al.*, 2022; Widyastuti 2019b), and employing certain technology of shading (Budiarto *et al.*, 2019b; Budiarto *et al.*, 2022), application of inorganic, biofertilizers (Dheware *et al.*, 2020), and organic fertilizers (Musyarofah *et al.*, 2020; Luna-Jiménez *et al.*, 2020). In addition, physical manipulation is also reported to be able to regulate fruit tree plant grow and development, namely shoot pruning (Bhagawati *et al.*, 2015; Budiarto *et al.*, 2018; Susanto *et al.*, 2019; Widyastuti *et al.*, 2019c), flower pruning (Suman and Bhatnagar 2019), root pruning (Budiarto *et al.*, 2019a), and stem strangulation (Widyastuti 2019a).

One of several physical manipulation techniques that has not been widely applied to guava is pinching. Pinching can be defined in

general as the light level of hand pruning on the apical bud, also known as apical shoot removal, that aims to stimulate the emergence of lateral shoot. Previous experiments on kaffir lime proved that pinching give significant effect on the vegetative growth performance (Budiarto *et al.*, 2019b).

Further growth improvement potentially to be achieved by plant growth regulators (PGR) application. PGR can be defined as a group of artificial compounds that can stimulate or inhibit the process of plant growth with a mode of action similar to phytohormones. Phytohormones such as auxin and cytokinin are reported to involve in the formation of cambium growth (Bagdassarian *et al.*, 2020).

One of the PGR from the cytokinin group that is commonly used is Benzyl amino purines (BAP). BAP can be used as a dormancy breaking chemical (DBC). Previous research stated that giving BAP 100 ppm can increase the percentage of success of side grafting, accelerate the dormancy breaking time and increase the length of guava shoots (Pratomo, 2018). In addition to BAP, KNO₃ is also often used as DBC. According to Hendrajaya (2019) the provision of KNO₃ (40 g per plant) which causes an increase in plant growth performance continues to increase crop yields.

The research on pinching and DBC application is still not widely performed in the 'Crystal' guava plant. Therefore, this study aims to examine the growth of the guava seedling in response to pinching and application of DBC in the form of BAP and KNO₃.

Materials and Methods

This experiment was carried out in the Integrated Field Laboratory Complex of the Universitas Lampung (120 m above sea level), starting from March to June 2021. The planting material used is a 1-year-old 'Crystal' seedling, with a high uniformity level and free from pest and disease attacks.

This study used a two-factor of Randomized Completely Block Design (RCBD). The first factor was (P) pinching which consisted of two levels, i.e., (P₁) with pinching and (P₂) without pinching. Pinching was applied manually by hand, on the apical bud of guava seedling. Afterward, the DBC was applied on the guava seedling according to the treatment.

The second factor was the (M) DBC that consisted of 3 levels, namely (M₁) without DBC, (M₂) KNO₃ 40 g L⁻¹, and (M₃) BAP 100 ppm. From these two factors, six combinations were obtained (P₁M₁, P₁M₂, P₁M₃, P₂M₁, P₂M₂, P₂M₃) and each combination treatment was repeated four times so that there were 24 experimental units.

The measured growth components were the increase of plant height, the number of new emerging leaves, branches and shoots per plant, the length of new emerging shoots, the leaf area, and the number of flowers. The data obtained were tested with analysis of variance at the level of 5% and then continued by Least Significance Difference test at 5%.

Results and Discussion

Plant Height. The pinching treatment had a significant effect on the height of 'Crystal' guava plant. Meanwhile, the treatment of DBC and its interaction with pinching had no significant effect on the plant height at 11 weeks after treatment (WAT).

The mean of beginning plant height was 71 cm, while the mean of final plant height was 75 cm. The tallest plants observed at 11 WAT was the treatment without pinching (P₂) for about 79 cm, while the shortest plant was observed in the pinching (P₁) for about 69 cm (Figure 1).

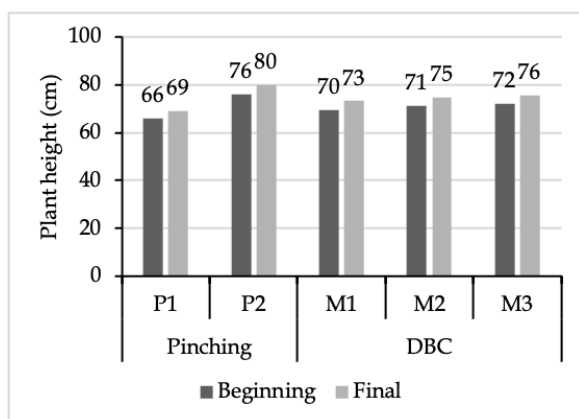


Figure 1. The 'Crystal' guava plant height at beginning and final observation on 11 weeks after treatment (WAT).

Note: DBC - Dormancy breaking chemical, P₁ - pinching, P₂ - No pinching, M₁ - No DBC, M₂ - KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ - BAP 100 ppm.

Table 1. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the increase of plant height from beginning to 11 WAT

Treatment	The increase of plant height (cm)
Pinching	
Pinching (P ₁)	3.05 b
No Pinching (P ₂)	3.96 a
Dormancy breaking chemical (DBC)	
No DBC (M ₁)	3.69 a
KNO ₃ 40 g L ⁻¹ (M ₂)	3.35 a
BAP 100 ppm (M ₃)	3.48 a

Note: the mean followed by difference alphabet is significantly different among the same factor based on the Least Significant Difference test at 5%.

The result of present experiment revealed the reduction of seedling height at the beginning observation period due to the apical removal in pinched plant rather than control. Afterward, the seedling experienced an increase of height, during 3 WAT up to 11 WAT. However, the increase of height in pinched seedling was significantly lower than those in no pinching seedling, i.e., 3.05 cm compared to 3.96 cm, respectively (Table 1). The lower increase in pinched plant, rather than control, could be associated with the removal of apical buds which could grow vigorous upward leading to the increase of plant height. Meanwhile, the average of the increase of plant height in treatments without DBC, with KNO₃ 40 g L⁻¹ and with BAP 100 ppm were 3.69, 3.35, and 3.48 cm, respectively (Table 1).

Number of Leaves. The interaction of pinching and DBC had a significant effect on the number of new emerging leaves at 11 WAT. In the combination of pinching (P₁) and KNO₃ (M₂), the guava could produce more leaves, thus make this treatment as the best treatment to increase leaves number compared to others. This best combination treatment of P₁M₂ had 6 leaves more than the control or P₂M₁ (Table 2).

Table 2. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the number of new emerging leaves at 11 WAT

DBC	Pinching (P)	
	P ₁	P ₂
M ₁	45.5 A	53.0 A
	a	a
M ₂	59.75 A	36.25 B
	a	b
M ₃	45.5 A	36.5 A
	a	b

Note: The mean followed by difference uppercase and lowercase alphabet is significantly different within the same line and the same column based on the Least Significant Difference test at 5%, respectively. DBC – Dormancy breaking chemical, P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

Number of Branches. The data analysis showed that there was a significant interaction effect between pinching and DBC on the increase of branches number. It was known that the highest result of the number of branches was found in the P₁M₃, i.e., 6.25 branches, while the lowest result was found in the control treatment or P₂M₁, i.e., 3.75 branches (Table 3).

It was likely that the addition of BAP for about 100 ppm resulted in the largest increase in the number of branches. In pinched plants (P₁), the administration of BAP (M₃) could result in the largest increase in the number of branches. In plants that were not treated with pinching (P₂), the administration of BAP (M₃) and KNO₃ (M₂) could improve branching response by producing a greater increase compared to no DBC.

The average of the branches number at the beginning varies from 3.8-7.3 branches, while the average of branches number at the end of the observation (11 WAT) varied from 7.8-13.5 branches (Figure 2). Although it had variations in terms of branches number, as a result of the pinching and DHC, broadly speaking the increase of branches number was about 45% over 11 observation weeks.

Table 3. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the increase of branches number from beginning to 11 WAT

DBC	Pinching (P)	
	P ₁	P ₂
M ₁	4.00 A	3.75 A
	B	B
M ₂	4.5 A	5 A
	B	a
M ₃	6.25 B	4 A
	a	b

Note: The mean followed by difference uppercase and lowercase alphabet is significantly different within the same line and the same column based on the Least Significant Difference test at 5%, respectively. DBC – Dormancy breaking chemical, P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

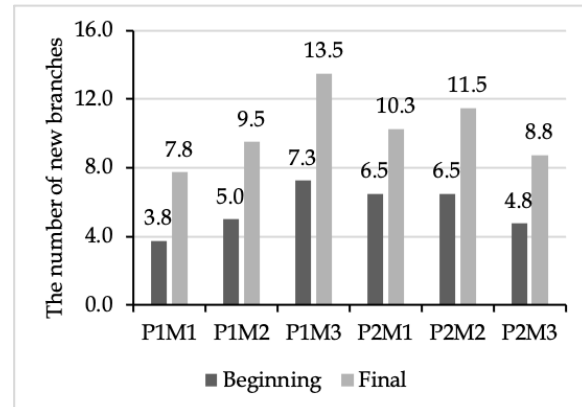


Figure 2. The difference of branches number at beginning and final observation on 11 weeks after treatment.

Note: P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm

Number of New Emerging Shoots. The number of new shoots was also affected by the interaction between the pinching and DBC. According to Table 4, the pinching, with or without DBC application, results in insignificantly different number of new shoots.

Meanwhile, without pinching treatment, the number of new shoots seemed to improve by the application of KNO₃. It was proof that KNO₃ as a DBC could improve the plant budding response. It also confirmed that the pinching treatment could significantly increase the number of new shoots of 'Crystal' guava (Table 5). At 11 WAT, pinching plant experienced an increase in the number of new shoots as much as 17% compared to plants without pinching.

Table 4. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the number of new emerging shoots at 11 WAT

DBC	Pinching (P)	
	P ₁	P ₂
M ₁	16.25 A	13.5 A
	a	b
M ₂	16.5 A	17.25 A
	a	a
M ₃	19.5 A	14 B
	a	b

Note: The mean followed by difference uppercase and lowercase alphabet is significantly different within the same line and the same column based on the Least Significant Difference test at 5%, respectively. DBC – Dormancy breaking chemical, P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

Table 5. The effect of pinching on the number of new emerging shoots at 11 WAT

Pinching	Mean
P ₁	17.42 a
P ₂	14.92 b

Note: The mean followed by difference lowercase alphabet is significantly different within the same column based on the Least Significant Difference test at 5%. P₁ – pinching, P₂ – No pinching.

The length of the new shoot. In addition to the number of new shoots, the length of new shoots was also influenced by the interaction between pinching and DBC. The longest shoot was observed in guava plants treated with pinching and KNO₃, by producing 83% longer shoot than control (Table 6). On average, the number of new shoots of pruned plants was 36% greater than without pinching. The average of shoots length in plant with pinching treatment was 12.07 cm, whereas the one without pinching was only 8.85 cm.

Table 6. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the length of new emerging shoots at 11 WAT

DBC	Pinching (P)	
	P ₁	P ₂
M ₁	13.17 A a	7.23 B b
M ₂	13.24 A a	7.03 B a
M ₃	9.8 A b	12.29 A a

Note: The mean followed by difference uppercase and lowercase alphabet is significantly different within the same line and the same column based on the Least Significant Difference test at 5%, respectively. DBC – Dormancy breaking chemical, P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

Table 7. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the leaf area

Treatment	Leaf area (cm ²)
P ₁ M ₁	35.91 a
P ₁ M ₂	31.99 a
P ₁ M ₃	30.30 a
P ₂ M ₁	30.76 a
P ₂ M ₂	35.76 a
P ₂ M ₃	33.74 a

Note: The mean followed by difference lowercase alphabet is significantly different within the same column based on the Least Significant Difference test at 5%. P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

Leaf Area. The pinching, DBC and the interaction of both factors had no significant effect on the leaf area of the 'Crystal' guava plant. The average leaf area at 11 MST was 33.08 cm².

Number of Flowers. This study also presented data on the number of flowers that appeared from the 5th to 11th WAT, although no further tests were carried out on this data. Flowers were mostly found in the non-pinching treatment given by DBC. The flower produced by non-pinching combined with DBC in form of KNO₃ 40 g L⁻¹ and BAP 100 ppm was higher than pinching plant, with and without DBC (Table 8).

Table 8. The effect of pinching and dormancy breaking chemicals on the number of flowers from 5 to 11 WAT

Treat ment	Weekly observation						
	5	6	7	8	9	10	11
P ₁ M ₁	0	0	1	1	1.5	1.75	1.75
P ₁ M ₂	0	0	1.25	1.5	2.5	2.5	3
P ₁ M ₃	0.25	0.25	0.75	1.25	1.25	1.5	1.5
P ₂ M ₁	0.5	0.75	1	1.25	1.25	1.25	1.25
P ₂ M ₂	0.75	0.75	2.25	3.5	5.25	6.75	6.75
P ₂ M ₃	0	0.25	1.75	2.5	3.75	4.75	6

Note: P₁ – pinching, P₂ – No pinching, M₁ – No DBC, M₂ – KNO₃ 40 g L⁻¹, M₃ – BAP 100 ppm.

Discussion. Pinching is defined as the light pruning by hand on the certain apical bud. Plants without pinching favor the dominant growth of apical shoots, as evidence of the occurrence of apical dominance phenomenon. The dominant growth in the vertical direction caused a significant increase in the height of plant in control or no pinching treatment.

The applied pinching in guava seedling generally aimed to decline apical dominance, in similar to earlier studies result (Budiarto, 2018). The high production of auxin hormone in apical shoots that were actively dividing caused a high translocation of auxin to prospective lateral buds, resulting in high concentrations of auxin in that area. At such high concentrations, auxin actually made dormant lateral bud. The cutting of apical buds caused a decrease in the supply of auxins so that it gradually decreased the concentration of auxins in the lateral meristem, which induced the breakdown of dormancy and the growth of lateral shoots.

The absence of apical dominance resulted more lateral bud grow and subsequently formed wider canopy. The wider canopy in guava

seedling was important for increasing source capacity of plant prior to shift to generative stage. The success of pinching to create more branches and new emerging shoot was also proved in present experiment. Apart from the pinching treatment, the administration of DBC, such as KNO_3 could also improve the branching response in plants that are not pinched.

Even in the pinching treatment, the combination with KNO_3 could increase the number of leaves and the length of new shoots compared to only the KNO_3 treatment. The results of present study provided an additional knowledge that the KNO_3 treatment still need to be supplemented with other practical culture treatments to improve growth performance, such as pinching.

The provision of DBC in the form of KNO_3 and BAP was proven to induce flowering, if not accompanied by pinching techniques. Flowering in the early stages of 'Crystal' guava seedlings was a detrimental thing. At the beginning of the planting period, guava plant seedling should be directed towards vegetative growth to form massive leaves, so that the canopy increases in size and area. A large canopy could support a high number of harvested fruits, and vice versa.

Conclusion

The pinching could improve the growth performances of guava seedling. The combination of pinching with DBC, both (M_2) KNO_3 40 g L^{-1} , and (M_3) BAP 100 ppm, could increase the number of new emerging leaves, branches, and shoots as well as the length of new shoots. The application of DBC to non-pinched plants inhibited vegetative growth and actually increased the number of flowers production.

References

- Arévalo-Marín, E., A. Casas, L. Landrum, M.P. Shock, H. Alvarado-Sizzo, E. Ruiz-Sanchez and C.R. Clement. 2021. The Taming of *Psidium guajava*: Natural and cultural history of a neotropical fruit. *Front Plant Sci.*, 12: 714763. DOI: 10.3389/fpls.2021.714763
- Bagdassarian, K.S., C.M. Brown, E.T. Jones, and P. Etchells. 2020. Connections in the cambium, receptors in the ring. *Current Opinion in Plant Biology*, 57: 1-8.
- Bhagawati, R., K. Bhagawati, V.K. Choudhary D.J. Rajkhowa, and R.J. Sharma. 2015. Effect of pruning intensities on the performance of fruit plants under mid-hill condition of eastern Himalayas, case study on guava. *Intl. Lett. Nat. Sci.*, 46: 46-51. DOI: 10.18052/www.scipress.com/ILNS.46.46.
- Budiarto, R., R. Poerwanto, E. Santosa, D. Efendi, and A. Agusta. 2022. The effects of preharvest mild shading on the quality and production of essential oil from kaffir lime leaves (*Citrus hystrix*). *J. Trop. Crop. Sci.*, 9(1): 15-21.
- Budiarto, R., R. Poerwanto, E. Santosa, and D. Efendi. 2019a. A review of root pruning to regulate citrus growth. *J. Trop. Crop. Sci.*, 6(1): 1-7. DOI: 10.29244/jtcs.6.01.1-7
- Budiarto, R., R. Poerwanto, E. Santosa, D. Efendi, and A. Agusta. 2019b. Agronomical and physiological characters of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) seedling under artificial shading and pruning. *Emir. J. Food. Agric.* 31(3): 222-230. DOI: 10.9755/ejfa.2019.v31.i3.1920.
- Budiarto, R., R. Poerwanto, E. Santosa, and D. Efendi. 2018. Shoot manipulations improve flushing and flowering of mandarin citrus in Indonesia. *J. Appl. Hort.*, 20(2): 112-118. DOI: 10.37855/jah.2018.v20i02.20.
- Dheware, R.M., N.A. Nalage, B.N. Sawant, P.C. Haldavanekar, R.A. Raut, A.Y. Munj, and S.N. Sawant. 2020. Effect of different organic sources and biofertilizers on guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad safeda. *J. Pharmacog. Phytochem.*, 9(2): 94-96.
- Guntarti, A. and E.N. Hutami. 2019. Validation and vitamin C testing in crystal guava (*Psidium guajava* L.) with variations of origin with the HPLC method. *Int. J. Chem.*, 11(1): 52-29. DOI: 10.5539/ijc.v11n1p52.
- Hartati, R., H.I. Nadifan, and I. Fidrianny. 2020. Crystal guava (*Psidium guajava* L. 'Crystal'): evaluation of in vitro antioxidant capacities and phytochemical content. *Sci. World J.* DOI: 10.1155/2020/9413727.
- Hendrajaya, W., N.K.A. Astiari, and N.P.A. Sulistiawati. 2019. Response to kno_3 and agrodyke fertilizer to siamese citrus crop

- yields (*Citrus nobillis var microcarva* L.). J. Agro Echoes, 24(1): 1-8.
- Luna-Jiménez, A.D., J.L. Arredondo-Figueroa, J.R. Rocha-Ruiz, J.M. Lara, J.D.J. Luna-Ruiz. 2020. Soil fertility nutrition and size of the fruit of guava with liquid organic fertilizers. Glo. Adv. Res. J. Agric. Sci., 9(5): 087-099.
- Ministry of Agriculture. 2007. Deskripsi jambu biji varietas kristal. <https://varitas.net/dbvarietas/deskripsi/3136.pdf> [Indonesian]
- Musyarofah, N., S. Susanto, S.A. Aziz, K. Suketi, and Dadang. 2020. The diversity of 'Kristal' guava (*Psidium guajava*) fruit quality in response to different altitudes and cultural practices. Biodiversitas, 21: 3310-3316.
- Omayio, D.G., G.O. Abong, M.W. Okoth, C.K. Gachui, and A.W. Mwangombe. 2022. Physicochemical and processing qualities of guava varieties in Kenya. Inter. J. Fruit Sci., 22(1): 329-345. DOI: 10.1080/15538362.2022.2039342
- Pratomo, H. Karno, and B.A. Kristanto. 2018. Effect of concentrations of IAA (Indole Acetic Acid) and BAP (Benzyl Amino Purine) on the initial growth of guava side connectors (*Psidium guajava* L.) Var. Crystal. J. Agro Complex, 2(1):29-35. Semarang.
- Suman, M. and P. Bhatnagar. 2019. A review on techniques for crop regulation in guava. Ind. J. Pure App. Biosci., 7(5): 504-510. DOI: 10.18782/2320-7051.7756.
- Susanto, S., M. Melati, and S.A. Aziz. 2019. Pruning to improve flowering and fruiting of 'Crystal' guava. Agrivita J. Agric. Sci., 41(1): 48-54. DOI: 10.17503/agrivita.v41i1.1954.
- Suwanwong, Y. and S. Boonpangrak. 2021. Phytochemical contents, antioxidant activity, and anticancer activity of three common guava cultivars in Thailand. Eur. J. Integ. Med., 42: 101290. DOI: 10.1016/j.eujim.2021.101290
- Widyastuti, R.A.D., R. Budiarto, K. Hendarto, H.A. Warganegara, I. Listiana, Y. Haryanto, and H. Yanfika. 2022. Fruit quality of guava (*Psidium guajava* 'Kristal') under different fruit bagging treatments and altitudes of growing location. J. Trop. Crop. Sci., 9(1): 8-14.
- Widyastuti, R.A.D., S. Susanto, M. Melati, A. Kurniawati. 2019a. Arrangement of guava flowering (*Psidium guajava*) 'Kristal' through the application of the different strangulation times. JPPTP22, (3): 243-250. DOI: 10.21082/jpptp.v22n3.2019.p259-266. [English]
- Widyastuti, R.A.D., S. Susanto, M. Melati, and A. Kurniawati. 2019b. Studies on flowering and fruiting rhythms of 'Crystal' guava (*Psidium guajava* L.) at three different locations, Indonesia. Ecol. Environ. Conserv., 25(4): 1505-1509.
- Widyastuti, R.A.D., S. Susanto, M. Melati, and A. Kurniawati. 2019c. Effect of pruning time on flower regulation of guava (*Psidium guajava*). J. Phys. Conf. Ser., 1155(1): 1-6. DOI: 10.1088/1742-6596/1155/1/012013.

Riyanto, A. · D. Susanti · T.A.D. Haryanto

Respons komponen hasil dan hasil varietas padi berprotein tinggi terhadap pemberian dosis pupuk nitrogen

Sari Inpago Unsoed Protani dan Inpari Unsoed P20Tangguh adalah padi (*Oryza sativa* L.) daya hasil tinggi yang memiliki kandungan protein beras tinggi yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh pemupukan nitrogen. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui respons komponen hasil dan hasil padi protein tinggi terhadap pupuk nitrogen dan memperoleh dosis optimal pupuk nitrogen untuk varietas Inpago Unsoed Protani dan Inpari Unsoed P20Tangguh. Percobaan dirancang dengan RAK pola faktorial dwi faktor yang diulang tiga kali. Faktor pertama adalah dosis pupuk N yaitu: 0 kg N ha⁻¹, 46 kg N ha⁻¹, 92 kg N ha⁻¹, dan 138 kg N ha⁻¹. Faktor kedua adalah genotipe padi yaitu Inpago Unsoed Protani, Inpari Unsoed P20Tangguh, dan Inpago Unsoed 1. Hasil penelitian menunjukkan nilai komponen hasil meningkat seiring dengan penambahan dosis pupuk nitrogen. Respons daya hasil terhadap dosis pupuk nitrogen varietas Inpago Unsoed Protani dan Inpari Unsoed P20Tangguh lebih baik dari Inpago Unsoed 1. Dosis pupuk nitrogen yang optimum untuk Inpago Unsoed Protani adalah 94 kg N ha⁻¹ dan untuk Inpago Unsoed P20Tangguh adalah 86 kg N ha⁻¹.

Kata kunci: Daya hasil · Nitrogen · Padi · Protein

Response of yield components and yield of high protein rice varieties to nitrogen fertilizer dosages

Abstract. Inpago Unsoed Protani and Inpari Unsoed P20Tangguh are high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) varieties with high protein content, whose growth is affected by the nitrogen fertilizer. The objectives of this study were i.e., (i) to determine the response of yield components and yield of high protein rice varieties to nitrogen fertilizers and (ii). to obtain optimal doses of nitrogen fertilizers for the Inpago Unsoed Protani and Inpari Unsoed P20Tangguh varieties. The experiment was arranged in the randomized completely block design, with two factors and replicated three times. The first factor was the dose of N fertilizer, i.e., 0 kg N ha⁻¹, 46 kg N ha⁻¹, 92 kg N ha⁻¹, and 138 kg N ha⁻¹. The second factor was rice variety, i.e., Inpago Unsoed Protani, Inpari Unsoed P20Tangguh, and Inpago Unsoed 1. The results showed that the yield component values increased with the addition of nitrogen fertilizer doses. Yield response to nitrogen fertilizer of Inpago Unsoed Protani and Inpari Unsoed P20Tangguh was better than Inpago Unsoed 1. The optimum dose of nitrogen fertilizer was 94 kg N ha⁻¹ for Inpago Unsoed Protani and 86 kg N ha⁻¹ for Inpago Unsoed P20Tangguh.

Keywords: Nitrogen · Protein · Rice · Yield

Diterima : 12 Maret 2022, Disetujui : 14 November 2022, Diterbitkan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38700>

Riyanto, A¹. · D. Susanti¹. T.A.D. Haryanto¹.

¹ Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal Purwokerto 53122
Korespondensi: totok.haryanto@unsoed.ac.id

Pendahuluan

Beras adalah bahan pangan utama bagi 95% penduduk Indonesia (Sembiring, 2010), menyumbang 62,1% dari total kebutuhan energi (Nafisah *et al.*, 2020). Produksi beras Indonesia tahun 2021 adalah 31,36 juta ton beras (BPS, 2022), dan kebutuhan beras Indonesia tahun 2024 diprediksi sebesar 31,49 juta ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020), maka diperlukan peningkatan produksi beras.

Selain sebagai sumber karbohidrat, beras menyumbang 37,7% dari total kebutuhan protein, namun kandungan protein pada padi hanya 7% (Haryanto *et al.*, 2011). Sebagai bahan pangan utama, beras mengandung gizi mikro yang tidak memadai sehingga konsumen berpotensi kekurangan gizi (Indrasari dan Kristamtini, 2018), salah satunya adalah kekurangan protein. Protein diperlukan tubuh diantaranya untuk pertumbuhan badan dan kekebalan terhadap penyakit (Rismayanthi, 2015).

Kekurangan protein adalah salah satu penyebab status gizi buruk yang berdampak terhadap penurunan kualitas sumber daya manusia Indonesia (Umaroh dan Vinantia, 2018). Defisit protein dapat berpengaruh terhadap depresi sistem imun (Anggraeny *et al.*, 2016). Selain itu, defisiensi asupan protein yang berlangsung lama menyebabkan *stunting* pada anak-anak (Nurmalasari *et al.*, 2019), sehingga protein menjadi salah satu gizi yang berperan penting pada pencegahan *stunting* (Verawati *et al.*, 2021). Guna pencegahan *stunting* maka kandungan protein beras perlu ditingkatkan.

Kandungan protein beras dapat ditingkatkan melalui pemuliaan tanaman padi protein tinggi atau melalui manipulasi lingkungan (Haryanto *et al.*, 2011). Perakitan varietas padi telah menghasilkan dua varietas dengan kandungan protein beras tinggi yaitu Inpago Unsoed Protani dan Inpari Unsoed P20Tangguh. Inpago Unsoed Protani memiliki potensi hasil 9,06 t/ha GKG dan mengandung protein beras putih 9,81% (Kementan, 2020). Inpari Unsoed P20Tangguh memiliki potensi hasil 9,71 t/ha GKG dan mengandung protein beras putih 10,74% (Kementan, 2021). Namun penelitian terkait dengan dosis pupuk nitrogen (N) yang sesuai untuk kedua varietas tersebut belum pernah dilakukan.

Nitrogen (N) adalah salah satu unsur hara makro esensial untuk pertumbuhan tanaman padi dan salah satu faktor utama yang menjadi pertimbangan dalam mengembangkan varietas padi unggul (Duan *et al.*, 2007). Nitrogen merupakan unsur utama pembentuk protein, penyusun utama protoplasma, kloroplas, enzim dan berperan dalam aktivitas fotosintesis, metabolisme dan respirasi tanaman padi (Saputra, 2016). Pada akhirnya nitrogen mempengaruhi komponen hasil dan daya hasil padi (Choudhury *et al.*, 2013; Djaman *et al.*, 2016).

Upaya pemenuhan unsur nitrogen dilakukan dengan cara penambahan unsur N melalui pemupukan. Pemupukan N terbukti berperan nyata dalam usaha peningkatan produksi padi di daerah-daerah sentra produksi padi di Indonesia (Pramono *et al.*, 2011). Penambahan unsur N harus sesuai karena kelebihan atau kekurangan unsur N akan berpengaruh terhadap daya hasil dan tingkat efisiensi penggunaan pupuk N serta dapat membahayakan tanaman dan lingkungan (Cahyono *et al.*, 2019). Kekurangan N menyebabkan tanaman tumbuh tidak optimal. Kelebihan N mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat dan terjadi pencemaran lingkungan (Syawaluddin dan Ainun, 2017). Berdasarkan hal tersebut maka perlu diketahui respons komponen hasil dan hasil padi protein tinggi terhadap pupuk N sehingga diperoleh dosis optimal pupuk N untuk varietas Inpago Unsoed Protani dan Inpari Unsoed P20Tangguh. Diharapkan selain dapat meningkatkan produktivitas padi, kedua varietas ini juga dapat berperan serta memenuhi kebutuhan gizi masyarakat Indonesia

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di *screen house* Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, pada bulan Februari sampai dengan Mei tahun 2021. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah pupuk nitrogen dan varietas padi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan 2 faktor dan diulang 3 kali. Faktor pertama adalah dosis pupuk N yaitu: 0 kg N ha⁻¹, 46 kg N ha⁻¹, 92 kg N ha⁻¹, dan 138 kg N ha⁻¹. Faktor kedua adalah genotipe padi yaitu

Inpago Unsoed Protani, Inpari Unsoed P20Tangguh, dan Inpago Unsoed 1.

Penelitian dilakukan menggunakan media tanah dalam *polibag* ukuran 40x35 cm. Benih padi disemai sampai umur 12 hari setelah semai (hss) kemudian dipindah tanam ke dalam polibag dengan jumlah dua tanaman per polibag. Aplikasi pupuk dasar dilakukan dengan penambahan 75 kg SP36 ha⁻¹ dan 50 kg KCl ha⁻¹ pada 7 hari sebelum pindah tanam. Aplikasi pupuk nitrogen dilakukan menggunakan urea dengan dosis 0 kg urea ha⁻¹ (0 g/polibag) yang setara dengan 0 kg N ha⁻¹, 100 kg urea ha⁻¹ (37,68 g/polibag) yang setara dengan 46 kg N ha⁻¹, 200 kg urea ha⁻¹ (75,36 g/polibag) yang setara dengan 92 kg N ha⁻¹ dan 300 kg urea ha⁻¹ (113,04 g/polibag) yang setara dengan 138 kg N ha⁻¹. Pupuk urea diaplikasikan dua kali yaitu setengah dosis perlakuan pada umur tanaman 7 hari setelah tanam (hst) dan setengah dosis perlakuan pada umur tanaman 21 hst.

Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman pada umur 72 hss, jumlah anakan per rumpun, jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase gabah isi per malai, bobot 1000 biji, dan bobot gabah kering giling per rumpun.

Data yang diperoleh diuji menggunakan sidik ragam pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=5\%$). Jika sidik ragam berbeda nyata maka analisis dilanjutkan menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=5\%$).

Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan menunjukkan pengaruh varietas berbeda nyata terhadap jumlah anakan produktif dan jumlah gabah per malai. Inpago Unsoed 1 adalah varietas yang menunjukkan jumlah anakan produktif per rumpun dan jumlah gabah per malai tertinggi (Tabel 1). Varietas padi tidak berpengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah anakan per rumpun, persentase gabah isi dan bobot 1000 biji.

Dosis pupuk nitrogen berpengaruh nyata pada semua variabel yang diamati. Respons berbeda terhadap perlakuan dosis pupuk N ditunjukkan oleh semua variabel yang diamati (Tabel 1). Hasil penelitian menunjukkan tanaman padi bertambah tinggi seiring dengan

penambahan dosis pupuk dari 0 kg N ha⁻¹ sampai dengan dosis 92 kg N ha⁻¹, namun pada dosis 138 kg N ha⁻¹ tanaman padi menunjukkan tinggi yang sama dengan dosis 92 kg N ha⁻¹. Penambahan dosis pupuk N mampu meningkatkan tinggi tanaman juga dilaporkan oleh (Rachmawati *et al.*, 2010; Syakhril *et al.*, 2014; Zahra'a dan Harahap, 2018).

Dosis pupuk 138 kg N ha⁻¹ diketahui mampu menghasilkan jumlah anakan per rumpun tertinggi, diikuti oleh dosis 92 kg N ha⁻¹, 46 kg N ha⁻¹ dan 0 kg N ha⁻¹. Jumlah anakan produktif dari yang tertinggi sampai terendah secara berurutan diperoleh pada pemupukan N dengan dosis 92 kg N ha⁻¹, 46 kg N ha⁻¹, 138 kg N ha⁻¹ dan 0 kg N ha⁻¹. Hasil penelitian lain menyatakan dosis 200 kg urea ha⁻¹ menghasilkan jumlah anakan tertinggi (Triadiati *et al.*, 2012; Abu *et al.*, 2017). Dosis 200 kg urea ha⁻¹ setara dengan dosis 92 kg N ha⁻¹. Artinya, dosis 92 kg N ha⁻¹ merupakan dosis optimum untuk menghasilkan jumlah anakan produktif terbaik.

Percobaan menunjukkan dosis 92 kg N ha⁻¹ menghasilkan jumlah gabah per malai tertinggi. Dosis 46 kg N ha⁻¹ dan dosis 138 kg N ha⁻¹ menunjukkan jumlah gabah per malai yang sama. Jumlah gabah terendah dihasilkan pada perlakuan dosis 0 kg N ha⁻¹. Hal yang sama ditunjukkan hasil percobaan Triadiati *et al.* (2012) bahwa dosis 200 kg urea ha⁻¹ atau setara dengan 92 kg N ha⁻¹ menghasilkan jumlah gabah tertinggi.

Dosis 46 kg N ha⁻¹ dan dosis 92 kg N ha⁻¹ menghasilkan persentase gabah isi per malai yang sama. Nilai persentase gabah isi per malai kedua dosis tersebut lebih tinggi dari persentase gabah isi per malai pada dosis 0 kg N ha⁻¹ dan dosis 138 kg N ha⁻¹. Pada fase generatif padi membutuhkan unsur nitrogen yang cukup guna memperlambat proses penuaan daun, mempertahankan fotosintesis selama fase pengisian gabah dan meningkatkan protein dalam gabah sehingga dapat mengurangi persentase gabah hampa (Abu *et al.*, 2017). Pemupukan dengan dosis N yang terlalu rendah menyebabkan tanaman kekurangan unsur N. Pemberian dosis pupuk N yang tinggi menyebabkan ketersediaan N dalam tanah yang tinggi dan berlebih sehingga berdampak menurunkan pertumbuhan tanaman (Triadiati *et al.*, 2012).

Pemupukan nitrogen dengan dosis 92 kg N ha⁻¹ menghasilkan bobot 1000 biji lebih baik dari dosis 0 kg N ha⁻¹ dan dosis 138 kg N ha⁻¹, namun

nilai ini tidak berbeda dengan bobot 1000 biji pada dosis 46 kg N ha⁻¹. Bobot 1000 biji pada dosis 46 kg N ha⁻¹ dan dosis 138 kg N ha⁻¹ tidak berbeda. Dosis 92 kg N ha⁻¹ setara dengan dosis 200 kg urea ha⁻¹. Penelitian Abu *et al.* (2017) menunjukkan dosis 200 kg urea ha⁻¹ memberikan bobot 1000 biji terbaik, artinya dosis 92 kg N ha⁻¹ adalah dosis optimal untuk bobot 1000 biji tanaman padi.

Hasil percobaan menunjukkan interaksi varietas dan dosis pupuk N tidak berpengaruh terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah anakan per rumpun, jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase gabah isi per malai dan bobot 1000 biji. Hal ini berarti respons komponen hasil yang diamati dari varietas Inpago Unsoed Protani, Inpari Unsoed P20Tangguh dan Inpago Unsoed 1 terhadap dosis pupuk N adalah sama. Namun, pengaruh nyata interaksi varietas dan dosis pupuk N ditunjukkan

oleh variabel bobot gabah kering giling per rumpun. Interaksi varietas dan dosis pupuk N berpengaruh nyata terhadap bobot gabah kering giling juga dilaporkan oleh Siregar dan Marzuki (2011). Pengaruh nyata interaksi varietas dan dosis pupuk N diperoleh pada variabel bobot gabah kering giling per rumpun. Interaksi varietas dan dosis pupuk N pada Tabel 2 menunjukkan Inpago Unsoed Protani, Inpari Unsoed P20Tangguh dan Inpago Unsoed 1 mengalami peningkatan nilai bobot gabah kering giling per rumpun seiring dengan penambahan dosis pupuk nitrogen dari 0 kg N ha⁻¹ sampai dengan 92 kg N ha⁻¹ dan setelahnya, pada dosis 138 kg N ha⁻¹ bobot gabah kering giling per rumpun menurun. Penambahan dosis pupuk N menyebabkan peningkatan hasil tanaman padi, namun pada batasan tertentu semakin tinggi pemberian dosis pupuk N akan menurunkan hasil tanaman padi (Triadiati *et al.*, 2012).

Tabel 1. Respons komponen hasil akibat pengaruh perbedaan varietas dan pupuk nitrogen.

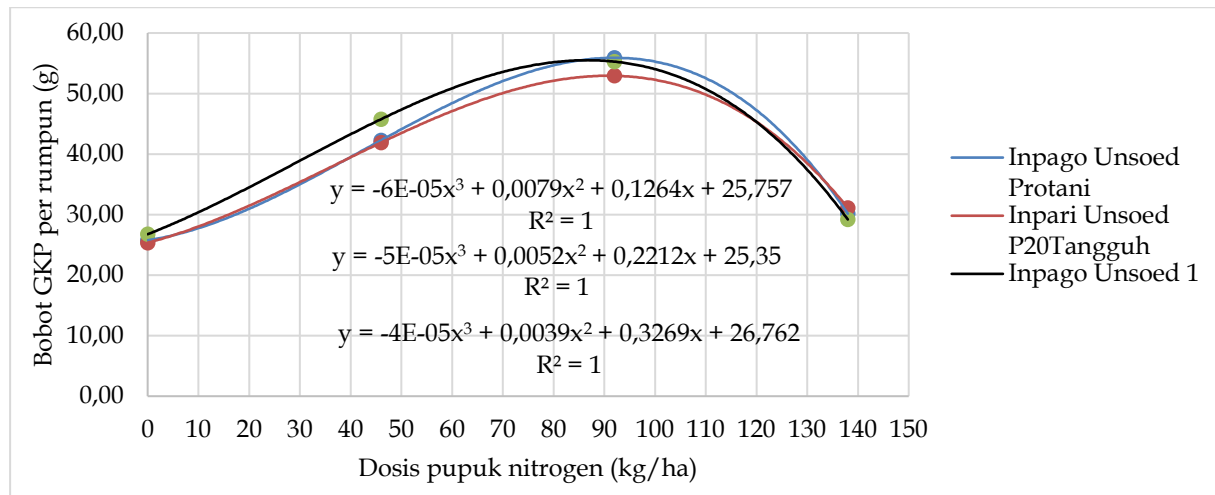
Perlakuan	Variabel pengamatan					
	TT	JAT	JAP	JGT	PGI	BSB
Varietas						
Inpago Unsoed Protani	72,54 a	36,75 a	21,75 b	96,13 b	88,99 a	20,46 a
Inpari Unsoed P20Tangguh	73,63 a	29,25 a	21,88 b	97,46 b	90,55 a	20,01 a
Inpago Unsoed 1	79,29 a	33,92 a	23,42 a	104,21 a	91,04 a	21,12 a
Dosis pupuk nitrogen						
0 kg ha ⁻¹	62,94 c	9,72 d	9,78 d	80,78 c	85,61 c	19,14 c
46 kg ha ⁻¹	73,44 b	29,28 c	24,00 b	98,72 b	92,11 a	20,92 ab
92 kg ha ⁻¹	84,44 a	42,78 b	32,78 a	119,28 a	94,17 a	21,83 a
138 kg ha ⁻¹	79,78 ab	51,44 a	22,83 c	98,28 b	88,89 b	20,23 bc
KK (%)	9,00	13,93	5,23	4,95	3,03	5,74

Keterangan: Nilai perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada taraf nyata 5%. TT = tinggi tanaman (cm), JAT = jumlah anakan per rumpun, JAP = jumlah anakan produktif per rumpun, JGT = jumlah gabah per malai, PGI = persentase gabah isi per malai dan BSB = bobot 1000 biji.

Tabel 2. Respons bobot gabah kering giling per rumpun (g) akibat pengaruh interaksi varietas dan dosis pupuk nitrogen

Varietas	Dosis pupuk nitrogen			
	0 kg ha ⁻¹	46 kg ha ⁻¹	92 kg ha ⁻¹	138 kg ha ⁻¹
Inpago Unsoed Protani	25,76 a D	42,28 b B	55,90 a A	30,17 a C
Inpari Unsoed P20Tangguh	26,76 a D	45,76 a B	55,28 a A	29,18 a C
Inpago Unsoed 1	25,35 a D	41,89 b B	52,93 b A	31,12 a C

Keterangan: Nilai perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama dan nilai perlakuan yang diikuti oleh huruf kapital yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada taraf nyata 5%.



Gambar 1. Grafik regresi varietas padi terhadap dosis pupuk nitrogen.

Bobot gabah tertinggi varietas Inpago Unsoed Protani, Inpago Unsoed P20Tangguh dan Inpago Unsoed 1 diperoleh pada dosis 92 kg N ha⁻¹ atau setara dengan dosis 200 kg urea ha⁻¹ (Tabel 2). Jika di konversi ke bobot gabah per ha maka pada 92 kg N ha⁻¹ diperoleh bobot gabah 8,94 t ha⁻¹ GKG untuk Inpago Unsoed Protani; 8,84 t ha⁻¹ GKG untuk Inpago Unsoed P20Tangguh; dan 8,47 t ha⁻¹ GKG untuk Inpago Unsoed 1.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Abu *et al.* (2017) bahwa dosis pupuk urea optimal untuk tanaman padi adalah 200 kg ha⁻¹ atau setara dengan dosis 92 kg N ha⁻¹. Penelitian lain menyatakan acuan sebagai dosis pemupukan N varietas padi hibrida di Indonesia adalah 100 kg N ha⁻¹ (Syarif *et al.*, 2021). Namun penelitian lain melaporkan dosis pupuk N untuk tanaman padi adalah 129 kg N ha⁻¹, setara dengan 282 kg Urea ha⁻¹ pada musim hujan dan 131,57 kg N ha⁻¹ setara dengan 286 kg urea ha⁻¹ pada musim kemarau (Herniwati dan Nappu, 2018). Artinya pemupukan N Inpago Unsoed Protani, Inpago Unsoed P20Tangguh dan Inpago Unsoed 1 sesuai dengan dosis anjuran pemupukan pada padi.

Pada dosis 92 kg N ha⁻¹ Inpago Unsoed Protani dan Inpago Unsoed P20Tangguh menunjukkan nilai bobot gabah kering giling per rumpun tidak berbeda nyata dan lebih tinggi dari nilai Inpago Unsoed 1. Artinya respons bobot gabah kering giling per rumpun varietas Inpago Unsoed Protani dan Inpago Unsoed P20Tangguh terhadap peningkatan dosis pupuk nitrogen lebih baik dari Inpago Unsoed 1. Inpago Unsoed 1 adalah varietas yang

responsif terhadap unsur hara nitrogen (Ulinuha dan Rohman, 2020).

Penentuan dosis optimum pupuk nitrogen dilakukan berdasarkan analisis regresi (Gambar 1). Pada ketiga varietas yang digunakan diperoleh persamaan regresi yang berbeda yaitu $y = -6E-05x^3 + 0,0079x^2 + 0,1264x + 25,757$ untuk Inpago Unsoed Protani, $y = -5E-05x^3 + 0,0052x^2 + 0,2212x + 25,35$ untuk Inpago Unsoed P20Tangguh dan $y = -4E-05x^3 + 0,0039x^2 + 0,3269x + 26,762$ untuk Inpago Unsoed 1. Berdasarkan persamaan regresi tersebut maka diperoleh dosis optimum pupuk nitrogen untuk Inpago Unsoed Protani sebesar 94 kg N ha⁻¹ atau setara dengan 207 kg urea ha⁻¹, Inpago Unsoed P20Tangguh sebesar 86 kg N ha⁻¹ atau setara dengan 187 kg urea ha⁻¹ dan Inpago Unsoed 1 sebesar 94 kg N ha⁻¹ atau setara dengan 204 kg urea ha⁻¹. Hal ini berarti sesuai dengan dosis anjuran sebesar 90–120 kg N ha⁻¹ (Supandji dan Junaidi, 2020).

Kesimpulan

Penambahan dosis pupuk nitrogen meningkatkan nilai komponen hasil tanaman padi. Respons daya hasil terhadap dosis pupuk nitrogen varietas Inpago Unsoed Protani dan Inpago Unsoed P20Tangguh lebih baik dari Inpago Unsoed 1. Dosis pupuk nitrogen yang tepat untuk padi protein tinggi Inpago Unsoed Protani sebesar 94 kg N ha⁻¹ atau setara dengan 207 kg urea ha⁻¹, Inpago Unsoed P20Tangguh sebesar 86 kg N ha⁻¹ atau setara dengan 187 kg urea ha⁻¹.

Daftar Pustaka

- Abu, R.L.A., Z. Basri, dan U. Made. 2017. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) terhadap kebutuhan nitrogen menggunakan bagan warna daun. *J. Agrol.*, 24(2): 119-127.
- Anggraeny, O., C. Dianovita, E.N. Putri, M. Sastrina, dan R.S. Dewi. 2016. Korelasi pemberian diet rendah protein terhadap status protein, imunitas, hemoglobin, dan nafsu makan tikus wistar jantan. *Indones. J. Hum. Nutr.*, 3(2): 105-122. doi: 10.21776/ub.ijhn.2016.003.02.6.
- BPS. 2022. Berita Resmi Statistik. Jakarta.
- Cahyono, Y., Y. Wijayanto, dan B. Hermiyanto. 2019. Prediksi hasil tanaman padi berdasarkan input nitrogen dengan simulasi model cropsyst di Kecamatan Mayang. *J. Ilmu Tanah dan Lingkung.*, 21(2): 58-65. doi: 10.29244/jitl.21.2.58-65.
- Choudhury, A.T.M.A., M.A. Saleque, S.K. Zaman, N.I. Bhuiyan, A.L. Shah, et al. 2013. Nitrogen fertilizer management strategies for rice production in Bangladesh. *Pakistan J. Sci. Ind. Res. Ser. B Biol. Sci.*, 56(3): 167-174. doi: 10.52763/pjsir.biol.sci.56.3.2013.167.174.
- Djaman, K., B.V. Bado, and V.C. Mel. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on yield and nitrogen use efficiency of four aromatic rice varieties. *Emirates J. Food Agric.*, 28(2): 126-135. doi: 10.9755/ejfa.2015-05-250.
- Duan, Y.H., Y.L. Zhang, L.T. Ye, X.R. Fan, G.H. Xu, et al. 2007. Responses of rice cultivars with different nitrogen use efficiency to partial nitrate nutrition. *Ann. Bot.*, 99(6): 1153-1160. doi: 10.1093/aob/mcm051.
- Haryanto, T.A.D., Suwanto, A. Riyanto, D. Susanti, N. Farid, et al. 2011. Variability of grain protein content in improved upland rice genotypes and its response to locations. *Electron. J. Plant Breed.* 2(2): 200-208.
- Herniwati dan M.B. Nappu. 2018. Analisis efisiensi penggunaan pupuk nitrogen pada padi sawah di tanah inceptisols. *Inform. Pertan.*, 27(2): 119-127.
- Indrasari, S.D. dan Kristamtini. 2018. Biofortifikasi mineral Fe dan Zn pada beras : perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui pemuliaan tanaman. *J. Litbang Pertan.*, 37(1): 9-16. doi: 10.21082/jp3.v37n1.2018.p9-16.
- Kementan. 2020. Keputusan Menteri Pertanian RI No. 980/HK.540/C/10/2020 tentang Pelepasan Calon Varietas Padi Gogo Unsoed-PDK-G82-11 Sebagai Varietas Unggul Dengan Nama Inpago Unsoed Protani.
- Kementan. 2021. Keputusan Menteri Pertanian RI No. 124/HK.540/C/04/2021 tentang Pelepasan Calon Varietas Padi Gogo Unsoed PK7 Sebagai Varietas Unggul Dengan Nama Inpari Unsoed P20Tangguh.
- Nafisah, C. Roza, N. Yunani, A. Hairmansis, T. Rostiati, et al. 2020. Genetic variabilities of agronomic traits and bacterial leaf blight resistance of high yielding rice varieties. *Indones. J. Agric. Sci.*, 20(2): 43-54.
- Nurmalasari, Y., T. Sjariani, dan P.I. Sanjaya. 2019. Hubungan tingkat kecukupan protein dengan kejadian stunting pada balita usia 6-59 bulan di Desa Mataram. *J. Ilmu Kedokt. Dan Kesehat.*, 6(2): 92-97.
- Pramono, J., D. Prajitno, Tohari, dan D. Shiddieq. 2011. Pemanfaatan bahan alami sebagai penghambat nitrifikasi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen padi sawah. *Agrin*, 15(2): 92-102.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020. Outlook Komoditas Pertanian Padi. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Rachmawati, D., M. Maryani, dan T. Setyaningsih. 2010. Pengaruh pupuk nitrogen dan ethephon terhadap pertumbuhan, pembungaan dan hasil padi lokal (*Oryza sativa* L. cv. Rojolele). *Biota J. Ilm. Ilmu-Ilmu Hayati*, 15(3): 448-458. doi: 10.24002/biota.v15i3.2603.
- Rismayanthi, C. 2015. Konsumsi protein untuk peningkatan prestasi. *Medikora*, 11(2): 135-145. doi: 10.21831/medikora.v11i2.4763.
- Saputra, I. 2016. Efek dosis pupuk nitrogen dan varietas terhadap efisiensi pemupukan, serapan hara N dan pertumbuhan padi lokal Aceh dataran rendah. *J. Penelit. Agrosamudra*, 3(2): 61-71.
- Sembiring, H. 2010. Ketersediaan Inovasi Teknologi Unggulan Dalam Meningkatkan Produksi Padi Menunjang Swasembada dan Ekspor. In: Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baihaki, dan Sudir [Eds]. *Inovasi Teknologi Padi Untuk Mempertahankan Swasembada dan Mendorong Ekspor Beras*. Balai Besar

- Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. p. 1-16
- Siregar, A. dan I. Marzuki. 2011. Efisiensi pemupukan urea terhadap serapan N dan peningkatan produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.). J. Budid. Pertan., 7(2): 107-112.
- Supandji, S. dan J. Junaidi. 2020. Pengaruh pupuk urea dan pupuk organik sapi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi varietas IR. 64 (*Oryza sativa* L.). J. Agrinika, 3(2): 107-119. doi: 10.30737/agrinika.v3i2.727.
- Syakhiril, Riyanto, dan H. Arsyad. 2014. Pengaruh pupuk nitrogen terhadap penampilan dan produktivitas padi Inpari Sidenuk. Agrifor, 13(1): 85-92.
- Syarifa, R.N.K., Z. Ulinuha, dan Purwanto. 2021. Pengaruh pemupukan N terhadap serapan dan efisiensi penggunaan N, serta hasil padi hibrida. J. Agro, 8(2): 262-273.
- Syawaluddin, R.A.L. dan N. Ainun. 2017. Respon Pemberian pupuk urea dan beberapa varietas terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). J. Agrohita, 1(2): 17-27.
- Triadiati, A.A., Pratama, dan S. Abdurachman. 2012. Pertumbuhan dan efisiensi penggunaan nitrogen pada padi (*Oryza sativa* L.) dengan pemberian pupuk urea yang berbeda. Bul. Anat. dan Fisiol., 20(2): 1-14.
- Ulinuha, A., dan F. Rohman. 2020. Pemanfaatan padi varietas Inpago Unsoed 1 sebagai solusi pemberdayaan petani Kabupaten Sragen pada masa kekeringan. Proceeding of The URECOL. Univesitas Aisyiah Yogyakarta. p. 252-259
- Umaroh, R. dan A. Vinantia. 2018. Analisis konsumsi protein hewani pada rumah tangga Indonesia. J. Ekon. dan Pembang. Indones, Edisi Khusus.: 22-32.
- Verawati, B., N. Yanto, dan N. Afrinis. 2021. Hubungan asupan protein dan ketahanan pangan dengan kejadian stunting pada balita di masa pandemi Covid 19. Prepotif J. Kesehat. Masy., 5(1): 415-423. doi: 10.31004/prepotif.v5i1.1586.
- Zahra'a, Z. dan E.M.S. Harahap. 2018. Peningkatan produktifitas padi sawah (*Oryza sativa* L.) melalui dosis pupuk dan melihat kesuburan tanah dengan indeks hara tanah di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan. J. Pertan. Trop., 5(2): 284-291.

Harahap, R. · D. Herdiyanto · M.R. Setiawati · I.R. Azizah · T. Simarmata

Potential use of PGPR based biofertilizer for improving the nutrient availability in soil and agronomic efficiency of upland rice

Abstract. Present study aimed to perform literature review to investigate the current status and potential use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for enhancing the soil plant's health, plant growth and productivity in sustainable ways. The Systematic Literature Review (SLR) methods was applied according to Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) on published scientific literature from 2012-2022. Results revealed that genus diversity of PGPR (*Bacillus* sp., *Serratia* sp., *Streptomyces* sp., *Pseudomonas* sp., and *Burkholderia* sp.) produce siderophore and phytohormones such as indole-3-acetic acid (IAA), gibberellin (GAs), auxin, and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase activity, organic acids, biocontrol agent that contribute to the improvement of nutrient bioavailability (nitrogen fixing, phosphate solubilizing and Fe-uptake). The growth character of rice inoculated with biofertilizer and combined with 50% inorganic fertilizer produced no significant difference with pots that received 100% inorganic fertilizer. These results concluded that PGPR that produced phytohormone and siderophore could be developed as a potential bioagent or biofertilizer to improve the growth character and yield of upland rice (*Oryza sativa* L.) in dry environmental conditions.

Keywords: Biofertilizer · N₂-fixer · PGPR producing phytohormone and siderophore · Systematic review

Potensi pemanfaatan pupuk hayati berbasis PGPR untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara di tanah dan efisiensi agronomis padi gogo

Sari. Kajian tinjauan pustaka ini dilakukan untuk menyelidiki status saat ini dan potensi penggunaan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) untuk meningkatkan kesehatan tanah, pertumbuhan tanaman, dan produktivitas secara berkelanjutan. Metode Systematic Literature Review (SLR) diterapkan sesuai dengan Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA) pada literatur ilmiah yang diterbitkan dari 2012-2022. Mesin pencari Google Scholar dan ScienceDirect dengan kata kunci yang tepat digunakan untuk memilih dan mengumpulkan jurnal ilmiah yang terindeks bereputasi dan digunakan sebagai referensi utama database. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman genus PGPR (*Bacillus* sp., *Serratia* sp., *Streptomyces* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Burkholderia* sp.) menghasilkan siderophore dan memproduksi phytohormon seperti indole-3-acetic acid (IAA), giberelin (GAs), auksin, dan 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) aktivitas deaminase, asam organik, agen biokontrol yang berkontribusi pada peningkatan bioavailabilitas nutrisi (pengikatan nitrogen, pelarutan fosfat, dan penyerapan Fe). Karakter tumbuh padi yang diinokulasi pupuk hayati dan dikombinasikan dengan pupuk kimia dosis 50% menghasilkan perbedaan yang tidak nyata dengan pot yang menerima pupuk anorganik 100%. Hasil ini menyimpulkan bahwa PGPR penghasil pitohormon dan siderophore dapat dikembangkan sebagai bioagent atau pupuk hayati yang potensial untuk meningkatkan karakter tumbuh dan hasil padi (*Oryza sativa* L.) gogo pada kondisi lingkungan yang kering.

Keywords: Biofertilizer · Penambat-N₂-fixer · PGPR produksi fitohormon dan siderofor · Systematic review

Manuscript received : 19 July 2022, Revision accepted : 13 December 2022, Published : 21 December 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.40061>

Harahap, R.¹, D. Herdiyanto², M.R. Setiawati², Azizah, I.R.¹, T. Simarmata²

¹ Master Programme of Soil Science, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km.21, Sumedang 45363, Indonesia

² Department of Soil Science and Land Resources, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km.21, Sumedang 45363, Indonesia

Correspondence: tualar.simarmata@unpad.ac.id

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the staple foods consumed by half the world's population especially in the Asian region. The Food and Agriculture Organization of the United Nations reports that rice is considered a vital crop for food security (Cavite *et al.*, 2021). The demand for rice is increasing in line with the increasing world population, but rice productivity is often constrained by biotic and abiotic factors (Nabila and Kasiamdari, 2021).

Abiotic components such as drought stress and salinity are constraints that are often found in rice cultivation. Research shows that giving PGPR inoculants under these unfavorable conditions shows positive results. According to research from Nautiyal *et al.* (2013), rice plants inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens* SN13 with high salt stress showed better results when compared to no inoculant (Nautiyal *et al.*, 2013). Another result, namely the effectiveness of *Serratia* spp. in rice cultivation on upland obtained a significant increase in N uptake, shoot dry weight and grain yield (Nascente *et al.*, 2019).

Microorganism especially microbes living in the rhizosphere of several plants and giving positive effects on the host plant through various mechanisms are usually termed plant growth-promoting rhizobacteria. In the rhizosphere, plant roots secrete a number of exudates that act as attractants for microbes, which eventually improve the physicochemical properties of the surrounding soil. These exudates maintain the function and structure of microbial communities near plant roots. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) indirectly help plant symbionts by initiating induced systemic resistance, exerting an antibiosis effect, and potentially improving the content of plant cell metabolites (Saeed *et al.*, 2021).

Plant growth promoting rhizobacteria behave as a bacterium capable of inducing growth and increasing plant tolerance to allelochemicals left in the soil by previous crops. The use of microorganisms to increase plant tolerance to biotic and abiotic stresses is a sustainable cultivation system without excess fertilizer (Mishra and Nautiyal, 2013).

Rhizobacterial communities are involved in recycling of soil nutrients, promotion of plant

health, and maintenance of soil structure. Each plant provides a unique rhizosphere environment that selects specific rhizomicrobial flora. Moreover, rhizobacterial communities quickly change their biomass, enzyme activity, diversity, abundance, and composition according to the environmental changes such as seasonal variation, application of fertilizers or pesticides, tillage, and crop rotation (Hahm *et al.*, 2017). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) influence plant health and productivity by solubilization of mineral nutrients, stimulation of root growth and suppression of root diseases. These PGPR include *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, and *Agrobacterium* species. Plant growth promoting rhizobacteria also can protect plants from the deleterious effects of some environmental stresses including heavy metals, flooding, salt, and phytopathogens (Omar *et al.*, 2014).

Auxin, indole-3-acetic acid (IAA), is an important phytohormone produced by several strains of PGPR and it is well-known that treatment of IAA-producing rhizobacteria increases the plant growth. IAA released by rhizobacteria mainly affect the root system by increasing its size and weight, branching number, and the surface area in contact with soil. All these changes lead to an increase in its ability to probe the soil for nutrient exchange, therefore improving plant's nutrition pool and growth capacity. IAA also drives the differentiation of adventitious roots from stem as auxins induce stem tissues to redifferentiate as root tissue (Manimekalai and Kannahi, 2017).

Plants live in intimate association with microorganisms and their interaction in rhizosphere are responsible for plant health and soil fertility. Siderophore produced by rhizosphere bacteria may enhance plant growth by inhibiting the colonization of roots by the harmful microbes (Patel *et al.*, 2018).

Siderophore is organic compounds with small molecular weights and with powerful ferric ion-chelating molecules that produced by microorganisms to acquire the iron essential for growth. Siderophore is known to differ from one another in their chemical structure and properties. Hydroxamate siderophore are produced by bacteria and fungi, while catecholate only produced by bacteria. Carboxylates siderophore are produced by a few bacteria and exclusively by the fungi of the order Mucorales. The most commonly found

siderophore is hydroxamate siderophore (Nabila and Kasiamdari, 2021).

The use of biofertilizers is expected to be an alternative system for sustainable agricultural cultivation in limited nutrient conditions in the soil. This is increasingly attractive because of its positive impact on plant growth and the environment (Kantachote *et al.*, 2016). Increasing the use of microbial-based biofertilizers whose life span is time-bound in the future requires the quality control of biofertilizer its self. The harvesting process, formulation, shelf life of the final product are attributes of the quality control documentation used (Bharti and Suryavanshi, 2021).

Several studies have shown that there is a positive effect of fertilization with biological agents containing siderophores, IAA and ACC deaminase which are presented in the results and discussion of this review journal. The main purpose of this article is to provide scientific information of potential application PGPR based biofertilizer to improve the upland rice growth and agronomic traits.

Materials and Methods

The research method was used a Systematic Literature Review with journal searches based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) flow guidelines. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses is one of the guidelines used in assessing systematic reviews and meta-analyses. This method focuses on the ways in which authors can ensure transparent and complete reporting of this type of research (Sastypratiwi and Nyoto, 2020). The data sources used in this study refer to databases and indexes that can be accessed on Google Scholar and ScienceDirect. The search was conducted on April 16th, 2022 with the keywords used in Google Scholar "Rhizobacteria producing siderophore and phytohormones, rhizobacteria for upland rice, beneficial of siderophore. In a ScienceDirect search using the keywords, Rhizobacteria producing siderophore, phytohormones of rice. Briefly, the flowchart of algorithm is shown in Figure 1.

The selection criteria used are the year of publication from 2012–2022 with the criteria for scientific publications in the form of research journals and selected based on the title and

abstract. Contents of all screened journals with appropriate criteria, shows the siderophore and IAA test results and presenting data on rice responses to PGPR treatment.

The results of the search for journals using Google Scholar at the beginning of the search with the manual system found 1,210 then screened for relevance to the desired theme, obtained 222 journal titles. The search with Science Direct resulted in 1,048 then screened for the time of publication of the journal, the type of article (research article) and the type of access used was open access, resulting in 107 research articles. Subsequently, 18 journal duplication titles were removed, leaving 311 titles. Screening from the title approach using plants, 157 journal titles were published, followed by specific titles using upland rice, 15 relevant journal titles were published. After being screened for full text, the journals containing information according to the criteria were obtained five titles.

Result and Discussion

The results showed that the Rhizobacteria capable of synthesizing IAA and producing siderophore gave a positive response to plant growth parameters with variables: plant height, root length, shoot length and rice germination.

Plant growth promoting rhizobacteria play a role in plant growth through several mechanisms: (1) increasing the dissolution of mineral nutrients and nitrogen fixation, (2) inhibiting soil pathogens by producing HCN, siderophores, antibiotics, (3) improving plant tolerance to drought, salinity, metal toxicity and P dissolution, (4) produce phytohormones (Figueiredo *et al.*, 2011).

Provision of *Bacillus* sp. isolates. as a siderophore-producing bacteria using rice husk biochar media is able to chelate Fe in rice fields in an oxidized state. This Fe chelation can indirectly release Fe-fixed phosphate and have an impact on increasing soil pH from 4.51 to 5.6 (Tiara *et al.*, 2019). Another study using biofertilizers in rice cultivation showed that isolates capable of producing siderophores gave better agronomic yields for rice when compared to using 100% chemical fertilizers. The treatment of biofertilizers and a dose of 50% chemical fertilizer recommendations resulted in a weight of 100 grains of dry grain 3.29 grams, whereas with a 100% chemical fertilizer treatment it was only 2.70 grams (Cavite *et al.*, 2021). Plant growth promoting

rhizobacteria can be synthesized phytohormones to stimulate plant cell growth. Physiologically IAA is the most active auxin in plants. The results of research by Dimpka (2009) studying various plant species when inoculated with IAA-producing bacteria were shown to increase root growth, increase lateral roots and root hair formation (Dimpka, 2009; Vandana, 2020). Research by Bal *et al.* (2013) also showed that the treatment of PGPR isolates that produced IAA and DCC aminase in rice plants had a root length of 15.25 cm. This root length was 2.89 cm longer and the plant height was 2.63 cm higher in the germination phase when compared to controls and isolates that did not produce IAA and DCC aminase at the same time (Bal *et al.*, 2013).

Detection of siderophore compounds.
Analysis of rhizobacteria which are capable of

producing siderophores generally uses Chrome Azurol Sulfonate agar media (CAS) (Schwyn and Neilands, 1987). Siderophores are positive if the bacterial colonies form an orange circle in the middle or a clear zone around the bacterial colonies after incubating 3 days to 1 week (Cavite *et al.*, 2021; Priyanka *et al.*, 2017).

Detection of hydroxamate type siderophore was carried out by using the tetrazolium test. The direct formation of a dark red color indicates the presence of a hydroxamate siderophore. Briefly, the ability to produce the phytohormone (auxine or IAA) indicates by production of pink to red color, holozone for the phosphate solubilizing phosphate (PSB), and the production of siderophore indicates by the orange halos around colony like in Figure 2 (Cavite *et al.*, 2021).

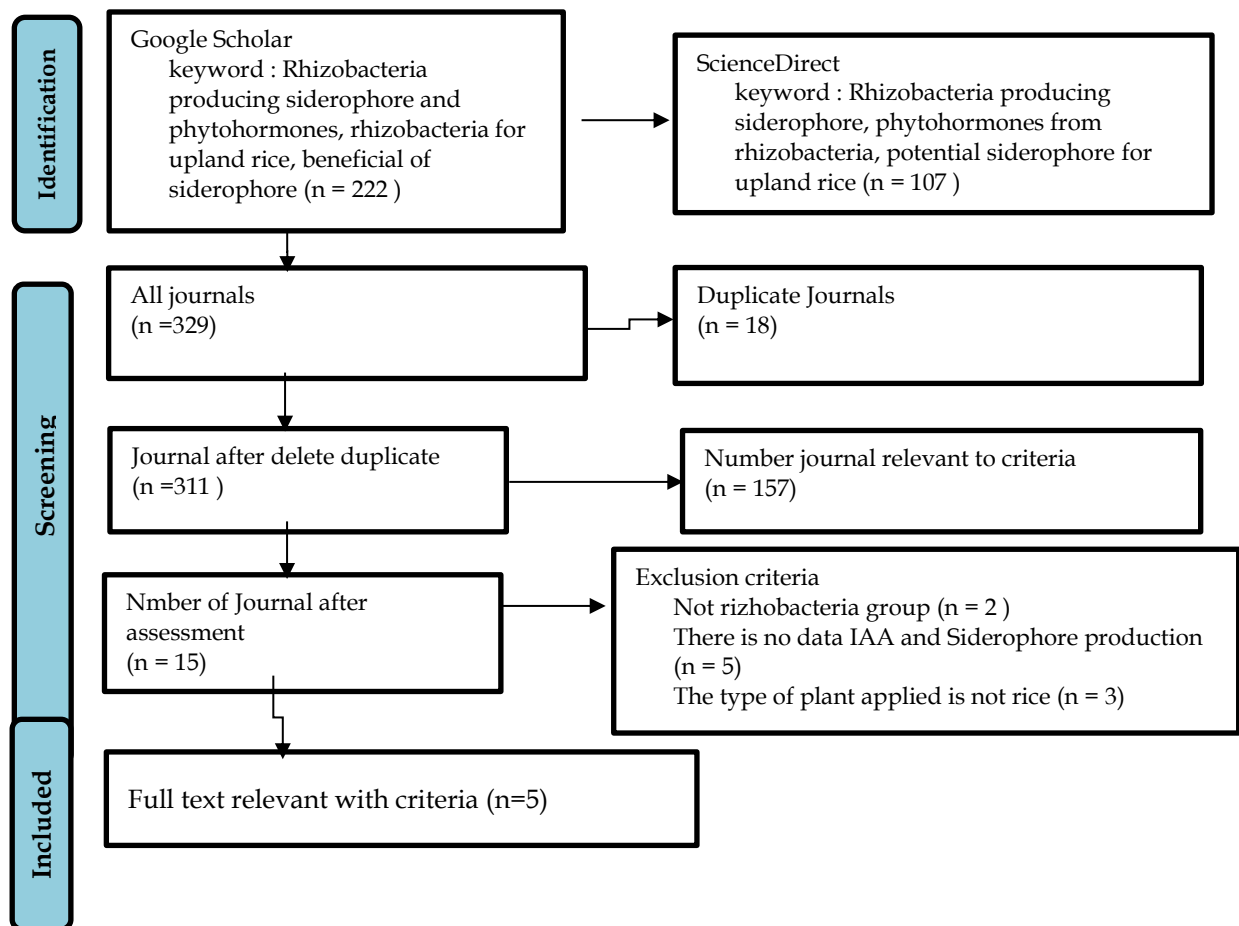


Figure 1. Flow chart Systematic Literature Review: Rhizobacteria producing siderophore and phytohormone improving uptake upland rice

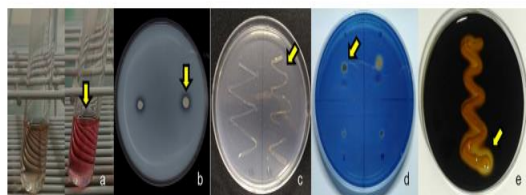


Figure 2. Positive indicator of the presence of phytohormone and siderophore from Cavite *et al.* (2021) research

ACC deaminase was determined according to Penrose and Glick (2003) with several modifications. Determination of indole-3-acetic acid (IAA). Bacterial isolates were grown on Nutrient Broth (NB) media. The amount of IAA produced from isolates can be determined by calculated using a spectrophotometer (UU/VIS) with a wavelength of 530 nm. The existence of IAA can be seen from the standard curve (Omar *et al.*, 2014). In addition to using NB, the media commonly used is Nutrient Agar (NA) using the Glickmann and Dessaux (1995) method.

Rhizobacteria has different genera of bacteria, both indigenous and strain-characterized. Not all bacterial isolates were able to produce IAA and siderophore. The bacterial

isolates that have been produced were tested whether they contain siderophore or not by using Chrome Azurol Sulphonate (CAS) as shown in Figure 2. Siderophore characteristic is determined by the orange color around the bacteria and this can be used as a qualitative analysis. The ability of siderophore to bind iron (Fe^{3+}) into siderophore-iron bonds can inhibit the growth of pathogens. The size of the clear zone or purple and orange zone indicates the strength of Rhizobacteria in the size of the clear zone or purple and orange zone indicates the strength of rhizobacteria in producing siderophore (Prihatiningsih *et al.*, 2017).

Plant growth promoting rhizobacteria activities and produce metabolites that affect plant health (Figure 3.). Phosphorous solubilization and siderophore production by PGPR improve plant growth by increasing plant nutrient uptake. Furthermore, certain PGPR can produce phytohormones, especially IAA, and stimulate root and shoot elongation. Production of ACC deaminase by PGPR may indirectly enhance plant growth. When plants severe stress, they synthesize ethylene from ACC taken up from the soil (Hahm *et al.*, 2017).

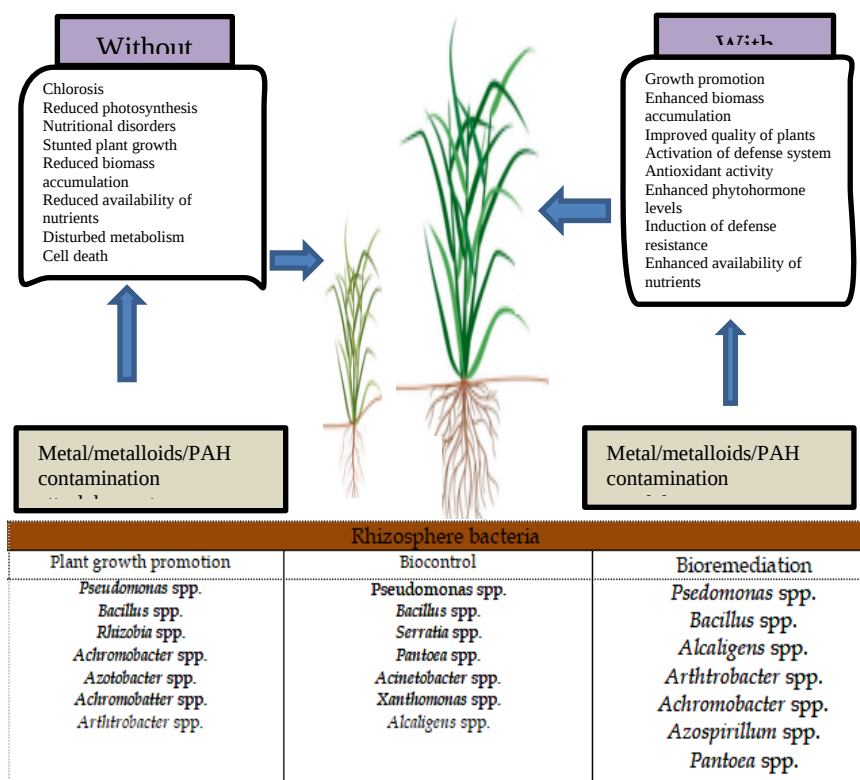


Figure 3. Difference responses of plants to stress between with PGPR and without PGPR

The number of siderophore formed quantitatively can be determined by using a spectrophotometer at 630 nm wavelength. The percentage of siderophore can be calculated by the formula:

$$\frac{[(Ar - As)/Ar] \times 100}{}$$

where Ar and As are the absorbance of reference solution (mixture of CAS reagent and uninoculated broth) and absorbance of sample (mixture of CAS reagent and supernatant of sample), respectively. Siderophore have two types, namely hydroxamate and catecholate. The hydroxamate type can be tested with tetrazolium and produces a dark red color as a sign of the hydroxamate siderophore. Siderophore of catecholates were tested by Arnow's test (Nabila and Kasiamdari, 2021).

In the picture above, it can be ascertained that the plants given PGPR grew better than plants without PGPR, because they were tolerant of drought and salinity. Apart from being a

plant growth promoter, rhizosphere bacteria also function as biocontrol and bioremediation. Illustration of repeated images from journal sources (Saeed, 2021).

Phytohormone production. Phytohormones or plant growth regulators are organic substances, which at low concentrations (< 1 mM), promote, inhibit, or modify growth and development of plants. Ironically, production of these phytohormones can also be induced by certain microbes, such as PGPR, in plants (Figure 4). Common groups of phytohormones include gibberellins, cytokinins, abscisic acid, ethylene, brassinosteroids, and auxins that the root cell can proliferate by overproducing lateral roots and root hairs with a consecutive increase in nutrient and water uptake. Plant growth regulators are also called exogenous plant hormones, as they can be applied exogenously as extracted hormones or synthetic analogues to plants or plant tissues (Gouda *et al.*, 2018).

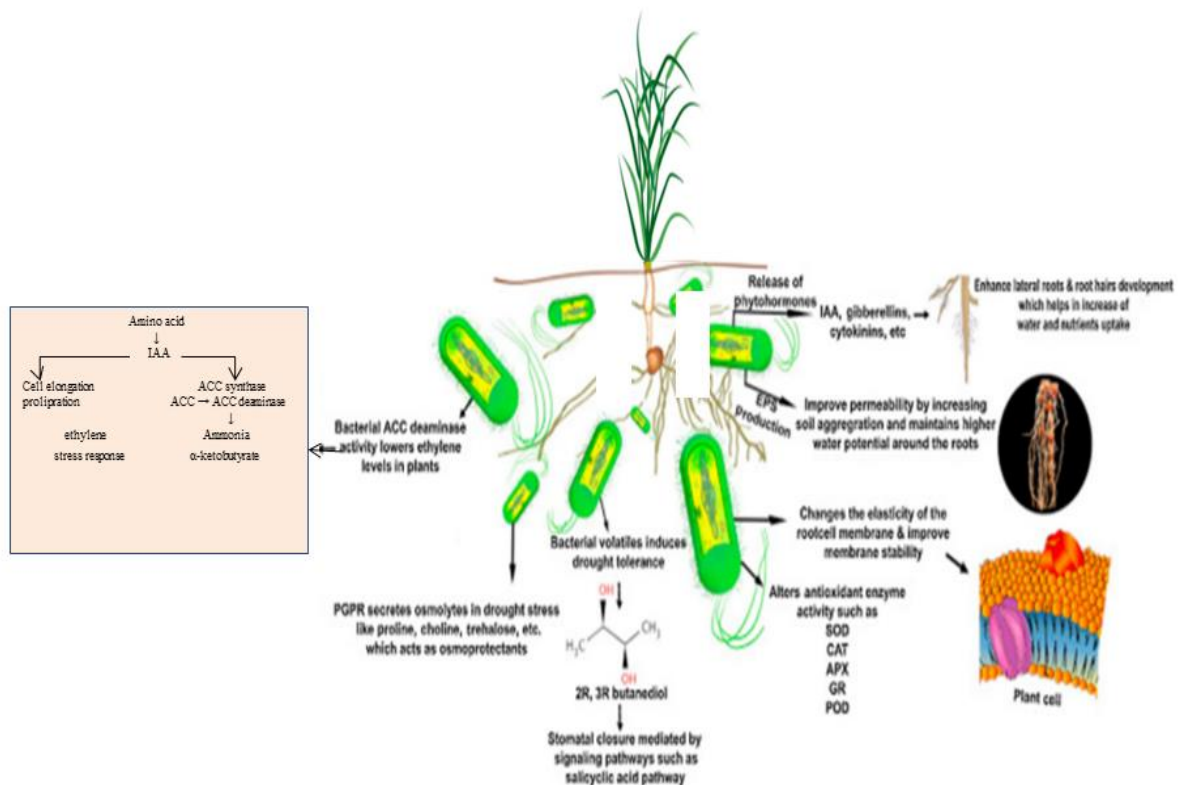


Figure 4. Mechanism of plant drought tolerance induced by PGPR producing phytohormones

In the Figure 4, PGPR synthesizes ACC into ACC deaminase which is derived from amino acids, then this ACC deaminase will produce ammonia and -ketobutyrate in response to

drought. In addition to ACC deaminase, biofilm and IAA, gibberalin and cytokinins are also produced. The role of PGPR in plant growth is very important in nutrient management and

biocontrol activities by colonizing the rhizosphere. Rhizobacteria is increasingly important in regulating biotic and abiotic stresses by various mechanisms because of their potential in ameliorating environmental stress, and PGPR in the modification of phytohormones activity. Plants produce phytohormones such as IAA, gibberellin, ethylene, abscisic acid (ABA) and cytokinins which have been shown to have tolerance abiotic stress. In addition, phytohormones can be synthesized by PGPR which can stimulate plant cell growth. Auxin has been shown to increase root growth and increase lateral root and roots hair formation. Dehydration in cells results in the induction of ABA biosynthesis which is a stress hormone released during water deficit conditions (Vandana *et al.*, 2020).

Plant growth promoting rhizobacteria can restructure the root system and root tissue structure which will affect the hormonal balance. The ability to produce IAA is one of the

important properties of PGPR. Generally, the IAA test uses the Salkowsky reagent (Table 1) and is tested with a spectrophotometer (Patel *et al.*, 2018).

IAA biosynthesis by bacteria occurs with tryptophan identified as the main precursor compound in several pathways, there are: (1) indole-3-pyruvate, (2) indole-3-acetonitrile (IAN), (3) tryptamine, and (4) indole-3-acetamide. Tryptophan is generally considered a precursor in the formation of IAA, because the addition of tryptophan to bacterial cultures stimulates an increase in IAA synthesis. Identification of IAA product by rhizobacteria was determined using a spectrophotometer at a wavelength of 535 nm and then compared with the IAA standard curve. A bacterial strain capable of producing IAA thereby stimulating plant growth of *Pseudomonas putida* was investigated and reported to be able to produce IAA in a faster time (Patel *et al.*, 2018).

Table 1. Isolation of Rhizobacteria producing siderophore and phytohormones

Author, Year	Bacteria	Siderophore and/or phytohormone analysis scheme
Bal <i>et al.</i> , 2013	Rhizobacteria	ACC : isolate gowed in sterile DF salt containing 3 mM ACC as the nitrogen source, shaker at 200 rpm and temperature 30 °C for 24 h. Incubation for 48 hours.
Omar <i>et al.</i> , 2014	Rhizobacteria from dry rhizosfer	IAA : isolate were grown in Nutrient Broth (NB) on an incubator shaker (150 rpm) at room temperature for 24 h, incubation 1 ml bacterial culture into 100 L of sterile NB B amended with 5 ml L-tryptophan solution and allowed to grow for 48 h.
Priyanka <i>et al.</i> , 2017	<i>Pseudomonas sp.</i>	Sideropor : Isolates were inoculated on King's B medium supplemented with a strong iron chelater 8-Hydroxyquinoline (50 mg/L), incubated at 28 ± 2 ^o C for 48-72 h ACC : Isolat suspended into 2 mL of modified DF medium with 2 mM concentration of ACC incubated at 28 ^o C for 36-72 hours
Tiara <i>et al.</i> , 2019	<i>Bacillus Sp.</i>	Purification of bacterial isolates Bacillus Sp. using the line method and then grown on TSA agar media. Propagation on Luria-Bertaini (LB) media, shaken for 2x24 hours
Cavite <i>et al.</i> , 2021	<i>Burkholderia pyrrrocinia</i>	IAA : isolate was inoculated in nitrogen-free broth which consists of 10.65 g Burks medium and 500 mL distilled H ₂ O supplemented with 0.05 g L ⁻¹ tryptophan. After seven days of incubation, cultures were centrifuged for 10 min at 13,000 rpm in 4 °C. ACC : isolates were grown in nitrogen-free salts agar medium (DF-ACC agar) supplemented with 0.3 g L ⁻¹ ACC, Plates were incubated in the dark for 7 days Siderophore : The isolates were grown on Crom Azurol S (CAS) media, which consisted of 4 solutions namely, blue dye solution, MM9/PIPES solution, casamino acid solution and glucose stock, sterilized (1210C for 20 minutes) and then inoculated on the agar surfacee

Role of Siderophores. Siderophores and phyto siderophores is a specific Fe^{3+} chelating agent. The strong bond between Fe^{3+} and the siderophore protects the complex against hydrolysis and environmental enzymatic degradation (Ferreira *et al.*, 2019). Siderophore may stimulate the biosynthesis of antimicrobial compounds by increasing the availability of Fe minerals for bacteria so that compound play an important role in the host plant resistance system. Rhizobacteria that produce siderophore can increase the ability of bacteria to colonize roots (Agustiyani, 2016). The formation of siderophore can be detected by the production of an orange circle or a clearing zone around the bacterial colony after incubation for 1 week at room temperature (Table 1)

Plants take advantage of the secretion from microorganisms that produce siderophores. Siderophore is produced by gram negative and gram positive bacteria with different mechanism. In Gram-negative bacteria, outer membrane transporters (OMT) bind Fe^{3+} -siderophores complexes, moving them to the periplasm through the protein TonBExbBD later bind to periplasmic siderophore-binding proteins (SBPs), crossing the peptidoglycan layer, and delivered to a siderophore-permease-adenosine triphosphatase (ATPase) system in the cytoplasmic membrane that will release them into the cytoplasm. In Gram-positive bacteria, lipoprotein SBPs, anchored to the cell membrane, bind extracellular Fe-siderophore complexes and import them by a siderophore-permease-ATPase system. (Ferreira *et al.*, 2019).

Siderophore-producing bacteria bind Fe elements outside the cell wall and then Fe is transported into the cell membrane through specific receptors. The main of siderophore properties is hydroxyamic acid, a compound that is able to bind ferrous metal ions and can indirectly release Fe-fixed phosphate and is available for plants. Phosphorus is needed by plants as a source of energy and root growth (Tiara *et al.*, 2019).

Bacterial isolation comes from rice roots in saline soil. The selected isolates were studied for their effect on germination and ethylene emission under salt stress. The initial value of rice germination decreased by 20%. All selected isolates were able to have a positive impact on plant growth variables. As isolates have the ability to produce both ACC deaminase and IAA they promoted root, shoot and other growth

indices of rice to a greater extent. It is likely that IAA and ACC deaminase stimulate root growth in a coordinated. The isolates with the highest ACC product gave the longest root and shoot length results.

Input from combination of half-dose chemical fertilizers with biological agents gave the most significant results in up taking of N nutrients. Full-dose chemical fertilizers increased K uptake, but the value was not significantly different from the application of 50% chemical fertilizers with inoculants. Grain yields with only one selected isolate did not significantly increase yields compared to full-dose recommended fertilizers (Table 2). Generally the genus and species of rhizobacteria isolated from rice roots are *Serratia* sp., *Streptomyces mutabilis*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Burkholderia pyrrocinia* which were mostly reported to show plant growth-promoting activities in both screenhouse and field conditions. Bacterial inoculants that capable of producing IAA can promote lateral roots and root hair formation which able to increase plant tolerance to salinity and stress (Cavite *et al.*, 2021).

The percentage of germination with the highest value (98.4%) was also produced from biological agents that had the highest ACC value. Treatment of biological agents containing siderophore was able to increase plant growth variables. Plant growth promoting rhizobacteria having ACC deaminase activity help plants to withstand stresses (biotic or abiotic) by reducing the level of stress ethylene. Inoculation with the PGPR isolates also increased the fresh and dry weight of both root and shoot. It was assumed that higher dry weight would mean longer and stronger roots and shoots as well as plants that would be able to better withstand salt stress (Bal *et al.*, 2013).

High of Fe solubility has the potential to cause rice poisoning. The physical characteristics of paddy fields that have high Fe levels are characterized by oily and yellow rice water. In put the siderophore-producing bacteria isolates and added rice husk biochar was able to significantly reduce the total Fe and Fe^{3+} content in volcanic paddy soils compared to isolates that did not contain siderophore.

In the soil, plant roots usually coexist with bacteria and fungi which can produce siderophores capable of alienating that available soluble iron and hence interfere with plants

growth plants and facilities. Siderophore production provides a competitive advantage for PGPR which can colonize roots and eliminate the unfavorable impact of pathogenic bacteria (Priyanka *et al.*, 2017).

Bacteria with IAA product can stimulate plant growth because of the growth hormone it produces. This strain produced the highest amount of IAA in culture media supplemented with L-tryptophan. Indole acetic acid affects plant cell division, extension, and differentiation; stimulates seed and tuber germination; increases the rate of xylem and root development; controls processes of vegetative growth; initiates lateral and adventitious root formation; mediates responses to light, gravity and florescence; affects photosynthesis, pigment formation, biosynthesis of various metabolites,

and resistance to stressful conditions (Manimekalai and Kannahi, 2017).

IAA production is believed to be crucial for promotion of root elongation and root hair development production and showed that several high IAA-producing bacteria increased shoot and root length of rice, while producing the highest number of shoots per plant and shoot height in paper germination on petridish and in pot experiment (Tan *et al.*, 2014). Plants height as one of the tested agronomic elements shows a very significant effect on fertilization with biofertilizer and soil treatment. Plant height with treatment of 100% inorganic fertilizers gives results that are not significantly different from the provision of 50% inorganic fertilizers and biological fertilizers (Cavite *et al.*, 2021).

Table 2. Indicators and effects of siderophore and phytohormon on plants

Author, Year	Identification of Siderophore and IAA	Result
Bal <i>et al.</i> , 2013	IAA: Salkowski method, isolates were screened to produce HCN Siderophore: formation of an orange circle around the incubated bacterial colony (at room temperature for 24 h)	The highest percentage of rice seed germination in selected isolates that produce ACC, IAA and siderophore compared to controls. This treatment also reduces plant stress to salt.
Omar <i>et al.</i> , 2014	IAA: Salkowski method, isolates were screened to produce HCN Siderophore: formation of an orange circle around the incubated bacterial colony (at room temperature for 24 h)	Rhizobacteria containing IAA can dissolve phosphate, increase shoot growth, density and root hair length, increase rice seed germination and increase growth.
Priyanka <i>et al.</i> , 2017	Sideropor: Colonies show orange color after 3 days incubation ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$), Measure the diameter of the orange circle. ACC : Measure the amount of α -ketobutyrate and ammonia from ACC cleavage	Isolates containing siderophore and ACC at the same time with a higher percentage resulted in higher plant height and root length than control.
Tiara <i>et al.</i> , 2019.	Siderophore pure isolates were grown in LB media and shaken for 2x24 hours	Increased of the soil's pH (from an average of 4 to an average of 5), decreased levels of oxidized Fe^{3+} in the soil with a higher volume of isolate.
Cavite <i>et al.</i> , 2021	IAA: Colorimetric method using Salkowski reagent. Discoloration from pint to red, IAA positive Siderophore: formation of orange halos or clearing zones around bacteria after 7 days	Bio agent that producing IAA, ACC and siderophore had the highest root length and plant height compared to inoculants containing only one of them. However, the average grain yields (g plant^{-1}) using a single inoculant was still less than 50% the treatment with biological agents + 50% chemical fertilizers. Treatment of 100% chemical fertilizers still gives the best results.

The combined bacterial inoculation and fertilization showed significant effects in N uptake. Half fertilization with bioagent *A. delafeldii* showed the highest shoot N uptake ($61.46 \text{ mg plant}^{-1}$), which is significantly (138%) higher than the untreated plants. In terms of P uptake, lower values than N were observed across all treated plants which ranged from 0.033 to $0.124 \text{ mg plant}^{-1}$. Potassium uptake data revealed significantly higher values (by 62%) in plants grown in sterilized soil. Application of full inorganic fertilizer significantly increased shoot K uptake over the untreated plants. Substituting 50% of inorganic fertilizer with consorssium bacteria (*R. pickettii*, *B. pyrrocinia*, and *A. delafeldii*) resulted to comparable shoot K uptake values relative to full inorganic fertilizer treated plants (Cavite *et al.*, 2021).

The other research report that inoculant treatment by soaking the rice seeds in PGPR isolates suspension before germination or after being transferred in culture bottles shows significant effect on plant growth through the parameters of seed height, root length, plant wet weight and plant dry weight observed compared to control. Some physiological factors of PGPR isolates are very influential in the growth and development of plants with specific mechanisms which are the ability to produce plant hormones that increase root length so that plant nutrient uptake also increases, nitrogen fixation, phosphate solubilizing while the non-specific mechanism, by suppressing plant pathogen toxicity and increase the induction of systemic resistance by its ability to produce siderophore or HCN (Sudewi *et al.*, 2020).

Conclusion

Biodiversity of beneficial bacteria in rhizosphere contribute to production of siderophore and growth factor or substance (phytohormones) that are highly need to improve the plant growth and productivity. This rhizobacteria produce the phytohormone and growth substance such as IAA, gibberellic acid, organic acid produce, ACC deaminase, siderophore and as well as increase the bioavailability of essentially nutrients through N_2 -fixation, phosphate and potassium solubilization and chelating process (N, P, K and Fe). The application of this beneficial microbes as a biological agent could increase the rice productivity and fertilizers efficiency. The rice

yield of inoculated crops combined with 50% dose of chemical fertilizer resulted a non-significant different with plot received 100% inorganic fertilizer. These results suggest that siderophore and plant growth booster (growth factors) producing bacteria can be developed as a potential bioagent or biofertilizers for increasing the growth, yield upland rice and promoting the climate resilient sustainable agriculture.

Testing PGPR isolates in pots on several plants, namely rice, wheat and bottlegourd also had a significant effect on the root length of the three plants. Isolates have the potential to stimulate plant growth both coleoptile elongation and or root length in plants. This treatment also had a significant effect on the height of wheat and mustard plants but had no significant effect on the height of rice plants.

Acknowledgements

The authors a deeply thanks to acknowledge Universitas Padjadjaran Through Academic Leadership Grant (ALG) program for supporting this research.

References

- Agustiyani, D. 2016. Penapisan dan karakterisasi rhizobakteria serta uji aktivitasnya dalam mendukung perkecambahan dan pertumbuhan benih jagung (*Zea mays* L.). Jurnal Biologi Indonesia, 12(2) : 241–248.
- Bal, H.B., L. Nayak, S. Das, and T.K. Adhya. 2013. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. Plant and Soil, 366(1–2): 93–105.
- Bharti, N. and M. Suryavanshi. 2021. Quality control and regulation of biofertilizer: current scenario and future prospects. Advances in BioInoculant: 133–141.
- Cavite, H.J.M., A.G. Mactal, E.V. Evangelista, and J.A. Cruz. 2021. Growth and yield response of upland rice to application of plant growth-promoting rhizobacteria. Journal of Plant Growth Regulation, 40(2): 494–508.
- Ferreira, M.J., H. Silva, and A. Cunha. 2019. Siderophore-producing rhizobacteria as a

- promising tool for empowering plants to cope with iron limitation in saline soils: A review. *Pedosphere*, 29(4): 409–420.
- Figuiredo, M.V.B., L. Seldin, F.F. Araujo, and R.L.M. Mariano. 2011. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamental and Application*, Microbiology Monograph 18: 21-43. Berlin: Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Glickmann, E. and Y. Dessaux. 1995. A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Applied Environment Microbial*, 61: 793-796.
- Gouda, S., R.G. Kerry, G. Das, S. Paramithiotis, H.S. Shin, and J.K. Patra. 2018. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological Research*, 206: 131–140.
- Hahm, M.S., J.S. Son, B.S. Kim, S.Y. Ghim. 2017. Comparative study of rhizobacterial communities in pepper greenhouses and examination of the effects of salt accumulation under different cropping systems. *Archives of Microbiology*, 199(2): 303–315.
- Kantachote, D., T. Nunkaew, T. Kantha and S. Chaiprapat. 2016. Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. *Appl. Soil. Ecol.*, 100:154–161. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.12.05>
- Manimekalai and G. Kannahi. 2017. Adaptable benefits of selected rhizospheric isolates from rice and legumes. *Asian Journal of Science and Technology*, 8: 5443-5449.
- Mishra, S. and C.S. Nautiyal. 2012. Reducing the allelopathic effect of *Parthenium hysterophorus* L. on wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Pseudomonas putida*. *Plant Growth Regulation*, 66: 155–165.
- Nabila and R.S. Kasiamdari. 2021. Antagonistic activity of siderophore-producing bacteria from black rice rhizosphere against rice blast fungus *Pyricularia Oryzae*. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 49(2): 217–224.
- Nascente, A.S., A.C. Lanna, T.P. de Sousa, A.A. Chaibub, A.C.A. de Souza, and M.C.C. de Filippi. 2019. N fertilizer dose-dependent efficiency of *Serratia* spp. for improving growth and yield of upland rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Plant Prod.*, 13:217–226. <https://doi.org/10.1007/42106-019-00049-5>.
- Nautiyal, C.S., S. Srivastava, P.S. Chauhan, K. Seem, and K.S. Sopory. 2013. Plant growth promoting bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* NBRISNI13 modulates gene expression profile of leaf and rhizosphere community in rice during salt stress. *Plant Physiol. Biochem.*, 66: 1-9.
- Omar, M.H., Z. Berahim, N. Ariffin, M.R. Ismail, H.M. Saud, N. Amalina, and S.H. Habib. 2014. Improved water use efficiency in rice under limited water environment through microbial inoculation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12(3-4): 149–154.
- Patel, P., Trivedi, G., Saraf, M. 2018. Iron biofortification in mungbean using siderophore producing plant growth promoting bacteria. *Environmental Sustainability*, 1(4), 357–365.
- Penrose, D.M. and B.R. Glick. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth promoting rhizobacteria. *Physiol Plant*, 118: 10-15.
- Prihatiningsih, N., H.A. Djabatiko, and P. Lestari. 2017. Aktivitas siderofor *Bacillus Subtilis* sebagai pemacu pertumbuhan dan pengendali patogen tanaman terung. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(2): 170.
- Priyanka, A.T., A.S. Kotasthane, A. Kosharia, R. Kushwah, and N. Zaidi. 2017. Crop specific plant growth promoting effects of ACCd enzyme and siderophore producing and cynogenic fluorescent *pseudomonas*. 3 *Biotech*, 7(1): 1–11.
- Saeed, Q., W. Xiukang, F.U. Haider, J. Kučerik, M.Z. Mumtaz, J. Holatko, and Naseem. 2021. Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: A comprehensive review of effects and mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19).
- Sastypatiwi, H. and R.D. Nyoto. 2020. Analisis Data Artikel Sistem Pakar Menggunakan Metode Systematic Review. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 6(2), 250.
- Schwyn, B. and J.B. Neilands. 1987. University chemical assay for detection and determination of siderophore. *Biochem*, 160: 46-52.

- Sudewi, S., U.A. Palu, B. Baharuddin, U. Hasanuddin, A.R. Saleh. 2020. Screening of plant growth promotion rhizobacteria (PGPR) to increase local aromatic rice plant growth. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 13(01).
- Tan, K.Z., O. Radziah, M.S. Halimi, A.R. Khairuddin, S.H. Habib, and Z.H. Shamsuddin. 2014. Isolation and characterization of rhizobia and plant growth-promoting rhizobacteria and their effects on growth of rice seedlings. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(3): 342-360.
- Tiara, C.A., F.D. Rahmatina, R. Fajrianeldi, and L. Maira. 2019. Sido-Char sebagai pembenah keracunan Fe pada tanah sawah. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 6(2), 1243-1250.
- Vandana, U.K., B. Singha, A.B.M. Gulzar, and P.B. Mazumder. 2020. Molecular mechanisms in plant growth promoting bacteria (PGPR) to resist environmental stress in plants. In *Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture*. Academic Press, 221-223. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818469-1.00019-5>.

Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari

Teknik fermentasi campuran bahan organik sebagai sumber nutrisi organik pada sayuran sawi yang ditanam dengan hidroponik

Sari Nutrisi organik untuk budidaya sistem sumbu hidroponik merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kendala mahalanya harga pupuk anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode ekstraksi terbaik antara metode air hangat, air dingin, dan fermentasi kemudian menentukan waktu fermentasi terbaik dari unsur hara organik campuran rumput laut, sabut kelapa dan daun kelor yang diharapkan memiliki kandungan nutrisi organik yang mendekati dengan formula nutrisi anorganik. Penelitian ini terdiri atas 2 percobaan: (i) percobaan pertama meneliti jenis metode ekstraksi, dan (ii) percobaan kedua meneliti waktu fermentasi terbaik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor tunggal dan diulang sebanyak 6 kali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa unsur hara organik yang dicampur dengan rumput laut, sabut kelapa dan daun kelor belum mampu menyamai unsur hara campuran AB Mix pada budidaya tanaman sawi secara hidroponik. Bobot segar tanaman sawi pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan bahwa metode fermentasi menghasilkan 11,28 g atau 52,22% dari bobot segar tanaman hasil perlakuan nutrisi AB Mix yang mencapai 21,60 g. Bobot segar tanaman sawi pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan bahwa fermentasi 20 hari menghasilkan 1,83 g atau 50,8% dari bobot segar tanaman hasil perlakuan hara AB Mix yang mencapai 3,60 g. Waktu fermentasi terbaik diperoleh pada 20 hari fermentasi.

Kata kunci: Anorganik · Bahan segar · Metode ekstraksi · Waktu fermentasi

Fermentation technique of mix organic materials as organic nutrition sources in mustard greens grown by hydroponic

Abstract Organic nutrition for the wick hydroponic system is an alternative solution to overcome the high cost of inorganic fertilizers. This study aims to determine the best extraction method between warm water, cold water, and fermentation, then determine the best fermentation time from the organic nutrient mixture of seaweed, coconut husk and Moringa leaves which are expected to have the same organic nutrient content as the inorganic nutrition formula. This study consisted of 2 experiments, the first experiment examined the type of extraction method and the second experiment examined the best fermentation time. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with a single factor and was repeated 6 times. The results of this study indicate that the organic nutrients mixed with seaweed, coconut husk and Moringa leaves have not been able to equal to the AB-mix nutrients in hydroponic mustard cultivation. Fresh weight of mustard in the extraction method sub-experiment showed that the fermentation method was only able to produce 11.28 g or 52.22% of the fresh weight of plants produced by AB Mix nutrition which reached 21.60 g. Fresh weight of mustard plants in the sub-experiment of fermentation time showed that 20 days of fermentation was only able to produce 1.83 g or 50.8% of the fresh weight of plants treated with AB Mix nutrients which reached 3.60 g. The best fermentation time was obtained at 20 fermentation days.

Keywords: Extraction method · Fermentation time · Fresh weight · Inorganic

Diterima : 12 Maret 2022, Disetujui : 14 November 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38509>

Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari
Jurusan Agronomi Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1
Bandar Lampung 35145
Korespondensi: darwin.pangaribuan@fp.unila.ac.id

Pendahuluan

Hidroponik adalah teknik budidaya dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan media tanah. Istilah hidroponik pertama kali diperkenalkan oleh William Frederick Gerick pada 1937. Pada 1946, ilmuwan Inggris W.J. Shalto Douglas memperkenalkan hidroponik di Barat Bengal India (Khan *et al.*, 2018). Hidroponik berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti tenaga kerja. Larutan nutrisi yang digunakan pada sistem hidroponik harus sesuai dengan kebutuhan tanaman dan mengandung unsur hara makro dan mikro. Salah satu jenis hidroponik adalah sistem hidroponik sumbu (*wick system*). Menurut Yama dan Kartiko (2020), keberhasilan sistem hidroponik sumbu ditentukan oleh nutrisi tanaman yang mengandung unsur hara esensial. Budidaya sistem hidroponik di rumah kaca (*green house*) memiliki beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti pencahayaan, aliran udara, dan suhu sebagai faktor penting untuk pertumbuhan tanaman.

Nutrisi organik pada budidaya sayuran hidroponik perlu menjadi perhatian untuk menekan penggunaan nutrisi anorganik. Nutrisi organik mengandung berbagai jenis unsur hara dan zat yang berasal dari bahan-bahan organik yang terdiri dari mineral, baik makro maupun mikro, asam amino, hormon pertumbuhan, dan mikroorganisme. Nugraha dan Susila (2015), menyatakan bahwa larutan nutrisi menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan hasil dan kualitas produksi tanaman sawi dalam sistem hidroponik sumbu.

Nutrisi organik tanaman sayuran bersumber dari bahan-bahan alami yang bahannya mudah didapat, contohnya dalam penelitian ini menggunakan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor yang penggunaannya sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal. Al-Juthery *et al.* (2015) melaporkan bahwa ekstrak rumput laut sangat berguna untuk peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman pertanian dan hortikultura. Rumput laut *Sargassum* sp. dalam kandungan larutan nutrisi organik mengandung hormon pemacu tumbuhan, yaitu auksin, giberelin, dan sitokinin yang tinggi dan berpengaruh terhadap hasil pertumbuhan tanaman sawi hidroponik (Sedayu *et al.*, 2014).

Penggunaan sabut kelapa dalam larutan nutrisi organik memiliki beberapa manfaat yaitu kaya akan kandungan unsur hara kalium (K), ramah lingkungan, dan bahannya mudah didapatkan. Sabut kelapa kaya akan kandungan utama yaitu selulosa, hemi selulosa, dan lignin yang dapat digunakan sebagai pupuk organik cair untuk budidaya hidroponik (Arsyad *et al.*, 2015). Hasil penelitian Pangaribuan *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa penggunaan sabut kelapa untuk larutan nutrisi organik akan meningkatkan unsur hara kalium yang berguna untuk pertumbuhan tanaman hidroponik.

Tanaman kelor mengandung banyak senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Menurut Emongor (2015), daun kelor tersusun dari protein, mineral, vitamin, asam amino esensial, glukosinolat, isotiosianat, fenolat, dan hormon sitokinin yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi. Hasil penelitian Suhastyo dan Raditya (2019) menyatakan bahwa pemberian nutrisi ekstrak daun kelor mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman sawi.

Penggunaan larutan nutrisi organik dari bahan-bahan alami bisa dijadikan sebagai potensi untuk mendukung perkembangan pertanian organik. Untuk memanfaatkan bahan-bahan alami tersebut agar dapat dijadikan sumber nutrisi hidroponik, dapat dilakukan ekstraksi bahan dengan menggunakan metode yang tepat. Nutrisi organik campuran dari bahan ekstrak rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor diekstraksi dengan menggunakan metode air hangat, air dingin, dan fermentasi. Metode dengan menggunakan air hangat dapat dijadikan sebagai pelarut yang digunakan untuk menghilangkan lapisan lilin. Selain metode air hangat dilakukan ekstraksi dengan metode air dingin yang efektif untuk sampel yang tidak tahan panas seperti dedaunan karena memiliki tekstur yang lembut sehingga ekstraksi menggunakan air dingin tidak menghilangkan kadar flavonoid yang terdapat di dalam bahan (Ramoko dan Ramadhania, 2018; Wahyulianingsih *et al.*, 2016).

Fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme anaerob yang mampu mengubah senyawa kimia menjadi substrat organik. Fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan perubahan sifat bahan organik tersebut. Proses fermentasi anaerob pada pembuatan larutan

nutrisi organik bahan campuran rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor melibatkan bakteri anaerob, yaitu bakteri yang tidak dapat menggunakan O_2 bebas untuk respirasinya dan energi diperoleh dari proses perombakan senyawa organik yaitu tanpa menggunakan oksigen. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan EM4 (*Effective Microorganism*) yang bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi. Menurut Ali *et al.* (2019), EM4 mengandung beberapa mikroorganisme yang berguna untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, meningkatkan hasil fermentasi, dan dapat meningkatkan unsur hara N, P, K pada saat berlangsungnya proses fermentasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari metode ekstraksi dan lama waktu fermentasi yang terbaik dari komposisi berbagai sumber bahan organik sebagai larutan nutrisi organik yang diharapkan mendekati kualitas nutrisi anorganik pada tanaman sawi yang ditanam secara hidroponik sistem sumbu.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai Februari 2021 di Bandar Lampung. Penelitian ini terdiri atas 2 percobaan. Percobaan pertama meneliti jenis metode ekstraksi yang dapat digunakan untuk mengekstraksi daun kelor, sabut kelapa dan rumput laut. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri dari 4 faktor tunggal yaitu k_0 = kontrol, k_1 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode air hangat, k_2 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode air dingin, k_3 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode fermentasi.

Percobaan kedua meneliti waktu fermentasi. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri dari 4 faktor tunggal yaitu k_0 = kontrol, K_1 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 10 hari, k_2 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 20 hari, k_3 = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 30 hari.

Setiap perlakuan pada sub percobaan dilakukan 6 kali pengulangan (kelompok). Setiap satuan percobaan terdapat 6 lubang tanam, sehingga total tanaman sebanyak 144 tanaman. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan menggunakan Uji Bartlett dan adifitas data diuji dengan Uji Tukey. Data yang sudah memenuhi asumsi diuji dengan analisis ragam dan perbedaan nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, tahap pertama yaitu penyiapan nutrisi organik cair dengan mencampurkan berbagai bahan yaitu 9 kg rumput laut, 2,4 kg sabut kelapa, dan 5 kg daun kelor. Ketiga bahan tersebut dihaluskan dengan menggunakan blender selama 3 menit. Selanjutnya bahan diekstraksi sesuai perlakuan yaitu metode air hangat, air dingin, dan fermentasi.

Tahap pertama yaitu penyiapan nutrisi organik dengan metode ekstraksi. Metode air hangat dilakukan setelah bahan halus kemudian dicampur dan ditambahkan air sebanyak 23 liter dan direbus dengan suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama $\pm 20\text{-}30$ menit. Bahan yang telah direbus dimasukkan ke dalam drum dan diinkubasi selama 3 hari. Metode selanjutnya yaitu metode air dingin, dilakukan setelah bahan dihaluskan kemudian dicampur dan ditambahkan air sebanyak 23 liter kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan diikat dengan karet, lalu dimasukkan ke dalam kulkas selama 1 minggu. Setelah itu bahan yang telah diekstraksi dimasukkan ke dalam drum untuk diaduk. Metode selanjutnya yaitu fermentasi, setelah bahan dihaluskan kemudian dimasukkan ke dalam drum dengan kapasitas 100 liter dan ditambahkan dengan rumen sapi, EM4, dan gula halus. Drum plastik ukuran 100 liter diisi dengan $\frac{2}{3}$ bahan organik dan $\frac{1}{3}$ diisi dengan air, disisakan 10 cm untuk ruang kosong udara. Setelah itu, dilakukan fermentasi anaerob selama 10, 20, dan 30 hari.

Tahap kedua yaitu persiapan benih sawi yang di tanam pada sistem hidroponik sumbu dengan melakukan penyemaian selama 2 minggu. Kemudian, tahap ketiga yaitu pembuatan larutan nutrisi AB Mix yaitu dengan perbandingan stok A dan stok B masing-masing sebanyak 5 mL serta ditambahkan dengan 1 liter air. Pada awal penanaman nilai EC yang digunakan yaitu 300-400 ppm, minggu selanjutnya ditambahkan masing-masing sebanyak 20 mL larutan stok A dan B sehingga menjadi 700-800 ppm, dan minggu berikutnya

ditambahkan masing-masing sebanyak 30 mL larutan stok A dan B sehingga menjadi 1.000-1.150 ppm. Pembuatan nutrisi organik fermentasi 10, 20, dan 30 hari dengan cara mencampurkan hasil ekstraksi dan air yaitu dengan perbandingan 1:10 dan ditambahkan 9 gram $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$ (Natrium Benzoat). Setelah itu, tahap keempat yaitu penanaman benih sawi dengan menyiapkan bak ukuran 37,5 cm x 30,5 cm x 11,5 cm yang berisi larutan nutrisi pada lubang styrofoam.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan mengontrol larutan nutrisi yang meliputi volume air, pH, dan TDS (*Total Dissolve Solid*), penyulaman, dan menjaga tanaman dari organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyulaman dilakukan dua minggu setelah tanam. Pergantian nutrisi dilakukan setiap satu minggu sekali, berdasarkan kondisi volume dan kandungan nutrisi dalam larutan hidroponik. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara manual.

Tahap terakhir yaitu pemanenan tanaman sawi yang dilakukan pada umur 30 hari setelah tanam (HST) pada saat tanaman mencapai pertumbuhan maksimal. Panen dilakukan dengan mencabut tanaman dari media hidroponik (*rockwool*) dan melepaskannya dari netpot.

Variabel pengamatan pada tanaman sawi yaitu jumlah daun diukur 4 minggu setelah tanam (MST), lebar daun (4 MST), tingkat kehijauan daun (3 MST), bobot segar akar dan bobot segar tanaman (4 MST).

Hasil dan Pembahasan

Analisis Kandungan Unsur Hara N, P, K pada Larutan Nutrisi AB Mix dan Larutan Nutrisi Organik Campuran Bahan Rumput Laut, Sabut Kelapa, dan Daun Kelor. Hasil analisis laboratorium pada metode air hangat dan air dingin menunjukkan hasil yang lebih baik dari metode fermentasi karena air hangat yang bersifat nonpolar dapat dijadikan sebagai pelarut yang digunakan untuk menghilangkan zat *ballast*. Zat *ballast* yang dimaksud yaitu lapisan lilin yang terdapat dalam bahan (Puspitasari and Pramono, 2015). Perlakuan lainnya yaitu metode air dingin, efektif untuk sampel yang tidak tahan panas. Metode air dingin dapat dilakukan untuk ekstraksi

dedaunan, karena dedaunan memiliki tekstur yang lembut sehingga ekstraksi menggunakan air dingin tidak menghilangkan kadar flavonoid yang terdapat di dalam bahan (Ramoko dan Ramadhania, 2018; Wahyulianingsih *et al.*, 2016).

Hasil ekstraksi bahan organik menunjukkan bahwa total N pada waktu fermentasi 10-30 hari meningkat (Tabel 2). Hal ini terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme pengikat nitrogen. Mikroorganisme dari hasil fermentasi mendekomposisi bahan nitrogen melalui proses fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fosfat yang tinggi pada waktu fermentasi 10-30 hari terjadi karena sebagian besar populasi mikroorganisme pelarut fosfat memiliki peran penting dalam mineralisasi unsur P. Namun unsur K pada waktu fermentasi 10-30 hari menunjukkan sebagian besar larutan nutrisi organik tetap stabil. Dengan demikian dapat dilihat bahwa larutan nutrisi organik dari hasil fermentasi memiliki kandungan nutrisi yang rendah. Menurut Phibunwatthanawong and Riddech (2019), hal ini terjadi karena adanya penguraian oleh mikroorganisme yang mengubah substrat menjadi kandungan nutrisi yang menyebabkan jumlah unsur N dan P lebih rendah dari standar larutan nutrisi AB Mix.

Berdasarkan Tabel 1, diduga larutan nutrisi organik cair dari proses fermentasi anaerob belum terurai sempurna. Hal ini sebagai faktor penting untuk menentukan kualitas dan kematangan larutan nutrisi organik cair yang difermentasikan. Apabila hasil fermentasi dari bahan organik terkontaminasi dengan senyawa amonia dan asam organik, maka akan menyebabkan terjadinya toksisitas pada tanaman. Senyawa tersebut sangat berbahaya bagi tanaman dan dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman sawi. Menurut Ferdaus *et al.* (2008), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi, antara lain: kondisi pH, suhu, kandungan oksigen, dan substrat. Hasil penelitian Sari *et al.* (2015) mengatakan bahwa proses fermentasi anaerob untuk hasil dekomposisi bahan organik yang terbaik diperoleh pada waktu 55 hari. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi bahan organik memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendekomposisi bahan agar terurai sempurna.

Pada saat proses fermentasi terdapat fase pertumbuhan mikroba, yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan eksponensial, fase stationer, dan fase kematian. Basmal *et al.* (2019) juga

mengatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan mikroba yaitu ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang meliputi: suhu, oksigen, pH, dan kelembaban. Vitamin dan enzim sebagai salah satu faktor yang dapat merusak larutan nutrisi media tumbuh suatu mikroba. Kehilangan nutrisi pada proses fermentasi anaerob akan berdampak pada laju pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, perlu adanya uji lanjut metode ekstraksi apakah yang perlu dilakukan dan berapa lama waktu yang diperlukan larutan nutrisi hasil fermentasi anaerob dibiarkan pada kondisi aerob sebelum digunakan dan perlu dilakukan analisis mikrobial pada hari ke 0, 10, 20, dan 30 hari.

Hasil analisis larutan nutrisi unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dapat dilihat pada tabel 1 dan 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa larutan nutrisi AB Mix memiliki kandungan N, P, dan K yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan nutrisi organik yang lain. Dengan demikian dapat diketahui bahwa standar larutan nutrisi yang baik pada tanaman sawi yaitu pada larutan nutrisi AB Mix. Larutan nutrisi AB Mix mampu menyediakan unsur hara lebih lengkap dibandingkan dengan larutan nutrisi organik lainnya. Hal ini terbukti pada penelitian Nugraha dan Susila (2015) yang menyatakan bahwa larutan AB Mix menghasilkan

pertumbuhan tanaman sawi, bayam, pakcoy, dan selada yang optimal dimulai dari fase vegetatif sampai pada fase generatif tanaman. Selain itu, Tripama dan Yahya (2018) juga menyatakan bahwa larutan nutrisi AB Mix berpengaruh nyata terhadap berbagai jenis tanaman sawi, antara lain: sawi pagoda (*Brassica narinosa*), sawi hijau (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), dan sawi pakcoy (*Brassica rapa* L).

Pertumbuhan Tanaman Sawi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan nutrisi AB Mix menghasilkan pertumbuhan yang jauh lebih baik daripada larutan nutrisi organik dari campuran bahan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor. Hal ini dapat dibuktikan dengan bobot segar akar dan bobot segar tanaman sawi pada perlakuan AB Mix menghasilkan perlakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan larutan nutrisi organik hasil fermentasi rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan rata-rata bobot segar akar (Tabel 3), perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar yaitu sebesar 4,63 g > perlakuan metode fermentasi, yaitu 2,18 g > perlakuan metode air hangat, yaitu 0,97 g > perlakuan metode air dingin, yaitu 0,47 g. Diantara 3 metode ekstraksi nutrisi organik, metode fermentasi menunjukkan bobot yang tinggi dibandingkan metode air hangat dan air dingin.

Tabel 1. Analisis larutan nutrisi pada berbagai metode ekstraksi

Perlakuan	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
AB Mix ⁽¹⁾	49.220	9.420	78.200
Metode air hangat ⁽²⁾	384,97	55,84	500,00
Metode air dingin ⁽²⁾	504,01	41,05	400,00
Metode fermentasi ⁽²⁾	196,03	33,66	400,00

Sumber:

1. Kandungan AB Mix Priyanggi *et al.* (2019)
2. Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Unila (2020)

Tabel 2. Analisis larutan nutrisi pada waktu fermentasi yang berbeda

Perlakuan	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
AB Mix ⁽¹⁾	49.220	9.420	78.200
Fermentasi 10 hari ⁽²⁾	22,26	5,12	127,27
Fermentasi 20 hari ⁽²⁾	23,53	4,42	109,09
Fermentasi 30 hari ⁽²⁾	26,72	5,56	118,18

Sumber:

1. Kandungan AB Mix Priyanggi *et al.* (2019)
- Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Unila (2020)

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan rata-rata bobot segar akar (Tabel 4) perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar, yaitu 4,42 g > larutan nutrisi organik fermentasi 20 dan 30 hari, masing-masing sebesar 1,20 dan 0,71 g. Lama waktu fermentasi terbaik pada variabel ini yaitu lama fermentasi 20 hari.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan rata-rata bobot segar tanaman (Tabel 3) perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar yaitu bobot tertinggi, yaitu sebesar 21,60 g > perlakuan metode fermentasi sebesar 11,28 > perlakuan metode air hangat sebesar 4,00 g > perlakuan metode air dingin sebesar 1,68 g atau 7,78 % dari perlakuan nutrisi AB Mix

Hasil penelitian pada sub percobaan metode lama fermentasi 20 hari memiliki bobot segar tanaman tertinggi sebesar 11,32 g > 30 hari yaitu sebesar 6,92 g > 10 hari yaitu sebesar 6,20 g. Menurut Jusuf *et al.* (2007), tanaman membutuhkan energi seperti air dan unsur hara untuk meningkatkan jumlah maupun ukuran sel pada tanaman. Hal ini bertujuan untuk mencapai bobot segar tanaman yang optimal agar hasil panen yang didapat lebih maksimal.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan pada perlakuan nutrisi organik belum dapat menyamai pertumbuhan yang dihasilkan perlakuan AB Mix. Rendahnya hasil penelitian yang ditunjukkan pada perlakuan nutrisi organik diduga karena ekstraksi nutrisi organik belum sempurna. Hal ini dapat dilihat dari pengamatan di lapangan yaitu masih kasarnya bahan yang telah diekstraksi pada metode air dingin, air panas dan fermentasi. Menurut Tambun *et al.* (2016), salah satu faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi adalah ukuran bahan. Ukuran bahan dapat mempengaruhi kontak antara pelarut dengan bahan. Selain itu metode dengan menggunakan air dingin tidak efektif dari segi waktu karena membutuhkan waktu yang lama untuk ekstraksi bahan dan penggunaan pelarut yang cukup banyak (Kiswandono, 2015). Menurut Ramoko dan Ramadhania (2018), metode air dingin memiliki kelemahan yaitu mempertahankan beberapa senyawa yang menyebabkan senyawa tersebut tidak larut sehingga terdapat unsur hara yang tidak tersedia.

Nitrogen memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan tanaman daripada sebagian

besar elemen penting lainnya, apabila tanaman mengalami defisiensi atau kelebihan unsur N maka secara nyata mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta hasil dan kualitas tanaman. Secara biokimia, P berperan dalam sistem transfer energi tanaman adenosin trifosfat (ATP), adenosin difosfat (ADP), dan fosfokreatinin yang melepaskan energi untuk tanaman sebagai aktivitas metabolisme; oleh sebab itu apabila tanaman mengalami defisiensi P maka dapat memperlambat pertumbuhan. Kalium berfungsi sebagai aktivasi enzim, dan kationnya yaitu K^+ berfungsi untuk potensi osmotik sel. Unsur K berperan mempertahankan sel penjaga stomata. Apabila tanaman mengalami defisiensi K akan menyebabkan penutupan stomata. Hal tersebut dapat berpengaruh terhadap transpirasi dan serapan air oleh tanaman yang dapat berpengaruh terhadap hasil fotosintesis pada tanaman (Jones, 2005).

Perlakuan larutan nutrisi AB Mix pada sub percobaan waktu fermentasi menghasilkan pertumbuhan tanaman sawi yang lebih baik dibandingkan dengan larutan nutrisi organik hasil fermentasi 10, 20, dan 30 hari yang ditunjang dari variabel bobot segar akar dan bobot segar tanaman sawi. Menurut Meriatna *et al.* (2018), waktu fermentasi yang singkat dalam waktu 10 hari dapat mengakibatkan terbatasnya kesempatan mikroba untuk terus tumbuh dan berkembangbiak sehingga jumlah komponen substrat yang dapat diubah menjadi sedikit. Oleh karena itu, waktu fermentasi yang ideal untuk optimalisasi jumlah mikroorganisme yaitu 20 - 30 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian Siboro *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa waktu fermentasi yang terbaik diperoleh pada waktu 25 hari.

Indikasi penyerapan unsur hara yang baik dapat dilihat dari bobot akar, semakin besar bobot akar tanaman, maka semakin besar volume kemampuan tanaman sawi dalam menyerap unsur hara. Namun, pada penelitian ini, bobot akar sawi larutan nutrisi AB Mix memiliki bobot akar yang lebih besar dibandingkan pada larutan nutrisi organik. Tanaman yang memiliki bobot akar terberat menghasilkan bobot total tanaman yang terberat juga, karena akar tanaman sawi tersebut dapat menyerap unsur hara secara optimal. Pada penelitian ini, terhambatnya pertumbuhan tanaman sawi diakibatkan karena keterbatasan ketersediaan oksigen dalam media larutan

organik. Menurut Parks *and* Murray (2011), larutan nutrisi, air, dan oksigen berperan penting dalam budidaya sistem hidroponik. Akar sawi yang kekurangan oksigen akan menyebabkan kemampuan akar tanaman menjadi sulit untuk menyerap larutan nutrisi, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal (Markhaini *et al.*, 2017).

Pertumbuhan akar tanaman sawi yang terhambat diakibatkan karena keterbatasan ketersediaan oksigen dalam media larutan organik. Hal ini karena mikroorganisme dekomposer yang masih aktif, sehingga menyebabkan oksigen (O_2) dalam larutan organik tidak tersedia bagi akar tanaman sawi. Menurut Virha *et al.* (2020), sistem aerasi sangat penting untuk mencapai penyerapan oksigen yang cukup oleh akar tanaman sawi, sehingga tidak terjadi persaingan dalam penyerapan oksigen oleh bakteri heterotrofik pada larutan nutrisi organik.

Perlakuan larutan nutrisi organik bahan campuran rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor dengan waktu fermentasi 10, 20, dan 30 hari menunjukkan tanaman dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4 dengan warna daun bagian atas berubah menjadi kekuningan dan batangnya kecil. Menurut Parks *and* Murray (2011), gejala kekuningan pada tanaman dapat disebabkan karena defisiensi hara yang ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman yang lambat, daun yang menguning (klorosis), dan kematian jaringan tanaman (nekrosis), terutama pada daun dan batang sawi. Pada penelitian ini, diduga terdapat unsur hara yang tidak diserap oleh tanaman, yaitu unsur Fe dan P. Menurut Adelia *et al.* (2013), fungsi dari besi (Fe) yaitu berperan dalam pembentukan klorofil pada tanaman, unsur hara yang tercukupi akan membentuk klorofil secara sempurna, respirasi menjadi optimal, dan energi yang dihasilkan banyak. Namun, apabila unsur Fe tidak tercukupi, maka pertumbuhan akar menjadi terhambat dan tidak optimal. Unsur fosfor (P) berfungsi untuk pertumbuhan akar, pembelahan sel, dan memperbesar jaringan sel pada tanaman. Kekurangan unsur fosfor (P) juga dapat mempengaruhi pertumbuhan akar tanaman dalam penyerapan unsur hara. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar (2017), pemberian larutan nutrisi yang cukup akan mengoptimalkan pembentukan klorofil tanaman, apabila penyerapan nutrisi tanaman rendah, maka kandungan klorofil juga rendah,

sehingga sulit untuk mencapai pertumbuhan yang optimal.

Kelemahan sistem hidroponik sumbu pada penelitian ini adalah akar tidak dapat menyerap larutan nutrisi dengan baik sehingga oksigen (O_2) hanya minimum tersedia bagi akar tanaman sawi. Sistem hidroponik sumbu merupakan sistem pasif yang artinya tidak ada pergerakan nutrisi pada akar tanaman sehingga tanaman sulit menyerap unsur hara makro dan mikro. Hal ini sebagai penyebab utama perkembangan akar tanaman sawi menjadi terhambat. Hasil penelitian Ansar *et al.* (2019) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sawi yang tidak optimal tidak hanya disebabkan oleh intensitas cahaya, tetapi larutan nutrisi yang tergenang dan tidak adanya sirkulasi dalam larutan nutrisi organik yang menyebabkan pertumbuhan akar tanaman menjadi terganggu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan nutrisi AB Mix menghasilkan pertumbuhan fase vegetatif yang jauh lebih baik daripada larutan nutrisi organik dari campuran bahan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor. Hasil analisis uji lanjut (Tabel 3) menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak pada sub percobaan metode ekstraksi diperoleh pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix, yaitu 9 helai > metode air hangat, yaitu 5 helai > perlakuan metode air dingin, yaitu 4 helai daun, dan metode fermentasi, yaitu 4 daun.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi larutan nutrisi organik jumlah daun (Tabel 4) pada fermentasi 20 hari, yaitu 9 helai > 30 hari, yaitu 8 helai > 10 hari, yaitu 7 helai. Perlakuan larutan nutrisi organik hasil analisis uji lanjut menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak diperoleh pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix yaitu 12 helai.

Perlakuan AB Mix pada sub percobaan metode ekstraksi menghasilkan lebar daun (Tabel 4) tertinggi, yaitu 8,52 cm > dibandingkan pada perlakuan metode fermentasi, yaitu 3,98 cm > metode air hangat, yaitu 3,68 cm > perlakuan metode air dingin, yaitu 2,25 cm atau 26,4% dari persentase perlakuan nutrisi AB Mix.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan lebar daun (Tabel 4) larutan nutrisi organik fermentasi 20 hari sebesar 3,31 cm > fermentasi 30 hari sebesar 2,47 cm > fermentasi 10 hari yaitu 2,54 cm.

Tingkat kehijauan daun sawi pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan pada perlakuan AB mix menghasilkan tingkat

kehijauan daun yang lebih tinggi, yaitu 33,8 unit dibandingkan pada perlakuan metode fermentasi, yaitu 27,05 > perlakuan metode air hangat, yaitu 22,4 unit > perlakuan metode air dingin, yaitu 16,2 unit atau 28,7 % dari perlakuan AB Mix.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu ekstraksi menunjukkan tingkat kehijauan daun (Tabel 4) larutan nutrisi organik fermentasi 20 hari, yaitu sebesar 25,97 unit > fermentasi 30 hari, yaitu 23,28 unit > fermentasi 10 hari, yaitu 23,78 unit. Tingkat kehijauan daun sawi pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix 56,42 unit.

Hidroponik Tanaman Sawi. Hasil penelitian pada sub percobaan waktu ekstraksi menunjukkan bahwa perlakuan nutrisi AB Mix memberikan hasil yang lebih baik dari perlakuan nutrisi organik. Dari ketiga metode ekstraksi nutrisi organik, metode fermentasi

menunjukkan hasil pengamatan yang lebih baik dari metode air hangat dan air dingin. Hal ini diduga kandungan nutrisi organik pada metode fermentasi lebih lengkap dan metode ini mendapatkan hara tambahan dari EM-4 dan rumen sapi, sedangkan metode air hangat dan air dingin tidak mendapatkan hara tambahan, murni campuran dari bahan dasar berupa daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut. Menurut Chen *et al.* (2013) dan Suryani *et al.* (2017), proses fermentasi dapat menurunkan kadar serat kasar yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terkandung dalam EM-4, yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei*, dan *Rhodopseudomonas palustris*. Fermentasi mendegradasi molekul protein yang kompleks menjadi senyawa yang sederhana seperti peptida dan asam amino sehingga mudah untuk diserap tanaman.

Tabel 3. Rata-rata pertumbuhan caisim hidroponik pada berbagai metode ekstraksi

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	Lebar Daun (cm)	Bobot Total Tanaman (g)		Bobot Segar Akar (g)		SPAD (unit)	
	Asli	Asli	Asli	Trans Log (X)	Asli	Trans $\sqrt{X}$	Asli	Trans $\sqrt{X}$
AB Mix	8,78 a	8,52 a	21,60 a	0,66	4,63 a	2,15	33,80 a	1,53
Metode air hangat	5,32 b	3,68 b	4,00 c	0,30	0,97 c	0,98	22,43 c	1,35
Metode air dingin	4,38 c	2,25 c	1,68 d	0,11	0,47 d	0,68	16,20 d	1,21
Metode fermentasi	4,43 c	3,98 b	11,28 b	0,52	2,18 b	1,48	27,05 b	1,43
BNJ 5%	0,71	1,13	0,07		0,19		0,07	

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf nyata 5%

Table 4. Rata-rata pertumbuhan vegetatif caisim hidroponik pada waktu fermentasi yang berbeda

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	Lebar Daun (cm)	SPAD (unit)	Bobot Segar Akar 3 Tanaman (g)		Bobot Total 3 Tanaman (g)	
	Asli	Asli	Asli	Asli	Trans $\sqrt{x}$	Asli	Trans $\sqrt{x}$
Nutrisi AB Mix	12,28a	8,51a	56,42a	4,42a	2,09	169,92a	3,60
10 hari fermentasi	7,94b	2,54c	23,78b	0,67b	0,86	6,20c	1,57
20 hari fermentasi	9,28b	3,31b	25,97b	1,20b	1,05	11,32b	1,83
30 hari fermentasi	8,50b	2,47c	23,28b	0,71b	0,82	6,92bc	1,60
BNJ 5%	1,57	0,74	10,48	0,31		0,23	

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf nyata 5%

Tabel 5. Parameter pendukung nilai pH pada berbagai metode ekstraksi

Perlakuan	pH			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
AB Mix	6,6	6,7	6,9	6,9
Metode air panas	6,2	6,1	6,2	6,3
Metode air dingin	5,5	5,1	5,9	6,0
Metode fermentasi	6,2	6,4	6,6	6,6

Tabel 6. Parameter pendukung nilai pH pada waktu fermentasi yang berbeda

Perlakuan	pH			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
Nutrisi AB Mix	6	6,5	7	7
10 hari fermentasi	5	6	7	7
20 hari fermentasi	5,5	6	7	7
30 hari fermentasi	5,5	6	7	7

Tabel 7. Parameter pendukung nilai TDS (*Total dissolve solid*) pada berbagai metode ekstraksi

Perlakuan	TDS (ppm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
AB Mix	633	640	630	642
Metode air panas	489	495	490	501
Metode air dingin	452	460	472	480
Metode fermentasi	422	510	620	690

Table 8. Parameter pendukung nilai TDS (*Total dissolve solid*) pada waktu fermentasi yang berbeda

Perlakuan	TDS (ppm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
Nutrisi AB Mix	400	780	1.000	1.150
10 hari fermentasi	300	472	650	650
20 hari fermentasi	350	565	668	670
30 hari fermentasi	375	600	700	700

Unsur hara makro dan mikro dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan dan perkembangan. Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial bagi tanaman dibutuhkan untuk sintesis asam amino, protein, dan banyak metabolit penting lainnya (Perchlik and Tegeder, 2018). Fungsi fosfor menurut Oke *et al.*, (2005), untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman, fosfor juga berfungsi sebagai energi untuk reaksi biosintesis dan sintesis beberapa zat metabolik. Fosfor berfungsi pada tahap awal masa vegetatif pertumbuhan tanaman. Menurut Prajapati and Modi (2012), unsur kalium berfungsi meningkatkan hasil panen dan meningkatkan kualitas tanaman. Unsur kalium mendukung dalam proses pertumbuhan tanaman, yaitu aktivasi enzim, aktivitas stomata (penggunaan air), fotosintesis, transportasi gula, transportasi air dan nutrisi, sintesis protein, sintesis pati.

Penyerapan nutrisi unsur nitrogen akan mempengaruhi variabel jumlah daun. Hal ini sesuai pernyataan Harahap dan Hidayat (2018) yang membuktikan bahwa tanaman selain membutuhkan media tanam untuk menopang pertumbuhannya, juga membutuhkan larutan nutrisi dan pencahayaan yang cukup untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi. Perlakuan larutan nutrisi AB Mix pada sub percobaan lama fermentasi menghasilkan jumlah daun dan lebar daun yang paling baik. Hal ini disebabkan karena kandungan unsur N yang terdapat dalam larutan nutrisi AB Mix dapat membantu pertumbuhan lebar daun pada tanaman sawi hijau. Menurut Yama dan Kartiko (2020), nitrogen merupakan komponen penyusun dari banyak senyawa esensial bagi tumbuhan yang berfungsi untuk pembentukan klorofil. Adanya unsur nitrogen tersebut dapat merangsang pembentukan hijau daun untuk

proses fotosintesis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tripama dan Yahya (2018), bahwa unsur N berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan daun, sehingga jumlah daun menjadi lebih banyak dan lebar daun menjadi lebih besar dengan warna yang lebih hijau, sehingga akan meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman. Selain itu, Jones (2005) menyatakan bahwa nitrogen memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan tanaman daripada sebagian besar elemen penting lainnya, apabila tanaman mengalami defisiensi atau kelebihan unsur N maka secara nyata mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta hasil dan kualitas tanaman.

Pengamatan pH dilakukan pada saat awal penanaman sampai panen. Wirosodarmo *et al.* (2001) menyatakan bahwa tanaman sawi membutuhkan pH antara 6-7. Nilai pH pada larutan nutrisi AB Mix yaitu antara 6-7, sedangkan nilai pH larutan nutrisi organik berkisar antara 5-5,5 sebelum ditambahkan dengan $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$ (Natrium Benzoat). Nilai pH 5 pada larutan nutrisi organik berarti mikroorganisme masih aktif, yang dapat dilihat dari larutan nutrisi hasil fermentasi bahan organik yang masih berbau alkohol. Menurut Caliskan *and* Caliskan (2018), apabila pH <5,5 dapat menyebabkan menurunnya daya larut asam fosfor (P), kalium (Ca), sulfur (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), sehingga tidak dapat diserap dengan baik oleh tanaman. Setelah ditambahkan $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$ nilai pH berubah menjadi 6-7 (Tabel 4). Walaupun pH larutan nutrisi organik sudah sama dengan pH larutan nutrisi AB Mix, namun pertumbuhan tanaman masih terhambat. Menurut Sardare *and* Admane (2013), rentang pH yang optimal untuk ketersediaan nutrisi larutan hara hidroponik adalah 5,5-6,5 dan bergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan.

Nilai TDS pada larutan nutrisi tanaman sawi yaitu berkisar antara 1.050-1.400 ppm. Pada penelitian ini, nilai TDS yang terdapat pada larutan nutrisi AB Mix memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi, yaitu 1.000-1.115 ppm dibandingkan dengan nilai TDS pada larutan nutrisi organik (rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor) dengan nilai sebesar 650-700 ppm (Tabel 5). Nutrisi untuk tanaman hidroponik memegang peran penting dalam pertumbuhan tanaman sawi. Menurut Akasiska *et al.* (2014), nilai TDS berpengaruh terhadap fase generatif dan vegetatif pada tanaman

hidroponik sumbu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hamli *et al.* (2015), semakin tinggi kandungan garam yang terdapat dalam larutan nutrisi organik, maka akan semakin tinggi nilai TDS-nya. Konsentrasi garam yang tinggi akan merusak akar tanaman dan mengganggu penyerapan nutrisi oleh tanaman. Penelitian Dahlianah *et al.* (2020) juga mengatakan bahwa nilai TDS yang rendah akan menyebabkan larutan nutrisi hidroponik tidak tersedia bagi tanaman, sehingga dapat menghambat proses fotosintesis dan transpirasi pada tanaman sawi.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan bahwa perlakuan metode ekstraksi fermentasi bahan organik campuran daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut lebih baik hasilnya dibandingkan metode ekstraksi air dingin dan metode ekstraksi air hangat. Hal ini dibuktikan dengan lebih tingginya variabel bobot segar tanaman, jumlah daun, lebar daun, bobot segar akar, dan tingkat kehijauan daun.
2. Pada sub percobaan lama fermentasi menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang terbaik pada larutan nutrisi organik adalah fermentasi 20 hari. Hal ini dibuktikan dengan lebih tingginya variabel bobot segar tanaman, jumlah daun, lebar daun, bobot segar akar, dan tingkat kehijauan daun.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih atas bantuan teknis karyawan rumah kaca Fakultas Pertanian, Unila

Daftar Pustaka

- Adelia, P.F., Koesriharti, dan Sunaryo. 2013. Pengaruh penambahan unsur hara mikro (Fe dan Cu) dalam media paitan cair dan kotoran sapi cair terhadap pertumbuhan dan hasil bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan sistem hidroponik rakit apung. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1: 48-58.

- Akasiska, R., R. Samekto, dan Siswadi. 2014. Pengaruh konsentrasi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica parachinesnsis*) sistem hidroponik vertikutur. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 13: 46-61. doi:<http://dx.doi.org/10.33061/innofarm.v13i2.981>.
- Al-Juthery, H.W.A., H.A. Drebee, B.M.K. Al-Khafaji, and R.F. Hadi. 2015. Plant biostimulants, seaweeds extract as a model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 553: 012015.
- Ali, F., T.I. Sari, Arina, and Siwitri. 2019. Utilization of PT. Hok Tong liquid waste rubber industry in making of liquid organic fertilizer with addition of eceng gondok and EM4 (*Effective Microorganism* 4). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 620: 012013. doi:10.1088/1757-899X/620/1/012013.
- Ansar, G.M.D. Putra, dan O.S. Ependi. 2019. Analisis variasi jenis dan panjang sumbu terhadap pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7: 166-173.
- Arsyad, M., I.N.G. Wardana, Pratikto, and Y.S. Irawan. 2015. The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Revista Materia*, 20: 169-177.
- Basmal, J., M.E. Aribowo, Nurhayati, and R. Kusumawati. 2019. Growth rate of *Pseudomonas fluorescens* in liquid fertilizer from brown seaweed (*Sargassum* sp.) extracts *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 383: 012027.
- Çalışkan, B. and A.C. Çalışkan. 2018. Potassium nutrition in plants and its interactions with other nutrients in hydroponic culture other nutrients in hydroponic culture. *IntechOpen*: 9-21. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71951>.
- Chen, L., R.L. Madl, P.V. Vadlani, L. Li, and W. Wang. 2013. Value - added products from soybean: Removal of anti-nutritional factors via bioprocessing. *InTech*. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/52993>.
- Dahlianah, I., Arwinsyah, K.S. Pebriana, dan N.R. Suhal. 2020. Tanggap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassica norinosa*) terhadap berbagai dosis nutrisi AB Mix metode hidroponik dengan sistem rakit apung. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17: 55-60.
- Emongor, V.E. 2015. Effects of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract on growth, yield and yield components of snap beans (*Phaseolus vulgaris*) *British Journal of Applied Science & Technology*, 6: 114-122.
- Ferdaus, F., M.O. Wijayanti, E.S. Retnonigtyas, and W. Irawati. 2008. Pengaruh pH, konsentrasi substrat, penambahan kalsium karbonat dan waktu fermentasi terhadap perolehan asam laktat dari kulit pisang. *Widya Teknik* 7: 1-14.
- Hamli, F., I.M. Lapanjang, and R. Yusuf. 2015. Respon pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik terhadap komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair). *e-J. Agrotekbis*, 3: 290-296.
- Harahap, Q.H. dan T. Hidayat. 2018. Interaksi sistem pertanaman hidroponik dengan pemberian nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrohitia*, 2: 61-67.
- Jones, J.B. 2005. *A Practical Guide for the Soilless Grower*. CRC Press. New York.
- Jusuf, L., A.M. Mulyati, dan A.H. Sanaba. 2007. Pengaruh dosis pupuk organik padat daun gamal terhadap tanaman sawi. *Jurnal Agorisistem*, 3: 80-89.
- Khan, F.A., A. Kurklu, A. Ghafoor, Q. Ali, M. Umair, and Shahzaib. 2018. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. *Internatonal Journal of Agriculture, Environment and Food Scences*, 2: 59-66. doi:10.31015/jaefs.18010.
- Kiswandono, A.A. 2015. Perbandingan dua ekstraksi yang berbeda pada daun kelor (*moringa oleifera*, lamk) terhadap rendemen ekstrak dan senyawa bioaktif yang dihasilkan. *Jurnal Sains Natural*, 1: 45-51. doi:<https://doi.org/10.31938/jsn.v1i1.13>.
- Markhaini, I. Gunawan, Y. Purwaningrum, Y. Asbur, and R.D.H. Rambe. 2017. Agronomic characteristics of mustard (*Brassica jucea* L.) on the application of fertilizer solution and flannel size at wick hydroponic system *International Journal of Science and Research Methodology*, 6: 65-76.
- Meriatna, Suryati, and A. Fahri. 2018. Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator

- EM4 (*Effective Microorganisme*) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7: 13-29.
- Nugraha, R.U. dan A.D. Susila. 2015. Sumber sebagai hara pengganti AB mix pada budidaya sayuran daun secara hidroponik. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 6: 11-19.
- Oke, M., T. Ahn, A. Schofield, and G. Paliyath. 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. *Journal Agricultural Food and Chemistry*, 53: 1531-1538. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0402476>.
- Pangaribuan, D.H., Sarno, K. Hendarto, Priyanto, A.K. Darma, and T. Aprillia. 2019. Liquid organic fertilizer from plant extracts improves the growth, yield and quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences*, 42: 1157-1166. doi:http://www.pertanika.upm.edu.my/regular_issues.php?type=1&jurnal=JTAS-42-3-8.
- Parks, S. and C. Murray. 2011. Leafy asian vegetables and their nutrition in hydroponics. *Industry and Investment New South Wales, Australia*.
- Perchlik, M. and M. Tegeder. 2018. Leaf amino acid supply affects photosynthetic and plant nitrogen use efficiency under nitrogen stress. *Journal Plant Physiology*, 178: 174-188.
- Phibunwatthanawong, T. and N. Riddech. 2019. Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8: 369-380.
- Prajapati, K. and H.A. Modi. 2012. The importance of potassium in plant growth. A review *Indian Journal of Plant Sciences*, 1: 177-186. doi:<http://www.cibtech.org/jps.htm>.
- Priynggi, R.W., R.A. Nugroho, dan Y.P. Sari. 2019. Pengaruh rasio pupuk organik cair limbah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan pupuk inorganik komersial terhadap pertumbuhan sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) secara hidroponik rakit apung *Bioprospek*, 14: 11-22.
- Puspitasari, A.D. and S. Pramono. 2015. Comparison of methods of producing bee propolis purified extract based on total flavonoid content using rutin as standard. *Traditional Medicine Journal*, 20: 76-81. doi:<https://jurnal.ugm.ac.id/TradMed/article/download/8076/6267>.
- Ramoko, H. dan Z.M. Ramadhania. 2018. Review: Pengembangan metode ekstraksi senyawa azadiraktin dan analisis menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). *Jurnal Farmaka*, 16: 117-124. doi:<https://doi.org/10.24198/jf.v16i2.17630>.
- Sardare, M.D. and S.V. Admane. 2013. A review on plant without soil - hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2: 299-304.
- Sari, F.P., D. Hendrawan, dan D. Indrawati. 2015. Pengaruh penambahan bioaktivator pada proses dekomposisi sampah organik secara anaerob). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 7: 57-66.
- Sedayu, B.B., I.M.S. Erawan, dan L. Assadad. 2014. Pupuk cair dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, *Sargassum sp.* dan *Gracilaria sp.* menggunakan proses pengomposan. *JPB Perikanan*, 9: 61-68.
- Siboro, E.S., E. Surya, dan N. Herlina. 2013. Pembuatan pupuk cair dan biogas dari campuran limbah sayuran. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2: 40-43.
- Siregar, M. 2017. Respon pemberian nutrisi abmix pada sistem tanam hidroponik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica Juncea*). *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*, 2: 18-24.
- Suhastyo, A.A. dan F.T. Raditya. 2019. Respon pertumbuhan dan hasil sawi pagoda (*Brassica Narinosa*) terhadap pemberian mol daun kelor. *Agrotechnology Research Journal*, 3: 56-60.
- Suryani, Y., I. Hernaman, and Ningsih. 2017. Pengaruh penambahan urea dan sulfur pada limbah padat bioetanol yang difermentasi EM-4 terhadap kandungan protein dan serat kasar. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 5: 13-17. doi:<http://dx.doi.org/10.23960/jipt.v5i1.p13-17>.
- Tambun, R., H.P. Limbong, C. Pinem and E. Manurung. 2016. Pengaruh ukuran partikel, waktu dan suhu pada ekstraksi fenol dari lengkuas merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*. doi:<https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1555>.

- Tripama, B. dan M.R. Yahya. 2018. Respon konsentrasi nutrisi hidroponik terhadap tiga jenis tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Agritop*, 16: 237-249. doi:<http://jurnal.unmuahjember.ac.id/index.php/AGRITROP>.
- Virha, F.A., Bastamansyah, dan F.M. Bayfurqon. 2020. Pengaruh sistem aerasi dan pemangkasan akar terhadap produksi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada hidroponik rakit apung. *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5: 82-91. doi:10.31289/agr.v5i1.4633.
- Wahyulianingsih, S. Handayani, dan A. Malik. 2016. Penetapan kadar flavonoid total ekstrak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perry). *Jurnal Fitofarmaka*, 3: 199-193. doi:<https://doi.org/10.33096/jffi.v3i2.221>.
- Wirosoedarmo, R., J.B. Rahadi, dan D. Ermayanti. 2001. Pengaruh sistem pemberian air dan ketebalan spon terendam terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*) dengan metode *aqua culture*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2: 52-57. doi:<http://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/download/120/476>.
- Yama, D.I. dan H. Kartiko. 2020. Pertumbuhan dan kandungan klorofil pakcoy (*Brassica rappa* L.) pada beberapa konsentrasi AB-mix dengan sistem wick. *Jurnal Teknologi*, 12: 21-30. doi:<https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.12.1.21-30>.

Laila, A. · N.I. Muztahidin · D. Radinal · A.A. Fatmawaty · N. Hermita

Aplikasi kalium klorida pada dosis yang berbeda secara fertigasi tetes untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah

Sari Budidaya bawang merah (*Allium cepa* L.) di Provinsi Banten terhambat oleh masalah kekurangan air karena diusahakan di lahan kering. Oleh karena hal tersebut, kami mengevaluasi pengaruh pemberian kalium klorida (KCl) melalui fertigasi tetes untuk efisiensi penggunaan air dan nutrisi pada budidaya bawang merah di lahan kering Banten. Penelitian polybag dilaksanakan dengan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 4 ulangan sebagai blok. Perlakuan terdiri dari dosis KCl dengan sistem fertigasi tetes yakni 50, 75, 100, 125 dan 150% dari dosis rekomendasi KCl untuk Provinsi Banten dan aplikasi KCl dengan sistem irigasi konvensional sesuai dosis rekomendasi sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman bervariasi pada berbagai perlakuan pada pengamatan 6 dan 8 minggu setelah tanam (mst). Tinggi tanaman maksimal mencapai 49,4 cm pada perlakuan fertigasi tetes dengan dosis KCl 75% pada umur 6 mst dan 43,5 cm pada umur 8 mst. Jumlah daun pada umur 6 mst juga menunjukkan adanya variasi pada berbagai perlakuan. Jumlah daun terbanyak mencapai 23,1 helai yang ditunjukkan pada perlakuan fertigasi tetes dengan dosis KCl 75%. Namun, pada pengamatan kehijauan daun tidak menunjukkan beda nyata antar perlakuan. Hasil panen menunjukkan bahwa perlakuan fertigasi tetes pada dosis KCl 75% menunjukkan jumlah umbi per tanaman paling banyak (9,3 umbi per tanaman) dan bobot tumbi tertinggi (38,95 gram per tanaman). Dari hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi fertigasi tetes dapat mengurangi 25% dosis rekomendasi KCl dibandingkan dengan sistem konvensional.

Kata kunci: Dosis · KCl · Penelitian polibag · Sistem irigasi · Umbi

Different potassium chloride doses to increase the growth and yield of shallot under drip fertigation

Abstract. Shallot (*Allium cepa* L.) cropping in the Province of Banten has been impeded by water deficit problem due to it is occupying dry land areas. Therefore, we evaluated the effect of different potassium chloride doses under drip fertigation to increase the growth and yield of shallot in the dry land area of Banten. Potted research was laid out in a Randomized Completely Block Design (RCBD) with four replications as blocks. The treatment consisted of 50, 75, 100, 125, and 150% basal dose recommendation of potassium chloride under a drip fertigation system and 100% basal dose recommendation of potassium chloride under a conventional irrigation system as a control. The result revealed that plant height varied significantly due to the various level of potassium chloride at 6 and 8 weeks after planting (wap). Plant height was maximum at 75% basal dose recommendation of potassium chloride using drip fertigation at 6 wap (49.4 cm) and 8 wap (43.5 cm). In addition, there was significant differences in the number of leaves at 6 wap (23.1 leaves per plant). In contrast, there was no differences in leaf greenness among treatments. At harvest, the number of bulbs was maximum at 75% basal dose recommendation of potassium chloride using drip fertigation (9.3 bulbs per plant). Moreover, the heaviest bulbs weight was obtained in the 75% basal dose recommendation of potassium chloride using drip fertigation (38.95 grams per plant). Hence, drip fertigation application significantly reduced the 25% potassium basal dose recommendation compared to the conventional system.

Keywords: Bulb · Dose · Irrigation system · KCl · Potted research

Diterima : 18 Februari 2022, Disetujui : 17 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38434>

Laila, A. · N.I. Muztahidin · D. Radinal · A.A. Fatmawaty · N. Hermita
Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Raya Palka Sindangsari, Kec. Pabuaran, Kabupaten Serang, Banten 42163
Korespondensi: alfulaila@untirta.ac.id

Laila, A. *et al.* : Aplikasi kalium klorida pada dosis yang berbeda secara fertigasi tetes untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah

Pendahuluan

Luas lahan kering di Provinsi Banten mencapai 50% dari total luas lahan yang dimanfaatkan untuk pertanian. Lahan kering yang dimanfaatkan untuk pertanian di Banten terdiri dari lahan tegal seluas 121.918 ha dan ladang seluas 70.839 ha (Kementerian Pertanian, 2019).

Salah satu komoditas yang dibudidayakan di Provinsi Banten adalah bawang merah. Bawang merah merupakan salah satu produk unggulan nasional yang dimanfaatkan sebagai bahan bumbu makanan sehari-hari. Pada tahun 2018, bawang merah telah dibudidayakan di Indonesia dengan total lahan seluas 156.779 hektar dengan produksi sebesar 1.503.436 ton sehingga produktivitas nasional adalah 9,59 ton/ha. Produktivitas bawang merah nasional mengalami fluktuatif selama 5 tahun terakhir. Hal tersebut juga terjadi di Banten dengan produktivitas bawang merah hanya mencapai masih di bawah rata-rata produktivitas nasional yakni 6,42 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2019).

Salah satu penyebab rendahnya produksi dan produktivitas bawang merah di Banten adalah kondisi lahan yang tersedia di Banten merupakan lahan kering. Lahan kering sering diasosiasikan dengan tidak tersedianya air untuk tanaman yang menyebabkan tanaman akan mengalami cekaman kekeringan (Sánchez-Virosta and Sánchez-Gómez, 2019). Cekaman kekeringan pada tanaman akan menyebabkan penurunan hasil (El Balla *et al.*, 2013; Sánchez-Virosta and Sánchez-Gómez, 2019). Untuk mengatasi hal tersebut, telah banyak dikembangkan teknologi budidaya tanaman di lahan kering menggunakan sistem fertigasi. Fertigasi (*fertigation*) adalah gabungan teknik aplikasi pemupukan bersamaan dengan pengairan. Berbagai perkembangan teknologi fertigasi yakni dengan aplikasi sistem tetes (*drip*) (Abedin *et al.*, 2021) dan penyemprotan (*sprinkler*) terhadap tanaman (Barradas *et al.*, 2012). Teknologi fertigasi tersebut telah banyak diaplikasikan pada berbagai tanaman budidaya. Aplikasi fertigasi tetes diketahui mampu meningkatkan hasil berbagai tanaman baik untuk tanaman pangan seperti jagung (Wu *et al.*, 2019) dan gandum (Yan *et al.*, 2020), dan tanaman hortikultura seperti *Camelina sativa* L. Crantz (Amiri-Darban *et al.*, 2020) dan tomat

(Plaza *et al.*, 2021). Selain itu, aplikasi fertigasi juga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi (Liu *et al.*, 2020).

Salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tanaman pada saat terjadi cekaman kekeringan adalah unsur Potassium atau Kalium (K) (Zamani *et al.*, 2020). Kandungan kalium dalam tanaman berfungsi untuk mengurangi transpirasi pada saat terjadi cekaman kekeringan. Menurut penelitian Zahoor *et al.* (2017), unsur K mampu meningkatkan laju fotosintesis tanaman dan membantu penyembuhan setelah masa kekeringan. Selain itu, unsur K juga mampu meningkatkan efektifitas pada pertumbuhan, proses fisiologi, dan pembentukan antioksidan pada kondisi cekaman kekeringan (Shehzad *et al.*, 2020; Zamani *et al.*, 2020). Pada kondisi cekaman kekeringan, aplikasi ion K^+ pada tanaman melalui daun lebih baik daripada melalui akar, namun jika kondisi pengairan baik maka aplikasi unsur K melalui akar lebih baik daripada daun (Bahrami-Rad and Hajiboland, 2017). Fungsi kalium pada tanaman adalah mengontrol regulasi stomata, konduktansi mesofil, pertumbuhan sel, dan transportasi air pada jaringan xilem (Luan *et al.*, 2017). Dengan demikian, aplikasi KCl yang diasosiasikan pada lahan yang berpotensi mengalami kekeringan sangat penting untuk mencegah terjadinya cekaman kekeringan pada tanaman.

Penelitian aplikasi fertigasi tetes tidak hanya dilakukan pada skala polibag atau pot saja, namun telah diaplikasikan pada skala lahan pada beberapa komoditas, seperti jeruk sitrus (*Citrus sinensis* (L.) Osb. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) (Hervalejo *et al.*, 2021) dan padi (Zhang *et al.*, 2021). Penelitian Ali *et al.* (2019) dan Groenveld *et al.* (2021) menunjukkan bahwa aplikasi fertigasi dapat digunakan untuk tanaman pada kondisi kekurangan air (*water deficit*) melalui efisiensi penggunaan air dan nutrisi. Namun penelitian fertigasi bawang merah belum pernah dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan dan hasil bawang merah dengan fertigasi tetes pada berbagai dosis KCl sebagai upaya untuk mencegah terjadinya penurunan hasil di wilayah yang berpotensi mengalami kekeringan melalui pemanfaatan efisiensi air dalam budidaya tanaman dan peningkatan ketersediaan unsur K.

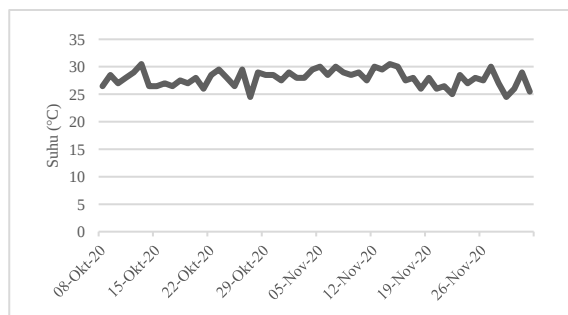
Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Desember 2020 di Kebun Lahan Percobaan Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Desa Cisalam, Kecamatan Baros, Kabupaten Serang (LS 6.210471°; BT 106.108329°, 117 mdpl). Sifat fisika dan kimia tanah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

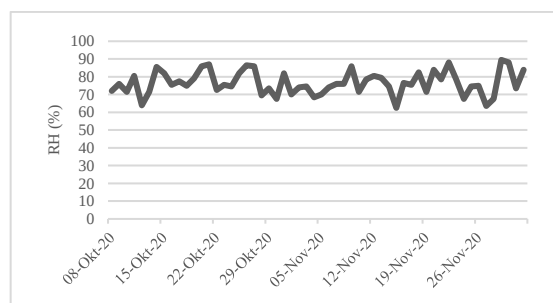
Tabel 1. Karakteristik media tanah yang digunakan untuk penelitian

Komponen	Nilai
Sifat Kimia	
H ₂ O	5.11
KCl	4.69
C-organik (%)	1.11
N Total (%)	0.16
P (ppm)	7.20
Ca (cmol+)/kg	4.37
Mg (cmol+)/kg	2.04
K (cmol+)/kg	0.85
Na (cmol+)/kg	0.52
CTC (cmol+)/kg	16.60
Al (cmol+)/kg	0.73
H (cmol+)/kg	0.25
Sifat Fisik	
Pasir (%)	4.89
Debu (%)	19.32
Liat (%)	75.79

Kondisi cuaca selama penelitian yang diamati adalah suhu dan kelembaban menggunakan Termometer-Higrometer SSM TFA Haar-Synth Hygro Germany. Suhu dan kelembaban diamati setiap hari pada pukul 07.30 dan 15.00 WIB. Rerata suhu selama bulan Oktober hingga Desember menunjukkan fluktuasi pada kisaran 24,5 hingga 30,5 °C, sedangkan rerata kelembaban berkisar antara 63,5 hingga 87%.



Gambar 1. Grafik rerata suhu (°C) selama penelitian mulai bulan Oktober hingga Desember 2020



Gambar 2. Grafik rerata kelembaban relative (%) selama penelitian (°C) mulai bulan Oktober hingga Desember 2020

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandon air 250 liter, pipa PVC ¼ inch, selang ½ inch, drip, cangkul, timbangan analitik, erlenmayer 25 mL, oven, Termometer-Higrometer SSM TFA Haar-Synth Hygro Germany dan Konica Minolta Chlorophyll Meter SPAD-502. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih bawang merah varietas Bima Brebes, tanah, pupuk kandang, urea, TSP, KCl, fungisida, dan herbisida.

Penelitian ini dilaksanakan dengan rancangan acak kelompok lengkap dengan 4 blok sebagai ulangan. Dosis pemupukan N:P diberikan sebanyak 300:100 kg/ha, sedangkan dosis KCl diberikan sesuai perlakuan, yakni 50, 75, 100, 125 dan 150% dosis rekomendasi secara konvensional yang diaplikasikan melalui fertigasi tetes dan pemupukan secara konvensional dengan dosis KCl sesuai dengan dosis rekomendasi sebagai kontrol. Jumlah KCl yang diaplikasikan sesuai dengan tabel 2. Setiap perlakuan terdiri dari 10 polibag.

Tabel 2. Aplikasi Dosis KCl setiap perlakuan

Perlakuan	KCl (kg.ha ⁻¹)
Kontrol	150
Fertigasi KCl 50%	75
Fertigasi KCl 75%	112,5
Fertigasi KCl 100%	150
Fertigasi KCl 125%	187,5
Fertigasi KCl 150%	225

Tabel 3. Jumlah aplikasi air dan pupuk

Umur Tanaman (hst)	N-P-K (kg.ha ⁻¹)						Air (liter/ hari/ blok)	Waktu (detik)
	Kontrol	KCl 50%	KCl 75%	KCl 100%	KCl 125%	KCl 150%		
0 - 10	0	0	0	0	0	0	3,2	4,6
11 - 20	100-100-150	60-20-15	60-20-22,5	60-20-30	60-20-37,5	60-20-45	3,2	4,6
21 - 30	100-0-0	60-20-15	60-20-22,5	60-20-30	60-20-37,5	60-20-45	4,3	6,1
31 - 30	100-0-0	60-20-15	60-20-22,5	60-20-30	60-20-37,5	60-20-45	4,7	6,7
41 - 50	0	60-20-15	60-20-22,5	60-20-30	60-20-37,5	60-20-45	3,9	5,1
51 - 56	0	60-20-15	60-20-22,5	60-20-30	60-20-37,5	60-20-45	3,2	4,6

Persiapan media tanam dilakukan dengan menyiapkan polybag berukuran 35 x 35 cm kemudian diisi media tanam yang terdiri dari campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1. Benih bawang merah yang digunakan berbentuk umbi dengan bobot 5 gram. Setiap polybag ditanam 1 umbi. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiangan seminggu sekali, pengendalian hama dilakukan secara manual dan pengendalian penyakit menggunakan fungisida dua minggu sekali. Panen dilakukan saat tanaman telah menunjukkan ciri-ciri panen yakni sebagian besar daun rebah dan bewarna kekuningan, pangkal daun tanaman sudah lemas, dan umbi telah muncul di permukaan.

Aplikasi perlakuan fertigasi tetes dengan cara melarutkan unsur N, P dan K dalam bentuk urea, SP-36 dan KCl sesuai dosis perlakuan dan umur tanaman 0-10, 11-20, 21-30, 31-30, 41-50, dan 51-56 hari setelah tanam (hst) ke dalam tandon air berkapasitas 250 liter. Debit air yang keluar dari tandon air adalah 0,7 liter per detik. Jumlah air fertigasi tetes yang diberikan untuk seluruh perlakuan setiap umur tanaman 0-10, 11-20, 21-30, 31-30, 41-50 dan 51-56 hst berturut-turut adalah 3,2; 3,2; 4,3; 4,7; 3,9; dan 3,2 liter per hari per blok sehingga waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air nutrisi melalui sistem fertigasi berturut-turut adalah 4,6; 4,6; 6,1; 6,7; 5,1; dan 4,6 detik (Tabel 3). Aplikasi fertigasi tetes dilakukan dua kali sehari yakni pada pagi hari pukul 07.30 Waktu Indonesia Barat (WIB) dan sore hari pukul 16.00 WIB.

Perlakuan kontrol atau secara konvensional dilakukan dengan cara aplikasi urea, KCl dan SP-36 dengan cara ditaburkan di atas media tanam kemudian ditutup kembali pada umur 2 minggu setelah tanam (mst). Urea diaplikasikan 3 kali, yakni pada umur 2, 4 dan 6 mst dengan perbandingan 1/3 : 1/3 : 1/3. KCl dan SP-36 diaplikasikan pada umur 2 mst.

Parameter yang diamati adalah parameter pertumbuhan, yang terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot kering yang diamati setiap dua minggu, sedangkan zat hijau daun diamati pada umur 4, 6 dan 8 mst. Parameter hasil dan komponen hasil yang diamati adalah jumlah umbi per tanaman, bobot segar umbi per tanaman, panjang umbi, dan diameter umbi, yang diamati saat panen menggunakan jangka sorong. Jumlah sampel yang diamati sebanyak 3 umbi per tanaman.

Seluruh parameter dianalisis menggunakan analisis sidik ragam atau *analysis of variance* (ANOVA). Apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* ($p = 0,05$).

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Tanaman

Tinggi Tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman pada umur 2 dan 4 minggu setelah tanam (mst) tidak dipengaruhi oleh berbagai perlakuan yang diberikan, namun pada umur 6 dan 8 mst menunjukkan variasi (Tabel 4). Pada umur 6 mst, perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 75% dari dosis rekomendasi menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman paling tinggi yakni 49,4 cm yang kemudian diikuti oleh perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 100% (47,4 cm). Pemberian fertigasi KCl 100% dari dosis rekomendasi tersebut tidak berbeda nyata dengan dosis KCl 125% (47,2 cm) dan 150% (45,6 cm). Namun, ketika diaplikasikan fertigasi KCl 50% menurunkan tinggi tanaman hingga 43,7 cm. Dengan dosis yang sama yakni 100%, aplikasi secara konvensional menunjukkan tinggi tanaman lebih rendah yakni 40,5 cm dibandingkan dengan aplikasi secara fertigasi 47,4 cm.

Pada pengamatan tinggi tanaman umur 8 mst menunjukkan penurunan dikarenakan tanaman mengalami masa senesen atau masa panen. Pertumbuhan tinggi tanaman paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 75% dari dosis rekomendasi yakni 43,5 cm yang kemudian diikuti oleh perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 100% (42,6 cm), 125% (41,6 cm), 150% (40,5 cm) dan 50% (38,2 cm) secara berurutan. Aplikasi secara konvensional menunjukkan tinggi tanaman lebih rendah yakni 36,9 cm.

Pada umur 8 mst, aplikasi menggunakan fertigasi dapat meningkatkan 13,3 % dibandingkan aplikasi konvensional dengan dosis 100%. Selain itu, terdapat efisiensi 25% dosis KCl yang diaplikasikan secara fertigasi untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman hingga 4% pada umur 6 mst dan 2,1% pada umur 8 mst dibandingkan dengan dosis 100%. Aplikasi fertigasi mampu meningkatkan hasil dengan jumlah air 70% dan dosis nutrisi hingga 80% dari rekomendasi (Rasool *et al.*, 2019). Kecukupan dosis K berpengaruh pertumbuhan sel dan meningkatkan translokasi hasil fotosintat pada jaringan floem dari daun ke akar (Luan *et al.*, 2017). Selain itu, unsur K berfungsi pada regulasi membuka dan menutupnya stomata dan menjaga potensial air pada daun dan batang (Medrano *et al.*, 2015). Hal tersebut menyebabkan tanaman yang kecukupan K akan mengalami pertumbuhan vegetatif, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun secara maksimal.

Jumlah Daun. Kalium memiliki peranan penting yakni meningkatkan laju asimilasi CO₂ dan translokasi fotosintat (Zhao *et al.*, 2016) sehingga pada kondisi kecukupan unsur K akan mempengaruhi laju pertumbuhan, seperti pertumbuhan jumlah daun. Pertumbuhan jumlah daun pada umur 2, 4 dan 8 mst menunjukkan tidak berbeda nyata pada berbagai perlakuan yang diberikan, namun pada umur 6 mst menunjukkan adanya variasi (Tabel 5).

Pertumbuhan jumlah daun paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 75% (23,1 helai), 100%, dan 50%. Jumlah daun pada perlakuan fertigasi KCl 50% dan 100% tidak berbeda nyata dengan 125%. Jumlah daun paling sedikit ditunjukkan pada perlakuan konvensional, yakni 16,4 helai. Dengan demikian, pada umur 6 mst, aplikasi menggunakan fertigasi dapat meningkatkan jumlah daun hingga 29 % dibandingkan aplikasi konvensional dengan dosis 100%. Selain itu, terdapat efisiensi 50% dosis KCl yang diaplikasikan secara fertigasi untuk meningkatkan jumlah daun hingga 24% pada umur 6 mst. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa fertigasi tetes mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman seperti diameter batang dan jumlah daun pada selada (Abedin *et al.*, 2021) dan tinggi tanaman dan luas daun pada stroberi (Kachwaya and Chandel, 2015).

Tabel 4. Tinggi tanaman bawang merah pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	2 mst	4 mst	6 mst	8 mst
Kontrol	14,1 a	36,2 A	40,5 d	36,9 F
Fertigasi K 50%	22,4 a	39,9 A	43,7 c	38,2 E
Fertigasi K 75%	21,3 a	44,0 A	49,4 a	43,5 A
Fertigasi K 100%	21,2 a	43,7 A	47,4 b	42,6 B
Fertigasi K 125%	18,3 a	42,7 A	47,2 b	41,6 C
Fertigasi K 150%	20,3 a	41,0 A	45,6 b	40,5 D

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT $p=0,05$.

Tabel 5. Jumlah daun bawang merah pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)			
	2 mst	4 mst	6 mst	8 mst
Kontrol	6,4 a	15,7 A	16,4 d	13,6 a
Fertigasi K50%	8,7 a	17,7 A	21,7 ab	15,0 a
Fertigasi K75%	8,9 a	17,0 A	23,1 a	17,9 a
Fertigasi K100%	8,6 a	18,4 A	21,6 ab	15,7 a
Fertigasi K125%	6,7 a	17,2 A	20,7 b	13,5 a
Fertigasi K150%	6,2 a	15,1 A	18,7 c	13,3 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT $p=0,05$

Bobot Kering Tanaman. Salah satu fungsi dari unsur K adalah meningkatkan laju fotosintat dan translokasi hasilnya dari daun ke seluruh tubuh (Wang *and* Wu, 2013; Martineau *et al.*, 2017) sehingga dengan kecukupan K maka hasil fotosintat akan maksimal didistribusikan ke seluruh tubuh. Bobot kering total pada umur 2 dan 4 mst menunjukkan tidak berbeda nyata pada berbagai perlakuan yang diberikan namun pada umur 6 dan 8 mst menunjukkan adanya variasi (Tabel 6). Bobot kering tanaman paling berat ditunjukkan pada perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 50% (27,167 gram per tanaman). Bobot kering tersebut tidak berbeda nyata pada perlakuan fertigasi KCl 75%, 100%, dan 125%. Bobot kering paling ringan ditunjukkan pada perlakuan konvensional yakni 12,816 gram per tanaman, yang tidak berbeda nyata dengan fertigasi KCl 75% dan 125%. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa fertigasi tetes mampu meningkatkan bobot kering tanaman mint (Bahera *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Abedin *et al.*, (2021) menunjukkan

bahwa ketika tanaman selada diaplikasikan fertigasi tetes mampu meningkatkan jumlah stomata sehingga tanaman mampu meningkatkan proses pergantian gas CO₂ yang dibutuhkan pada proses fotosintesis. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jumlah dan densitas stomata mampu meningkatkan proses fotosintesis yang ditunjukkan bahwa adanya peningkatan bobot kering tanaman.

Pada umur 8 mst, bobot kering tanaman terberat ditunjukkan pada perlakuan fertigasi KCl 75% (36,490 gram per tanaman). Bobot tersebut tidak berbeda nyata dengan fertigasi KCl 50, 100, 125 dan 150%. Bobot kering paling ringan ditunjukkan pada perlakuan konvensional yakni 24,392 gram per tanaman yang tidak berbeda nyata dengan fertigasi KCl 150%. Adanya efisiensi kebutuhan air dan nutrisi pada sistem irigasi mampu menurunkan dosis K oleh tanaman. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Li *et al.* (2021), bahwa aplikasi fertigasi dapat meningkatkan intensitas pengairan dan menurunkan konsentrasi nutrisi.

Tabel 6. Bobot kering pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Bobot Kering (gram.tanaman ⁻¹)							
	2		4		6		8	
Kontrol	0,487	a	0,710	a	12,816	c	24,392	b
Fertigasi K50%	0,557	a	0,980	a	27,167	a	31,614	a
Fertigasi K75%	0,338	a	2,325	a	22,314	abc	36,490	a
Fertigasi K100%	0,350	a	2,150	a	23,622	ab	35,902	a
Fertigasi K125%	0,508	a	1,647	a	21,580	abc	31,994	a
Fertigasi K150%	0,296	a	1,733	a	16,149	bc	30,515	ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT $p=0,05$

Tabel 8. Rerata jumlah umbi, bobot basah umbi, panjang umbi, dan diameter umbi per tanaman

Perlakuan	Jumlah Umbi		Bobot Basah Umbi (gram)		Panjang Umbi (cm)		Diameter Umbi (cm)	
Kontrol	5,6	c	26,11	c	3,39	a	3,43	a
Fertigasi K50%	7,2	b	33,56	b	3,46	a	2,45	a
Fertigasi K75%	9,2	a	39,94	a	3,33	a	2,22	a
Fertigasi K100%	7,0	b	35,22	b	3,45	a	2,38	a
Fertigasi K125%	7,1	b	35,31	b	3,32	a	2,09	a
Fertigasi K150%	5,2	c	32,12	b	3,46	a	2,29	a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT $p=0,05$

Bobot Segar Umbi per Tanaman. Kecukupan dosis potassium berpengaruh pada membuka dan menutupnya stomata, meningkatkan laju fotosintesis, meningkatkan translokasi hasil fotosintat pada jaringan floem dari daun ke akar, dan meningkatkan efisiensi air (Wang and Wu, 2013; Martineau *et al.*, 2017). Hal tersebut dapat menjadi faktor meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil pengamatan bobot segar umbi pertanaman saat panen menunjukkan terdapat variasi antar perlakuan (Tabel 8). Perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 75% menunjukkan jumlah umbi pertanaman paling berat, yakni 39,94 gram per tanaman yang kemudian diikuti oleh perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 100% (35,22 gram per tanaman). Pemberian fertigasi KCl 100% dari dosis rekomendasi tersebut tidak berbeda nyata dengan dosis KCl 50% (33,56 gram per tanaman), 125% (35,31 gram per tanaman) dan 150% (32,12 gram per tanaman). Aplikasi secara konvensional menunjukkan bobot segar umbi per tanaman paling rendah, yakni 26,11 gram per tanaman. Aplikasi menggunakan fertigasi dapat meningkatkan 25,9% dibandingkan aplikasi konvensional dengan dosis KCl yang sama yakni 100%. Selain itu, terdapat efisiensi 25% dosis KCl yang diaplikasikan secara fertigasi untuk meningkatkan jumlah umbi hingga 11,8% dibandingkan dengan dosis KCl 100%. Dengan demikian, aplikasi fertigasi KCl 75% mampu meningkatkan bobot segar umbi per tanaman hingga 34,5% dibandingkan aplikasi secara konvensional dengan dosis rekomendasi. Aplikasi fertigasi mampu meningkatkan hasil 6 - 40,3% (Li *et al.*, 2021). Rasool *et al.* (2019) menunjukkan bahwa aplikasi fertigasi mampu meningkatkan hasil dengan jumlah air 70% dan dosis nutrisi hingga 80% dari rekomendasi. Aplikasi fertigasi dengan dosis nutrisi yang lebih tinggi justru menurunkan hasil (Rasool *et al.*, 2019). Adanya efisiensi tersebut dimungkinkan bahwa teknik tersebut dapat diaplikasikan pada kondisi kering atau semiarid (Li *et al.*, 2021). Dari hal tersebut, aplikasi fertigasi mampu menurunkan kebutuhan air dan nutrisi pada tanaman.

Jumlah Umbi per Tanaman, Panjang dan Diameter Umbi. Jumlah umbi per tanaman saat panen menunjukkan terdapat variasi antar perlakuan (Tabel 8). Perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 75% menunjukkan jumlah umbi per tanaman paling banyak, yakni 9,2 buah per tanaman, yang kemudian diikuti oleh perlakuan fertigasi dengan dosis KCl 100% (7,0 umbi per

tanaman). Pemberian fertigasi KCl 100% dari dosis rekomendasi tersebut tidak berbeda nyata dengan dosis KCl 125% (7,1) dan 50% (7,2). Aplikasi secara konvensional dan fertigasi KCl 150% menunjukkan jumlah umbi per tanaman paling rendah, yakni 5,6 dan 5,2 buah. Dengan demikian, aplikasi menggunakan fertigasi dapat meningkatkan 20% dibandingkan aplikasi konvensional dengan dosis KCl yang sama yakni 100%. Selain itu, terdapat efisiensi 25% dosis KCl yang diaplikasikan secara fertigasi untuk meningkatkan jumlah umbi hingga 23,9% dibandingkan dengan dosis KCl 100%. Aplikasi fertigasi meningkatkan efisiensi air, dan meningkatkan hasil dan komponen hasil dibandingkan dengan penyiraman dan pemupukan secara konvensional (Li *et al.*, 2021).

Pada pengamatan panjang dan diameter umbi pada saat panen menunjukkan bahwa tidak terdapat beda nyata antar perlakuan (Tabel 8). Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil tidak dipengaruhi oleh ukuran panjang dan diameter umbi, namun oleh jumlah umbi.

Kesimpulan

Pemberian KCl melalui fertigasi mampu menurunkan kebutuhan dosis dari 100% menjadi 75% dari dosis rekomendasi. Aplikasi KCl 75% secara fertigasi mampu menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman pada umur 6 mst (49,4 cm) dan 8 mst (43,5 cm), jumlah daun pada umur 6 mst (23,1 helai per tanaman), jumlah umbi per tanaman (9,2 umbi per tanaman) dan bobot segar umbi per tanaman (39,94 gram per tanaman).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas hibah dana untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abedin, T., A. Yamamoto, T. Hayashi, and M. Hosokawa. 2021. Drip fertigation enhances the growth of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) using polyester fiber substrate. *Scientia Horticulturae*, 276 : 1-7.

- Ali, Q., S. Ali, N. Iqbal, M.T. Javed, M. Rizwan, R. Khaliq, S. Shahid, R. Perveen, S.A. Alamri, M.N. Alyemeni, L. Wijaya, and P. Ahmad. 2019. Alpha-tocopherol fertigation confers growth physio-biochemical and qualitative yield enhancement in field grown water deficit wheat (*Triticum aestivum* L.). *Nature*, 9(12924): 1-15.
- Amiri-Darban, N., G. Nourmohammadi, A.H. Shirani Rad, S.M.J. Mirhadi, and I.M. Heravan. 2020. Potassium sulfate and ammonium sulfate affect quality and quantity of camelina oil grown with different irrigation regimes. *Ind. Crops Prod.*, 148.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Bawang Daun, 2009-2015. Badan Pusat Statistik. http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=55¬ab=24
- Bahrani-Rad, S. and R. Hajiboland. 2017. Effect of potassium application in drought-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. *Annals of Agricultural Science* 62 : 121-130.
- Barradas, J.M.M., S. Matula, and F. Dolezal. 2012. A Decision Support System-Fertigation Simulator (DSS-FS) for design and optimization of sprinkler and drip irrigation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 86: 111-119.
- El Balla, M.M.A., A.A. Hamid, and A.H.A. Abdelmageed. 2013. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. *Agricultural Water Management*, 121 (2013): 149-157.
- Groenveld, T., A. Argaman, J. Simunek, and N. Lazarovitch. 2021. Numerical modeling to optimize nitrogen fertigation with consideration of transient drought and nitrogen stress. *Agricultural Water Management*, 254(106971): 1-12.
- Hervalejo, A., M.P. Suárez, and F.J. Arenas-Arenas. 2021. Substandard and semi-dwarfing citrus rootstocks for more intensive, higher-density, and sustainable plantation systems. *Agronomy*, 11(660): 1-12.
- Kachwaya, J.S. and D.S. Chandel. 2015. Effect of fertigation on growth, yield, fruit quality and leaf nutrients content of strawberry (*Fragaria × ananassa*) cv Chandler. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(10): 1319-1323.
- Kementrian Pertanian. 2019. *Statistika Lahan Pertanian 2014 – 2018*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian. Jakarta
- Li, H., X. Mei, J. Wang, F. Huang, W. Hao, and B. Li. 2021. Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. *Agricultural Water Management*, 244.
- Liu, R., Y. Yang, Y.-s. Wang, X.-C. Wang, Z. Rengel, W.-J. Zhang, L.-Z. Shu. 2020. Alternate partial root-zone drip irrigation with nitrogen fertigation promoted tomato growth, water and fertilizer-nitrogen use efficiency. *Agricultural Water Management*, 233.
- Luan, M., R. Tang, Y. Tang, W. Tian, C. Hou, F. Zhao, W. Lan, and S. Luan. 2017. Transport and homeostasis of potassium and phosphate: limiting factors for sustainable crop production. *J. Exp. Bot.*, 68: 3091-3105.
- Martineau, E., J.C. Domec, A. Bosc, M. Dannoura, Y. Gibon, C. Bénard, and L. Jordan-Meille. 2017. The role of potassium on maize leaf carbon exportation under drought. *Acta Physiol Plant* 39, 219 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2515-5>
- Medrano, H., M. Tomás, S. Martorell, J. Flexas, E. Hernández, J. Rosselló, A. Pou, J.-M. Escalona, and J. Bota. 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, 3: 220 – 228.
- Oddo, E., S.F. Inzerillo, F. Grisafi, M. Sajeva, S. Salleo, and A. Nardini. 2014. Does shortterm potassium fertilization improve recovery from drought stress in laurel? *Tree Physiol.*, 34: 906-913.
- Plaza, B.M., T.L. Maria, and J.-B. Silvia. 2021. Fertigation strategies to alleviate fertilizer contamination generated by tomato crops under plastic greenhouses. *Agronomy*, 11 (444): 1-13.
- Rasool, G., X. Guo, Z. Wang, S. Chen, and I. Ullah. 2019. The interactive responses of fertigation levels under buried straw layer on growth, physiological traits and fruit yield in tomato plant. *Journal of Plant Interactions*, 14 (1): 552-563.
- Sánchez-Virosta, A. and D. Sánchez-Gómez. 2019. Inter-cultivar variability in the functional and biomass response of garlic (*Allium sativum* L.)

- to water availability. *Scientia Horticulturae*, 252 : 243-251.
- Shehzad, M.A, F. Nawaz, F. Ahmad, N. Ahmad, and S. Masood. 2019. Protective effect of potassium and chitosan supply on growth, physiological processes and antioxidative machinery in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 187.
- Wang, Y. and W.H. Wu. 2013. Potassium transport and signaling in higher plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 64: 451-476.
- Wu, D., X. Xu, Y. Chen, H. Shao, E. Sokolowski, and G. Mi. 2019. Effect of different drip fertigation methods on maize yield, nutrient and water productivity in two-soils in Northeast China. *Agricultural Water Management*, 213 : 200-211.
- Yan, S., Y. Wua, J. Fana, F. Zhanga, J. Zhenga, S. Qiang, J. Guoa, Y. Xianga, H. Zoua, L. Wua. 2020. Dynamic change and accumulation of grain macronutrient (N, P, and K) concentrations in winter wheat under different drip fertigation regimes. *Field Crops Research*, 250 : 1-13.
- Zahoor, R. *et al.* 2017. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Plant Physiol. Biochem.*, 119: 21-32.
- Zamani, M., R. Naderi, A. Soleymani, B.M. Nasiri, and M. Miransari. 2020. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 190. condition. *Acta Physiol. Plant.* 39, 219.
- Zhang, J., T. Tong, P.M. Potcho, S. Huang, L. Ma and X. Tang. 2020. Nitrogen effects on yield, quality and physiological characteristics of giant rice. *Agronomy*, 10 (1816): 1-16.
- Zhao, X., Q. Du, Y. Zhao, H. Wang, Y. Li, X. Wang, and H. Yu. 2016. Effects of different potassium stress on leaf photosynthesis and chlorophyll fluorescence in maize (*Zea mays* L.) at seedling stage. *Agric. Sci.*, 7: 44-53.

Ariyanti, M. · E.B. Keliat · C. Suherman · S. Rosniawaty · M.A. Soleh

Respons pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat

Sari. Pemberian pupuk anorganik dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, tetapi penggunaan secara terus menerus menyebabkan dampak kurang baik bagi tanaman dan lingkungan pertanaman. Penelitian ini berkaitan dengan pentingnya penggunaan pupuk organik dalam mengurangi penggunaan pupuk anorganik sebagai salah satu langkah untuk mewujudkan perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respons pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan pupuk hayati dan asam humat. Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran pada bulan Januari – Juli 2020. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan sembilan perlakuan, yaitu (A) 10 g pupuk anorganik, (B) 10 g pupuk hayati, (C) 25 mL asam humat, (D) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati, (E) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati, (F) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat, (G) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati, (H) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati, (I) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan 10 g pupuk hayati mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit, lilit batang, dan kandungan klorofil daun berturut-turut sebesar 62,67%, 25,88% dan 24,30% pada enam bulan setelah perlakuan.

Kata kunci: Asam humat · Bibit kelapa sawit · Kompos pelepah kelapa sawit · Pupuk hayati

Growth response of upper biomass of oil palm seedlings due to application of oil palm frond compost, biofertilizer and humic acid

Abstract. The application of inorganic fertilizer is able to improve the plant growth, however, its application continuously stimulate negative impact for both plant and environment. This research relates to the importance of using organic fertilizers in reducing the use of inorganic fertilizers as a step towards realizing sustainable oil palm plantations. This research aimed to determine the growth response of upper biomass of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings due to application of oil palm frond compost, biofertilizer and humic acid. The experiment was conducted at Ciparanje Field of Experiment, Padjadjaran University, from January until July 2020. Experiment design used was randomized block design (RDB) with nine treatments and each treatment was replicated three times. The treatments consisted of (A) 10 g inorganic fertilizer, (B) 10 g biofertilizer, (C) 25 mL humic acid, (D) 800 g oil palm frond compost and 5 g biofertilizer, (E) 800 g oil palm frond compost and 10 g biofertilizer, (F) 800 g oil palm frond compost and 25 mL humic acid, (G) 1600 g oil palm frond compost and 5 g biofertilizer, (H) 1600 g oil palm frond compost and 10 g biofertilizer, (I) 1600 g oil palm frond compost and 25 mL humic acid. The results of this research showed that combination of 1600 g oil palm frond compost and 10 g biofertilizer was able to increase plant height up to 62.67 %, the stem diameter up to 25.95 % and increased chlorophyll content up to 24.30 % at 6 months after treatment.

Keywords: Biofertilizer · Humic acid · Oil palm frond compost · Oil palm seedling

Diterima : 18 Februari 2022, Disetujui : 17 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.37975>

Ariyanti, M.¹ · E.B. Keliat² · C. Suherman¹ · S. Rosniawaty¹ · M. A. Soleh¹

¹ Dept. Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

² Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

Korespondensi: mira.ariyanti@unpad.ac.id

Pendahuluan

Pertumbuhan bibit kelapa sawit yang jagur sangat menentukan tingkat keberhasilan pencapaian produktivitas tanaman kelapa sawit. Pertumbuhan bibit yang baik memerlukan input produksi berupa pemupukan secara tepat dan bijaksana, yaitu tepat dalam ukuran dosis yang diberikan dan bijaksana dalam pemilihan jenis pupuk yang sesuai bagi tanaman dan memberikan dampak positif bagi lingkungan.

Pupuk berbahan baku material yang berasal dari limbah perkebunan kelapa sawit sendiri mulai diperhatikan untuk dimanfaatkan secara lebih luas dan berkelanjutan. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan adalah pelepah kelapa sawit. Limbah tersebut dihasilkan dari proses pemanenan dan pemangkasan. Pada skala penelitian, pelepah kelapa sawit telah digunakan sebagai bahan pembuatan berbagai material. Pada skala komersial, pelepah kelapa sawit diambil lidinya untuk berbagai material, ada juga di beberapa penelitian skala cukup besar yang menggunakan pelepah ini sebagai bahan pakan ternak. Menurut Nurhaita *et al.* (2016), pakan dari pelepah sawit olahan cukup disukai ternak sehingga menjadi solusi dalam masalah kesulitan pakan hijauan. Meskipun demikian, pelepah biasanya hanya diletakkan di antara barisan tanaman kelapa sawit (gawangan mati) dan dibiarkan melapuk dengan sendirinya. Proses tersebut membutuhkan waktu yang lama agar pelepah terdekomposisi, sehingga perlu dibuat kompos.

Kompos yang berasal dari pelepah kelapa sawit memberikan efek yang baik pada pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian Ariyanti *et al.* (2019a), kombinasi 800 g kompos pelepah kelapa sawit dan 40 g NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot kering tajuk dan bobot kering akar bibit kelapa sawit terbaik pada pre-nursery. Berdasarkan penelitian Daryono dan Alkas (2017), kompos pelepah kelapa sawit yang dibuat dari campuran 25 kg pelepah kelapa sawit + 8 kg kotoran ayam + 2 kg dedak + 300 ml EM4 menghasilkan unsur hara 31,30% C-organik, 3,28% N-total, 1,09% fosfor, dan 2,47% kalium.

Pemanfaatan kompos pelepah dapat dipadukan dengan berbagai bahan lainnya seperti pupuk hayati dan asam humat yang mengandung mikroorganisme yang dapat

membantu proses dekomposisi bahan organik dan memperkaya kesuburannya. Pupuk hayati yang kaya mikroba dapat dikombinasikan dengan pupuk organik secara tepat akan berpengaruh positif terhadap ketersediaan hara, ketahanan terhadap penyakit, dan peningkatan kesehatan tanah, sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik. Pupuk hayati juga berfungsi meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi penggunaan pupuk kimia hingga 25% (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2019).

Berdasarkan penelitian Sinulingga *et al.* (2015), pemberian pupuk hayati cair formula FS01 dengan dosis 5 mL/Liter air memberikan pertumbuhan yang cenderung baik pada parameter jumlah daun, total luas daun, bobot basah tajuk, bobot basah akar, bobot kering akar tajuk, dan ratio akar tajuk bibit kelapa sawit *pre-nursery*. Penelitian Sumihar (2012), menyatakan pemberian pupuk hayati Feng Shou (*Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., dan bakteri selulolitik) dengan konsentrasi 15 mL/L air dapat meningkatkan tinggi bibit pada umur 10 MST dan meningkatkan K-tukar dalam media tanam bibit kelapa sawit di pembibitan awal. Aplikasi pupuk hayati 10 g/polybag yang dicampur pada media tanam sebelum pindah tanam menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik pada tahap main-nursery (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2019).

Fungsi asam humat dalam tanah adalah sebagai sumber karbon yang dapat menstimulasi perkembangan mikroorganisme tanah sehingga berfungsi dalam proses dekomposisi yang menghasilkan humus (Darmawan, 2017). Potensi asam humat dalam meningkatkan kesehatan tanah terutama dalam penyediaan karbon pada tanah miskin kadar C-organik (Ahmad *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Santi (2016), penambahan asam humat sebanyak 7,5 – 12 mL pada 10 kg tanah Humic Dystrudept dapat meningkatkan pH tanah menjadi 7,1 – 7,9 dari pH tanah awal sebesar 5,2. Menurut Kuvaini (2014), kandungan hara pada jaringan tanaman bibit kelapa sawit umur 3 BST (bulan setelah tanam) yang diberi perlakuan penambahan 1 g NPK dan 25 g asam humat meningkatkan kandungan N 0,64%, P 198%, dan K 0,132%. Selain itu pemberian asam humat dengan dosis 25 g/polybag dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tahap *main nursery* (Effendi, 2014). Pemberian 30 mL asam humat dengan 3200 g kompos asal pelepah kelapa sawit menunjukkan

pertumbuhan tinggi tanaman dan kandungan klorofil daun terbaik tanaman kelapa sawit belum menghasilkan pada empat bulan setelah perlakuan (Ariyanti *et al.*, 2019b).

Berdasarkan hal tersebut, pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat penting dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Kebaruan penelitian ini adalah pemanfaatan pupuk hayati yang dicampurkan dengan kompos pelepah kelapa sawit yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan asam humat sebagai pencampur dengan kompos pelepah kelapa sawit. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji perbedaan keefektifan antara pupuk hayati dan asam humat sebagai campuran dengan kompos pelepah kelapa sawit dalam pengaruhnya terhadap pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit. Keefektifan ini diuji dengan menbandingkan perlakuan kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat dengan perlakuan pupuk anorganik sebagai pupuk konvensional di pembibitan kelapa sawit.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Ciparanje, Kabupaten Sumedang, dengan ketinggian ± 750 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai Juli 2020. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan sembilan perlakuan, yaitu (A) 10 g pupuk anorganik (mengandung 16% N, 16% P_2O_5 dan 16% K_2O), (B) 10 g pupuk hayati, (C) 25 mL asam humat, (D) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati, (E) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati, (F) 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat, (G) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati, (H) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati, (I) 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat. Setiap perlakuan diulang tiga kali dengan sampel berjumlah tiga bibit sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 81 bibit kelapa sawit. Campuran kompos pelepah kelapa sawit dengan asam humat dan pupuk hayati digunakan sebagai pembanding dengan pupuk anorganik yang biasa diberikan pada pembibitan kelapa sawit. Pupuk hayati yang

digunakan mengandung $>10^8$ bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp.), pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp.) dan penghasil IAA (Indole Acetic Acid) yang berfungsi sebagai *plant growth promoting bacteria* (PGPR) (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2019).

Bahan tanam yang digunakan adalah bibit kelapa sawit varietas Simalungun berumur empat bulan. Media tanam berupa tanah Inceptisol yang dicampur kompos pelepah kelapa sawit sesuai dengan dosis perlakuan. Kompos pelepah kelapa sawit sebelumnya telah didekomposisikan selama kurang lebih tiga bulan. Pupuk anorganik, pupuk hayati, dan asam humat diberikan pada media tanam di sekitar perakaran bibit di polybag ukuran 40 cm x 40 cm setiap bulan selama waktu penelitian. Pupuk hayati diberikan dengan cara ditabur sedangkan asam humat diberikan dengan cara disiramkan. Dilakukan pengenceran asam humat sebelum diberikan dengan ketentuan setiap 0,025 L asam humat diencerkan dengan 1,25 L air.

Pengamatan dilakukan terhadap komponen tinggi tanaman yang diukur dari pangkal batang yang telah diberi tanda sampai dengan bagian daun tertinggi yaitu seluruh daun yang dikumpulkan menjadi satu dan diukur pada bagian tertinggi, lilit batang diukur pada ketinggian 10 cm dari pangkal batang, jumlah daun dan luas daun yang telah membuka sempurna, kandungan klorofil daun tengah (daun ke-3 dari atas) dan sudah membuka sempurna. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan software SASM Agri versi 8.1.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menyajikan data mengenai pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit yang tidak berbeda nyata pada 0 bulan setelah perlakuan (BSP) sampai 2 BSP dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat. Bibit kelapa sawit pada awal penelitian dikategorikan seragam yang ditandai dengan keadaan tinggi bibit yang tidak berbeda nyata diantara plot perlakuan. Pengaruh perlakuan H (1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati) terhadap pertumbuhan tinggi bibit pada pengamatan 3

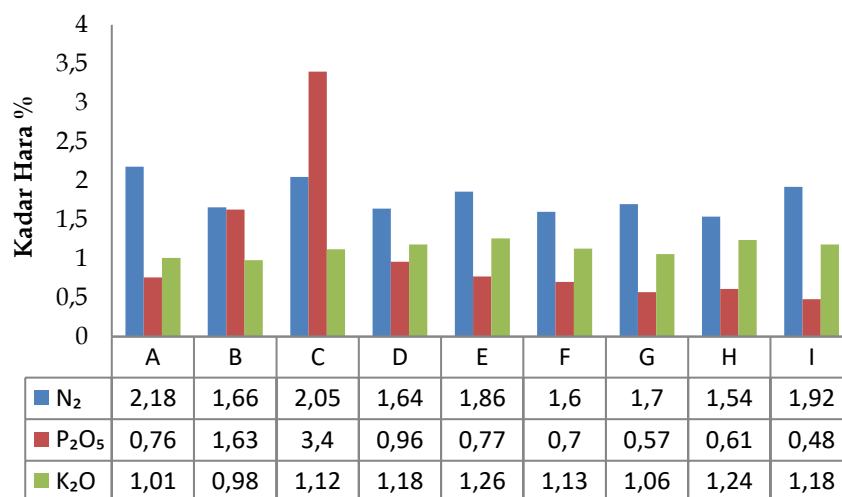
BSP - 4 BSP tidak berbeda nyata dengan pengaruh perlakuan I (1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat). Pada 5 - 6 BSP perlakuan H nyata mendorong pertumbuhan bibit lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Dibandingkan dengan perlakuan pupuk anorganik, perlakuan H menyebabkan pertumbuhan bibit rata-rata 62,67% lebih tinggi.

Pengaruh yang sama terhadap pertumbuhan tinggi bibit ditunjukkan oleh perlakuan pupuk anorganik (perlakuan A), juga pupuk hayati dan asam humat yang diberikan secara tunggal (perlakuan B dan C). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pupuk anorganik yang digunakan mengandung N yang tinggi (16% N) dibandingkan pupuk yang lainnya tapi nyatanya tidak seluruhnya terserap oleh bibit dan sebagian besar tersimpan dalam media tanam atau hilang.

Gambar 1 menunjukkan kandungan hara daun bibit kelapa sawit pada umur 6 BSP. Kandungan hara N di daun pada perlakuan A, B dan C berturut-turut sebesar 2,18%, 1,66%, 2,05%. Perlakuan B (pupuk hayati) menunjukkan kandungan N yang rendah dibandingkan perlakuan A dan C dimana unsur yang ada kemungkinan sudah banyak digunakan untuk

mendorong pertumbuhan tinggi tanaman. Hal tersebut didukung oleh perlakuan H yang memiliki kandungan N daun yang paling rendah dibandingkan perlakuan lain, tapi pertumbuhan bibit yang dihasilkan justru lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Secara umum, pertumbuhan tanaman optimum jika kadar hara dalam jaringan seimbang. Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar K_2O pada perlakuan B paling rendah, sementara secara umum keperluan hara pada tanaman kelapa sawit biasanya mengikuti pola $K>N>P$. Berdasarkan hukum Liebig, perlakuan H (1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati) merupakan kombinasi pupuk terbaik dibanding perlakuan lain. Hal ini dikaitkan dengan kandungan K_2O pada perlakuan yang lebih mencukupi untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit.

Pupuk hayati mengandung bakteri pelarut N, pelarut fosfat, dan penghasil IAA yang dapat menstimulasi penyediaan N yang lebih memungkinkan terserap dan terpakai langsung oleh tanaman untuk mendukung proses metabolisme tanaman. Keadaan ini sangat menguntungkan dengan adanya kompos pelepah kelapa sawit yang juga mengandung beberapa hormon pertumbuhan diantaranya IAA, GA_3 , dan zeatin.



Keterangan.: Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat

Gambar 1. Diagram kadar hara pada daun bibit kelapa sawit (6 BSP) dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat

Tabel 1. Respons pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit pada 0 - 6 BSP akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik, pupuk hayati, dan asam humat

Perlakuan	Tinggi Bibit Kelapa Sawit (cm)						
	0 BSP	1 BSP	2 BSP	3 BSP	4 BSP	5 BSP	6 BSP
A	17,38a	18,75a	21,12a	23,91a	28,47a	32,67a	38,95a
B	19,08a	19,88a	22,34a	23,71a	28,09a	33,06a	38,02a
C	18,14a	19,57a	21,09a	23,59a	28,80a	32,90a	37,00a
D	17,81a	18,69a	19,88a	24,11a	30,07a	33,74a	38,55a
E	18,97a	20,48a	22,32a	24,00a	27,57a	32,51a	39,21a
F	18,37a	19,62a	20,91a	23,06a	28,10a	32,44a	38,06a
G	19,11a	20,56a	21,88a	28,51b	36,71b	44,10b	49,03b
H	19,30a	20,72a	22,90a	32,74c	43,42c	55,83c	63,36c
I	18,56a	19,32a	21,52a	28,99bc	40,53bc	47,16b	53,78b

Keterangan:

- 1). Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.
- 2). Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat

Pertumbuhan meninggi bibit kelapa sawit perlu diperhitungkan sebagai dasar dalam mempersiapkan bibit yang berkualitas untuk siap dipindah ke lapangan. Pengaruh nutrisi yang diberikan pada bibit menjadi pertimbangan dalam menopang pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit selama tahap pembibitan baik pada pembibitan awal (prenursery) maupun pembibitan utama (main nursery). Nutrisi diperoleh bibit dari media tanam yang dapat menyediakan unsur hara yang cukup ditunjang dengan ketersediaan air yang cukup pula. Unsur nitrogen yang berasal dari kompos pelepah kelapa sawit berperan penting dalam mendukung pertumbuhan meninggi bibit. Menurut Razaq *et al.* (2017),

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan pupuk yang diberikan tidak memberikan perbedaan nyata pada pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit 0 - 2 BSP. Terdapat kecenderungan pertumbuhan yang baik dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat. Hal ini menunjukkan bahwa sifat kompos dan campurannya yang lambat menyediakan unsur hara bagi tanaman (*slow release*) menciptakan keadaan suplai unsur hara yang lebih stabil. Keadaan tersebut menguntungkan bagi tanaman mengingat bahwa unsur hara yang tidak cepat diserap oleh tanaman dan tertahan dalam media tanam kemungkinan akan hilang dan tidak dapat dimanfaatkan tanaman secara optimal.

Pada 3 - 6 BSP, perlakuan H (1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk

pemberian N dan P berpengaruh terhadap tinggi tanaman.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kandungan N dalam kompos pelepah kelapa sawit sebesar 1,46% berperan dalam mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman. Semakin tinggi dosis kompos maka akan semakin banyak kandungan hara yang akan mencukupi kebutuhan hara tanaman. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Ariyanti *et al.* (2019a) yang menyatakan bahwa pemberian 800 g/tanaman kompos asal pelepah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan 40 g/tanaman NPK berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman terutama pada tinggi bibit kelapa sawit sampai umur empat bulan. hayati) mampu mendorong pertumbuhan bibit kelapa sawit lebih tinggi. Pada umur 6 BSP, pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit dan 10 g pupuk hayati (perlakuan H) secara nyata meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit sebesar 62,67%. Angka persentase peningkatan ini diperoleh dengan membandingkan pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit pada perlakuan H dengan perlakuan A (pupuk anorganik).

Hara yang lebih seimbang terutama kecukupan yang lebih baik pada K menyebabkan pertumbuhan tinggi bibit pada perlakuan H nyata lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya. Penambahan pupuk hayati tidak hanya meningkatkan kandungan nutrisi tanah, tetapi juga meningkatkan pertumbuhan dan mengaktifkan biota tanah yang sangat

berpengaruh dalam melarutkan senyawa agar lebih cepat menjadi tersedia bagi tanaman (Mohamed *et al.*, 2019).

Hasil penelitian menunjukkan pula bahwa pengaruh asam humat sebagai campuran kompos pelepah kelapa sawit dapat digantikan dengan pupuk hayati. Pupuk hayati dan asam humat berperan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga tanah mampu mensuplai unsur hara yang cukup untuk diserap oleh tanaman.

Kompos pelepah kelapa sawit mengandung zeatin 0,0064 %, IAA 0,0051 %, GA₃ 0,0048 %, ABA 0,0063 % (Ariyanti, 2021). Hormon tanaman yang terdapat dalam kompos pelepah kelapa sawit juga berpengaruh dalam menunjang peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman. Auksin pada kompos pelepah kelapa sawit berperan sebagai pemicu pemanjangan sel di daerah belakang meristem ujung sehingga terdapat terjadi peningkatan pertambahan tinggi tanaman (Wardani, 2020).

Tabel 2 menyajikan data mengenai pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat pada 0 - 6 BSP. Pertumbuhan lilit batang relatif seragam dengan perbedaan perlakuan pemupukan yang diberikan sampai dengan 4 BSP. Pengaruh yang berbeda baru terlihat pada 5 dan 6 BSP dimana perlakuan H berpengaruh lebih baik dalam merangsang pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit dan 25,88% lebih besar dibandingkan dengan

perlakuan dengan pupuk anorganik. Pemberian kompos pelepah kelapa sawit dengan dosis 1600 g baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati (5 g dan 10 g) maupun asam humat (25 mL) berpengaruh sama terhadap pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit pada 5 BSP. Pengaruh perlakuan tersebut nyatanya berpengaruh sama dengan perlakuan E (800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati) terhadap pertumbuhan lilit batang bibit pada 6 BSP.

Peningkatan pertumbuhan lilit batang terjadi seiring dengan penambahan dosis kompos pelepah kelapa sawit. Hal ini disebabkan karena unsur P dan K yang berasal dari kompos pelepah kelapa sawit sangat mempengaruhi pertumbuhan lilit batang. Kedua unsur ini berperan dalam translokasi fotosintat, membantu pembentukan karbohidrat, dan menghasilkan protein untuk memperkuat jaringan tanaman. Kandungan unsur hara pada daun untuk setiap perlakuan tertera pada Gambar 1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan H (1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati) mampu meningkatkan pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit. Hal ini didasarkan bahwa kompos pelepah kelapa sawit merupakan sumber hara makro dan mikro yang lengkap meskipun dalam jumlah yang rendah. Kompos pelepah kelapa sawit mengandung hara makro yaitu 1,46% N, 15,75% Ca, 0,71% Mg, dan hara mikro yaitu 2,97% Fe, 0,2% S, 21,62 ppm Zn, 2,13 ppm Cd, 172,28 ppm B (Ariyanti, 2021).

Tabel 2. Respons pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit pada 0 - 6 BSP akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat

Perlakuan	Lilit Batang Bibit Kelapa Sawit (cm)						
	0 BSP	1 BSP	2 BSP	3 BSP	4 BSP	5 BSP	6 BSP
A	2,12a	2,90a	3,30a	3,77a	4,39a	5,058a	6,26a
B	2,38a	2,95a	3,38a	4,07a	4,71a	5,50ab	6,20a
C	2,25a	2,84a	3,21a	3,86a	4,69a	5,45ab	6,23a
D	2,19a	2,91a	3,21a	3,87a	4,74a	5,48ab	6,29a
E	2,33a	3,04a	3,43a	4,11a	4,96a	6,08bc	7,32bc
F	2,16a	3,02a	3,19a	4,08a	5,06a	5,92b	7,04b
G	2,26a	3,08a	3,50a	4,52a	5,44a	6,65cd	7,56bc
H	2,27a	2,98a	3,44a	4,44a	5,40a	6,89d	7,88c
I	1,93a	2,77a	3,21a	4,33a	5,72a	6,84d	7,79bc

Keterangan:

- 1). Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.
- 2). Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat

Penambahan pupuk hayati pada kompos pelepah kelapa sawit akan memacu perkembangbiakan, aktivitas dan populasi mikroba tanah. Mikroba yang terkandung dalam pupuk hayati yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp.), pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp.) dan penghasil IAA (Indole Acetic Acid) yang berfungsi sebagai *plant growth promoting bacteria* (PGPR) (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2019). Berdasarkan penelitian Sodiq *et al.* (2014), kombinasi perlakuan pupuk organik dan pupuk hayati dengan batuan fosfat lebih berpengaruh dalam meningkatkan diameter batang bibit kelapa sawit umur 22 MST (18,15 mm) dibanding dengan pemberian pupuk fosfat tanpa kombinasi dengan pupuk organik dan pupuk hayati (15,01 mm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kompos pelepah kelapa sawit yang dikombinasikan baik dengan pupuk hayati maupun asam humat berpengaruh baik terhadap pertumbuhan lilit batang bibit kelapa sawit. Unsur yang terkandung asam humat sangat kompleks, diantaranya C, N, P, H, N, O, dan S serta unsur lain seperti Na, Mg, K, Mn, Fe dan Al (Tan, 2003). Kandungan P dan K pada asam humat yang berimbang mampu menutupi kekurangan unsur hara pada kompos pelepah

kelapa sawit, dengan demikian akan meningkatkan lilit batang bibit kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan penelitian Sembiring *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa interaksi pemberian 25 dan 50 g/polybag asam humat dicampur dengan 75 g/polybag TTKS (tandan kosong kelapa sawit) menunjukkan pertambahan lilit batang tertinggi pada bibit kelapa sawit umur 7 bulan dengan rata-rata pertambahan sebesar 1,35 cm.

Tabel 3 menyajikan data mengenai pertumbuhan jumlah daun bibit kelapa sawit dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat pada 0 – 6 BSP. Pengaruh perlakuan tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap jumlah daun bibit yang dihasilkan. Perlakuan dengan pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit cenderung berpengaruh baik terhadap pertumbuhan daun dibandingkan perlakuan dengan pupuk anorganik.

Martoyo (2001) menyatakan bahwa pada umumnya penambahan jumlah daun akibat pemberian pupuk kurang memberikan pengaruh yang signifikan karena penambahan jumlah daun berhubungan erat dengan faktor genetik tanaman. Kelapa sawit secara alami menumbuhkan satu daun setiap bulannya sampai bibit berumur 6 bulan (Verhey, 2011).

Tabel 3. Respons pertumbuhan jumlah daun bibit kelapa sawit pada 0 – 6 BSP akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik, pupuk hayati dan asam humat

Perlakuan	Jumlah Daun Bibit Kelapa Sawit (helai)						
	0 BSP	1 BSP	2 BSP	3 BSP	4 BSP	5 BSP	6 BSP
A	3,56a	4,66a	5,00a	6,44a	7,78a	8,89a	9,33a
B	3,66a	4,22a	5,11a	6,67a	7,33a	8,06a	9,11a
C	4,45a	5,00a	5,33a	6,78a	7,89a	8,67a	9,56a
D	3,67a	4,55a	4,89a	6,34a	7,00a	8,05a	9,00a
E	4,33a	4,78a	5,56a	6,56a	7,33a	8,55a	9,44a
F	4,78a	5,67a	6,00a	6,89a	7,67a	8,67a	9,89a
G	3,67a	4,56a	5,33a	6,33a	8,00a	9,22a	9,89a
H	4,11a	4,89a	5,67a	6,94a	8,18a	9,33a	10,17a
I	4,89a	5,22a	6,22a	7,33a	8,50a	9,33a	10,44a

Keterangan:

1. Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.
2. Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat

Pengaruh perlakuan pemupukan terhadap pertambahan jumlah daun tampaknya tidak berbeda antara perlakuan dengan pupuk anorganik dan pupuk organik baik dari segi dosis yang diberikan maupun jenis campuran yang digunakan. Perlakuan dengan pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan 10 g pupuk hayati maupun dengan 25 mL asam humat cenderung berpengaruh baik terhadap pertumbuhan daun dibandingkan perlakuan dengan pupuk anorganik. Hal tersebut membuktikan bahwa pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat mampu menggantikan peran pupuk anorganik pada pembibitan kelapa sawit. Penambahan asam humat pada kompos pelepah kelapa sawit meningkatkan aktivitas hormon endogen seperti auksin, giberelin dan sitokinin, sedangkan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan kompos pelepah kelapa sawit merangsang fiksasi nitrogen dan produksi fitohormon oleh mikroorganisme menguntungkan (Hidayatullah *et al.*, 2018).

Tabel 4 menyajikan data mengenai pertumbuhan luas daun bibit kelapa sawit dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat pada 0 – 6 BSP. Pemberian pupuk baik anorganik maupun organik (kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat) tidak berpengaruh

nyata terhadap pertumbuhan luas daun bibit kelapa sawit sampai dengan 6 BSP.

Pertumbuhan daun selain ditinjau dari segi jumlahnya juga perlu ditinjau dari segi pertambahan luas yang terbentuk dan kandungan klorofilnya. Luas daun berkaitan erat dengan kemampuan tanaman melangsungkan proses fotosintesis dimana daun adalah organ utama tempat berlangsungnya proses tersebut. Luas daun yang optimal memungkinkan pengambilan sinar matahari yang cukup untuk menunjang proses fotosintesis yang berkaitan dengan klorofil daun sebagai elemen utama tanaman untuk berfotosintesis (Bai *et al.*, 2018). Luas daun merupakan salah satu komponen penting mempengaruhi morfologi tajuk tanaman. Kesuburan tanah yang lebih baik menghasilkan daun yang lebih besar.

Hasil penelitian menunjukkan pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan 10 g pupuk hayati (perlakuan H) pada bibit kelapa sawit memberikan kecenderungan peningkatan luas daun yang baik. Hal ini membuktikan bahwa pupuk hayati yang dikombinasikan dengan kompos pelepah kelapa sawit akan mengembalikan karbon, nitrogen, dan unsur hara dari tanah yang mendukung luas daun yang lebih besar (Rosenani *et al.*, 2016). Selain itu pemberian perlakuan H mampu menyediakan bahan organik tanah dan unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan luas daun yang lebih baik.

Tabel 4. Respons pertumbuhan luas daun bibit kelapa sawit pada 0 – 6 BSP akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat

Perlakuan	Luas Daun Bibit Kelapa Sawit (cm ²)						
	0 BSP	1 BSP	2 BSP	3 BSP	4 BSP	5 BSP	6 BSP
A	55,62a	61,19a	72,42a	78,21a	87,55a	91,41a	96,32a
B	60,11a	69,67a	83,28a	92,53a	101,08a	111,00a	117,70a
C	49,65a	61,16a	69,88a	78,95	90,90a	99,17a	105,99a
D	48,89a	63,20a	74,52a	83,29a	94,56a	103,69a	109,22a
E	51,95a	66,94a	80,72a	92,19a	103,38a	112,36a	119,99a
F	54,34a	61,98a	72,11a	81,77a	96,22a	105,56a	114,36a
G	54,16a	72,96a	83,02a	93,09a	105,02a	116,55a	127,00a
H	54,80a	71,13a	83,66a	96,08a	107,74a	124,38a	137,23a
I	44,31a	53,93a	66,96a	76,80a	90,06a	99,76a	114,57a

Keterangan:

1. Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.
2. Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat

Tabel 5 menyajikan data mengenai pertambahan kandungan klorofil daun bibit kelapa sawit dengan pemberian kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati maupun asam humat pada 1 – 6 BSP. Pengaruh yang berbeda nyata tampak pada 1, 2, 5, dan 6 BSP dengan adanya perlakuan pupuk baik anorganik maupun organik (kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat) terhadap kandungan klorofil daun bibit kelapa sawit.

Pada 1 BSP, pemberian 25 mL asam humat (perlakuan C) menyebabkan kandungan klorofil daun lebih tinggi pada bibit kelapa sawit dibandingkan bibit dengan perlakuan A, B, E, G, dan H. Pada 2 BSP, perlakuan D dan E (800 g kompos pelepah kelapa sawit baik yang dikombinasikan dengan 5 g pupuk hayati dan 10 g pupuk hayati) meningkatkan kandungan klorofil daun pada bibit kelapa sawit dan lebih tinggi dibandingkan bibit yang diberi perlakuan B (10 g pupuk hayati). Pada 3 dan 4 BSP, perlakuan pemupukan baik dengan pupuk anorganik maupun pupuk organik (kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, asam humat) berpengaruh sama terhadap kandungan klorofil daun.

Pada 5 BSP, bibit kelapa sawit yang diberi 25 mL asam humat (perlakuan C), 800 g kompos pelepah kelapa sawit ditambah 5 g pupuk hayati (perlakuan D) dan 1600 g kompos pelepah kelapa sawit yang ditambah 10 g pupuk hayati (perlakuan H) menunjukkan pertambahan kandungan klorofil daun nyata lebih tinggi

dibandingkan bibit yang diberi 10 g pupuk hayati (perlakuan B) dan 800 g kompos pelepah kelapa sawit dicampur 10 g pupuk hayati (perlakuan E). Pada 6 BSP, bibit kelapa sawit yang diberi 25 mL asam humat (perlakuan C), 1600 g kompos pelepah kelapa sawit yang ditambah 10 g pupuk hayati (perlakuan H), 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat (perlakuan I) menunjukkan kandungan klorofil daun nyata lebih tinggi dibandingkan bibit yang diberi 10 g pupuk hayati (perlakuan B), 800 g kompos pelepah kelapa sawit dicampur 10 g pupuk hayati (perlakuan E), 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat (perlakuan F).

Pada umur 6 BSP, pemberian 1600 g kompos pelepah kelapa sawit dan 10 g pupuk hayati (perlakuan H) secara nyata meningkatkan pertambahan kandungan klorofil daun sebesar 24,30%. Angka persentase peningkatan ini diperoleh dengan membandingkan pertambahan kandungan klorofil daun bibit kelapa sawit pada perlakuan H dengan perlakuan A (pupuk anorganik).

Kandungan klorofil daun perlu untuk diketahui terkait dengan peran daun sebagai organ fotosintesis dimana klorofil merupakan salah satu komponen penting untuk berlangsungnya fotosintesis. Pemberian pupuk hayati perlu ditambah 1600 g kompos pelepah kelapa sawit untuk mendapatkan respons yang sama dalam hal kandungan klorofil daun bibit kelapa sawit.

Tabel 5. Respons pertambahan kandungan klorofil daun bibit kelapa sawit pada 1 – 6 BSP akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat

Perlakuan	Pertambahan Kandungan Klorofil Daun Bibit Kelapa Sawit ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)					
	1 BSP	2 BSP	3 BSP	4 BSP	5 BSP	6 BSP
A	15,95a	21,52ab	27,94a	27,17a	28,55bc	29,01bc
B	15,45a	19,32a	23,37a	20,77a	17,65a	19,09ab
C	24,58b	27,97ab	31,18a	33,18a	30,05c	32,81c
D	20,78ab	29,27b	32,63a	30,50a	31,97c	29,51bc
E	15,55a	28,59b	21,48a	20,44a	18,52ab	16,93a
F	21,23ab	21,84ab	19,25a	20,95a	24,35abc	19,81ab
G	17,09a	26,03ab	27,53a	26,61a	26,43abc	28,45bc
H	17,88a	27,78ab	27,82a	27,72a	33,39c	36,06c
I	19,36ab	28,25ab	28,12a	26,61a	26,32abc	32,39c

Keterangan:

1. Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.
2. Perlakuan A = 10 g pupuk anorganik; B = 10 g pupuk hayati; C = 25 mL asam humat; D = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; E = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; F = 800 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat; G = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 5 g pupuk hayati; H = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 10 g pupuk hayati; I = 1600 g kompos pelepah kelapa sawit + 25 mL asam humat.

Asam humat berpengaruh langsung dalam memperbaiki metabolisme tanaman, diantaranya peningkatan sintesis protein (Ferrara dan Brunetti, 2010). Pupuk hayati yang dikombinasikan dengan kompos pelepah kelapa sawit menghasilkan unsur N yang cukup, yang bertindak sebagai komponen dari senyawa klorofil dan enzim pertumbuhan (Choudhary *et al.*, 2012). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Ekta *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa kombinasi pupuk organik dan pupuk hayati membantu perkembangan akar lebih baik sehingga memungkinkan penyerapan nutrisi dan air lebih baik dimana jumlah daun dan klorofil yang lebih banyak cenderung mengoptimalkan proses fotosintesis dan meningkatkan akumulasi makanan. Pembentukan klorofil berkorelasi dengan kandungan N. Kandungan N daun merupakan faktor yang kuat dalam mempengaruhi efisiensi penggunaan cahaya sehingga mempengaruhi laju fotosintesis secara optimal (Schlemmer *et al.*, 2013).

Kesimpulan

1. Respons nyata pertumbuhan tajuk bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati dan asam humat ditunjukkan oleh variabel pertumbuhan tinggi tanaman, lilit batang dan kandungan klorofil daun.
2. Pemberian 1600 g kompos pelepah asal kelapa sawit yang dikombinasikan dengan 10 g pupuk hayati mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit, lilit batang dan kandungan klorofil daun berturut-turut sebesar 62,67%, 25,88% dan 24,30% pada enam bulan setelah perlakuan.

Daftar Pustaka

- Ahmad, I., S. Ali, K.S. Khan, F. Hassan, and K. Bashir. 2015. Use of coal derived humic acid as soil conditioner to improve soil physical properties and wheat yield. *Int. J. Biosci.*, 6(12): 81-89.
- Ariyanti, M., I.R.D. Anjarsari, and G. Natali. 2019a. Utilization of organic fertilizer made out of oil palm midbrid in oil palm nursery. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology*, 9(4): 1324-1329.
- Ariyanti, M., Y. Maxiselly, S. Rosniawaty, dan R.A. Indrawan. 2019b. Pertumbuhan kelapa sawit belum menghasilkan dengan pemberian pupuk organik asal pelepah kelapa sawit dan asam humat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(2): 71-82.
- Ariyanti, M. 2021. Manfaat pelepah sebagai sumber bahan organik pada media tanam kelapa sawit. *Jurnal Paspalum* 9(1): 77-85.
- Bai, B., Y.J. Zhang, L. Wang, M. Lee, B.Q.Ye. Rahmadsyah, Y. Alfiko, S. Purwantomo, A. Suwanto, and G.H. Yue. 2018. Mapping QLT for leaf area in oil palm using genotyping by sequencing. *Tree Genetics and Genomes*, 14: 31. <https://doi.org/10.1007/s11295-018-1245-1>
- Choudhary, S., A.K. Soni, and N.K. Jat. 2012. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on growth, yield and quality of sprouting broccoli cv. Cbh-1. *Indian Journal of Horticulture*, 69(4): 550-554.
- Darmawan, 2017. Manfaat Asam Humat (*humic acid*) bagi Tanaman di Lahan Sawah sub Optimal Pasang Surut. <http://jabar.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-teknologi/605-manfaat-asam-humus>. [26 November 2019].
- Daryono dan T.R. Alkas. 2017. Pemanfaatan limbah pelepah dan daun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai pupuk kompos. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(3): 188-195.
- Effendi, R. 2014. Pengaruh Pemberian Asam Humat dan Fosfat Alam terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Main Nursery. [Skripsi] Padang: Fakultas Pertanian, Universitas Tamansiswa.
- Ekta, N., P. Shailaja, S.C. Pant, K. Sandeep, B. Pankaj, M. Bengia, and B.P. Nautiyal. 2017. Effect of organic manures and bio-fertilizers on growth, yield, quality and economics of broccoli (*Brassica oleracea* L. var Italica Plencky) cv. green head under high-hill conditions of Uttarakhand. *International Journal of Advance Biological Research*, 7(1): 96-100. ISSN.2250-3579
- Ferrara G. and G. Brunetti. 2010. Effects of the time of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(3): 817-822.
- Hidayatullah, A. Khan, Mouladad, Mirwise, N. Ahmed, S.A. Shah. 2018. Effect of humic acid on fruit yield attributes, yield and leaf nutrient accumulation of apple trees under

- calcareous soil. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(15).
- Kuvaini, A. 2014. Respons pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian pupuk NPK dan asam humat padat di pembibitan awal. *Jurnal Citra Widya Edukasi* 6(1).
- Martoyo, K. 2001. Sifat Fisik Tanah Ultisol pada Penyebaran Akar Tanaman Kelapa Sawit. PPKS. Medan
- Mohamed, M.M.A, E.A.M. Awad, I.R. Mohamed, and A.S.A. Elrys. 2019. Effect of mineral, organic and biofertilizer on wheat production in two different soils. *J. Agric. Res.*, 46(6A).
- Nurhaita, Suliasih, dan N. Definiati. 2016. Pemanfaatan limbah pelepah sawit sebagai pakan ternak sapi pada kelompok pemuda tani tunas muda. *Dharma Raflesia Unib Tahun*, 14(1): 11 -19.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2019. Bioneensis : enhance the fertilizer efficiency. [Brosur]. www.iopri.org.
- 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.
- Rosenani, A.B., R. Rovica, P.M. Cheah, and C.T. Lim. 2016. Growth performance and nutrient uptake of oil palm seedling in prenursery stage as influenced by oil palm waste compost in growing media. *Internasional Journal of Agronomy*. <https://www.hindawi.com/journals/ija/2016/6930735/>
- Santi, L.P. 2016. Pengaruh asam humat terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao*) dan populasi mikroorganisme di dalam tanah humic dystrudept effect of humic acid on the growth of cocoa (*Theobroma cacao*) seedlings and microbial population in the humic dystrudept. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(2): 87-94.
- Schlemmer, M., A. Gitelson, J. Schepers, R. Ferguson, Y. Peng, J. Shanahan, and D. Rundquist. 2013. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. pp: 47-54.
- Sembiring, J.V, Nelvia, dan A.E. Yulia. 2015. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama pada medium sub soil ultisol yang diberi asam humat dan kompos tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi*, 6(1): 1-8.
- Sinulingga, E.S.R, J. Ginting, dan T. Sabrina. 2015. Pengaruh pemberian pupuk hayati cair dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pre-nursery. *Jurnal Agroteknologi*, 3(3): 1219-1225.
- Sodiq, A.H., I. Anas, D.A. Santosa, dan A. Sutandi. 2014. Kombinasi pupuk organik hayati dan pupuk fosfat untuk peningkatan keragaan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Tanah Lingkungan*, 16(1): 38-44.
- Sumihar, S.T.T. 2012. Pengaruh pupuk hayati dan kompos tandan kosong sawit terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan awal. Laporan hasil penelitian lembaga penelitian Universitas HKBP Nommensen. Medan. http://akademik.uhn.ac.id/portal/public_html/JURNAL/TULISAN%20SUSANA%20TTTS.pdf/Pengaruh%20Pupuk%20Hayati.pdf. [2 Februari 2022].
- Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment. Principles and Controversies. New York. Marcel Dekker, Inc.
- Verhey, W. 2011. Growth and Production of Oil Palm. *Encyclopedia of life support systems (EOLSS)*. Belgium. Page: 4
- Wardani, M.A.K. 2020. Konsorsium dan dosis pupuk hayati untuk meningkatkan populasi mikroba menguntungkan, pH tanah dan pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) [Skripsi] Bandung: Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Andini, G.W. · R. Firgiyanto

Respon pertumbuhan tanaman krisan pot terhadap hormon giberelin dan waktu pemangkasan yang berbeda

Sari. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanaman krisan (*Dendranthema grandiflora*) pot yaitu dengan pemberian giberelin dan pengaturan waktu pemangkasan. Tujuan pemberian giberelin dan pengaturan waktu pemangkasan adalah untuk memacu pertumbuhan dengan merangsang perpanjangan batang serta memunculkan tunas lateral sehingga memperbanyak percabangan yang akhirnya dapat menghasilkan banyak kuntum bunga. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi giberelin dan waktu pemangkasan yang terbaik. Penelitian dilaksanakan pada 3 Juli sampai 4 September 2020 di Greenhouse Rembangan, Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Jember. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor yang diulang 3 kali. Faktor pertama adalah hormon giberelin yang terdiri dari 4 taraf, yakni 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm. Faktor kedua adalah pemangkasan yang terdiri dari pemangkasan saat pindah tanam, pemangkasan 1 MST, dan pemangkasan 2 MST. Analisis statistik menggunakan uji F yang dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan pemberian ZPT giberelin belum mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman krisan pot. Pemangkasan berpengaruh nyata pada tinggi tanaman fase vegetatif dan generatif, jumlah knop, dan jumlah bunga mekar dengan waktu terbaik pemangkasan pada saat pindah tanam.

Kata kunci: Giberelin · Krisan pot · Pemangkasan

Growth response of pot chrysanthemum to gibberellin hormone and different pruning time

Abstract. One of the technologies that can be used to improve the quality of potted chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*) is gibberellins application and pruning time regulation. The purpose of giving gibberellins and pruning time regulation is to increase growth by stimulating stem elongation and bringing out lateral shoots to increase branching, thereby producing lots of flower buds. The aim of this study was to obtain the best gibberellin concentration and pruning time. The research was conducted from 3 July to 4 September 2020 at the screenhouse at Rembangan, Kemuning Lor Village, Arjasa Sub-district, Jember. The experiment design used in this study was a factorial randomized block design with 2 factors that repeated 3 times. The first factor was gibberellin hormone which consisted of 4 levels, 0 ppm (G_0), 10 ppm (G_1), 20 ppm (G_2), 30 ppm (G_3). The second factor was pruning which consisted of pruning at transplanting (P_0), pruning 1 MST (P_1), pruning 2 MST (P_2). Statistical analysis used the F test followed by the Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 5% significance level. The results showed that gibberellin treatment was not able to increase the growth of potted chrysanthemum. Pruning treatment had a significant effect on vegetative plant height, generative plant height, total knobs, and number of blooming flowers with the best pruning time at transplanting.

Keywords: Gibberelin · Potted Chrysanthemum · Pruning

Diterima : 16 Desember 2022, Disetujui : 17 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.37187>

Andini, G.W. · R. Firgiyanto

Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

Korespondensi: refa_firgiyanto@polije.ac.id

Andini, G.W. dan R. Firgiyanto: Respon pertumbuhan tanaman krisan pot terhadap hormon giberelin dan waktu pemangkasan yang berbeda

Pendahuluan

Tanaman hias krisan salah satu komoditas hortikultura yang cukup digemari di pasaran. Tanaman krisan memiliki prospek cukup bagus dalam perdagangan tanaman hias seiring dengan meningkatnya hasrat masyarakat tentang estetika (Widyawati, 2019; Ermawati *et al.*, 2012). Krisan pot memiliki karakteristik bunga berpenampilan kompak, pendek, dan rimbun sehingga cocok dengan wadahnya.. Dataran tinggi Rembangan di Kabupaten Jember mulai membudidayakan krisan pot. Dataran tinggi ini terletak di bawah kaki gunung Argopuro dengan ketinggian 650 meter di atas permukaan laut (m dpl) serta memiliki suhu kisaran 18°C sampai 25°C. Kondisi tersebut cocok untuk budidaya krisan pot dan menjadikan potensi yang baik untuk daerah sekitarnya.

Krisan memiliki potensi ekonomi yang menguntungkan dengan volume ekspor krisan pada tahun 2017 berjumlah 49,52 ton yang mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yang berjumlah 60,65 ton. Nilai perdagangan *free on board* (FOB) yang awalnya US\$ 905.724 menjadi US\$ 699.176 dengan negara tujuan Jepang dan Kuwait (Badan Pusat Statistik, 2017). Data tersebut menunjukkan penurunan produksi tanaman yang berakibat pada volume bunga krisan yang diekspor.

Beberapa teknologi dan perlakuan banyak dilakukan untuk meningkatkan produksi dan kualitas dari tanaman hias, diantaranya pengaturan pertumbuhan dan perkembangan tanaman krisan pot pada setiap fasenya. Salah satu teknik budidaya tanaman krisan adalah dengan pemangkasan tanaman setiap fase tumbuh disertai dengan aplikasi giberelin. Hal ini dilakukan sebagai upaya meningkatkan kualitas tanaman hias krisan pot. Pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) giberelin merupakan upaya untuk memacu pertumbuhan, merangsang perpanjangan batang, serta pertumbuhan tanaman termasuk daun dan akar (Lakitan, 2002; Henny, 2011). Pemangkasan tunas apikal pada tanaman krisan berfungsi untuk memunculkan tunas lateral, sehingga memperbanyak percabangan yang akhirnya membuat kuntum bunga yang dihasilkan menjadi banyak (Widyawati, 2019; Sally *et al.*, 2016), sehingga dapat menghasilkan krisan yang berbentuk kompak dan memiliki kuntum bunga

sesuai standar yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi terbaik dari ZPT giberelin, waktu pemangkasan, dan interaksi dari kedua perlakuan guna meningkatkan pertumbuhan tanaman krisan pot.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di rumah kaca Politeknik Negeri Jember yang terletak di daerah Rembangan Jember Jawa Timur dengan ketinggian 650 m dpl pada bulan Juli sampai September 2020. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan pola dua faktor. Faktor pertama adalah pemberian giberelin (G) yang terdiri dari 4 taraf, yaitu 0, 10, 20 dan 30 ppm. Masing-masing perlakuan giberelin diaplikasikan pada tanaman krisan mulai umur 3 Minggu Setelah Tanam (MST) dengan selang waktu seminggu selama 2 kali berturut-turut. Faktor kedua adalah aplikasi waktu pemangkasan (P), yang terdiri dari taraf: dilakukan pada saat pindah tanam (p_0), 1 MST (p_1), dan 2 MST (p_2). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Setiap unit perlakuan memerlukan dua pot tanaman yang masing – masing ditanami tiga tanaman.

Penelitian dimulai dengan persiapan media tanam menggunakan campuran tanah kebun bagian atas (top soil), pupuk kandang, dan arang sekam. Satu pot diisi dengan top soil 0,55 kg, pupuk kandang 0,41 kg, dan arang sekam 0,83 kg. Setelah media tanam siap ditanami, tiga bibit krisan ditanam pada setiap pot. Bibit yang ditanam berumur 14 HST setelah pembibitan, yaitu bibit telah memiliki 2 daun sempurna dan penampakan yang baik dan sehat. Pemeliharaan tanaman krisan meliputi beberapa kegiatan, yakni penyulaman dilakukan pada minggu pertama jika ada bibit yang mati atau tumbuh tidak normal, penyiangan dilakukan seminggu sekali, dan pemupukan dilakukan 3 hari sekali. Dosis pemupukan saat pertumbuhan generatif diberikan dua kali lipat dari dosis fase vegetatif. Terdapat beberapa jenis pupuk yang diberikan, yakni growmore 2 gL⁻¹, NPK 0,57 gram/tanaman, KNO₃ 0,57gram/tanaman, MgSO₄ 0,001 gram/tanaman, dan hidrokarat 0,003 gram/tanaman.

Perlakuan yang pertama, yaitu aplikasi giberelin, dilakukan saat berumur 3 MST dengan cara menyemprotkan larutan giberelin

ke daerah daun dan akar. Pemberian giberelin 2 kali dalam seminggu selama 4 minggu berturut-turut. Perlakuan kedua yaitu pemangkasan dilakukan pada umur saat pindah tanam atau 0 MST, 1 MST, dan 2 MST.

Pengamatan dilakukan pada tinggi tanaman, diameter batang, lebar tajuk, jumlah percabangan, jumlah bunga per tanaman, diameter bunga, dan rasio tinggi krisan per tinggi pot. Pengamatan dilakukan setiap minggu pada saat setelah pindah tanam sampai panen. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan sebelum dan sesudah aplikasi perlakuan. Data hasil pengamatan dan perhitungan dianalisis dengan sidik ragam pada taraf nyata 5% dan apabila terdapat pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan pengaruh setiap perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian giberelin tidak berpengaruh nyata pada semua variabel pengamatan. Tabel 1 dan 2 menunjukkan perlakuan giberelin tidak memberikan pengaruh nyata, namun perlakuan G2 di 7 MST memberikan pertumbuhan yang cenderung lebih baik pada variabel pengamatan tinggi tanaman, diameter batang, dan lebar tajuk dengan rerata secara berturut-turut 19,98 cm; 3,89 mm; 13,92 cm. Variabel pengamatan knop ZPT giberelin menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata, namun pada perlakuan G3

dengan rerata 13,27 memberikan pertumbuhan yang cenderung lebih baik dibanding perlakuan lain. Aplikasi ZPT giberelin tidak berpengaruh nyata pada variabel pengamatan tinggi tanaman, lebar tajuk, percabangan, diameter bunga, dan jumlah bunga mekar saat panen, namun perlakuan G2 dengan rerata pada setiap variabel tersebut secara berturut-turut 21,36 cm; 12,66 cm; 13,51 cm; 4,62; dan 3,21 menunjukkan pertumbuhan yang cenderung lebih baik dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Tidak adanya perbedaan nyata akibat perlakuan giberelin diduga karena konsentrasi ZPT giberelin yang diaplikasikan belum mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman krisan. Kusumo (1984) berpendapat bahwa perlu memperhatikan tingkat konsentrasi giberelin saat aplikasi, dikarenakan jika terlalu banyak konsentrasi giberelin dapat menghambat pertumbuhan dan menjadi racun bagi tanaman, sedangkan konsentrasi yang terlalu rendah tidak dapat memberikan pengaruh nyata dalam peningkatan tanaman. Pendapat lain mengenai ketepatan konsentrasi ZPT giberelin disebutkan oleh penelitian Arifin *et al.* (2013) yang menyebutkan bahwa perlakuan ZPT giberelin yang diaplikasikan pada fase generatif tidak berpengaruh terhadap jumlah bunga tanaman cabai merah keriting baik pada konsentrasi 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm, maupun 60 ppm. Aplikasi ZPT giberelin dengan konsentrasi yang tepat akan meningkatkan pertumbuhan tanaman krisan karena ZPT giberelin merangsang penambahan kandungan hormon di sekitar sel meristem pucuk.

Tabel 1. Pengaruh pruning dan giberelin terhadap pengamatan tinggi tanaman

	Tinggi Tanaman (cm)						
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST
Konsentrasi Giberelin							
G0 (Giberelin 0 ppm)	6,92	7,09	9,02	12,63	16,57	18,66	18,96
G1 (Giberelin 10 ppm)	6,54	7,1	9,05	12,63	16,1	19,13	19,25
G2 (Giberelin 20 ppm)	6,48	7,09	8,92	12,82	16,72	19,01	19,98
G3 (Giberelin 30 ppm)	6,78	7,22	9,31	12,98	17,34	18,43	18,51
F Hit G	0,89	0,08	0,51	0,14	0,01	0,33	1,17
Pemangkasan							
P0 (saat pindah tanam)	6,37	6,62 a	9,36 a	12,89	17,88 b	19,95	20,61
P1 (1 minggu setelah pindah tanam)	6,8	7,19 ab	8,61 ab	12,62	16,41 ab	18,29	18,48
P2 (2 minggu setelah pindah tanam)	6,88	7,57 b	9,25 b	12,8	15,76 a	18,18	18,44
F Hit P	2,14	6,05 **	4,09 *	0,12	4,49 *	4,19	6,35

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan (*) berbeda nyata atau (**) menunjukkan berbeda sangat nyata masing-masing berdasarkan DMRT pada taraf nyata 5% atau 1%.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi giberelin dan waktu pemangkasan terhadap variabel pertumbuhan krisan pot

Data Perlakuan	Variabel Pengamatan						
	TT	DB	LT	KNOP	Percabangan	db	JB
	7 MST	7 MST	7 MST	9 MST	9 MST	9 MST	9 MST
Konsentrasi Giberelin							
G0 (Giberelin 0 ppm)	18,96	3,57	13,44	13,17	11,12	4,15	11,48
G1 (Giberelin 10 ppm)	19,25	3,60	13,26	12,60	12,01	4,61	10,98
G2 (Giberelin 20 ppm)	24,36	3,84	13,92	12,54	13,15	4,62	10,79
G3 (Giberelin 30 ppm)	18,51	3,46	13,58	13,27	11,16	3,74	11,69
F Hit G	1,17	0,90	0,69	0,71	0,99	1,64	0,86
Pemangkasan							
P0 (saat pindah tanam)	23,89	3,63	13,36	12,06 b	11,92	4,18	10,75
P1 (1 minggu setelah pindah tanam)	18,48	3,59	13,60	14,02 a	12,11	4,19	11,88
P2 (2 minggu setelah pindah tanam)	18,44	3,63	13,70	12,59 a	11,56	4,48	11,07
F Hit P	6,35 **	0,41	0,36	6,85 **	0,11	0,35	2,18

Keterangan: TT = Tinggi Tanaman, DB = Diameter Batang, LT = Lebar Tajuk, Knop = Rerata jumlah knop dalam satu pot, Percabangan = Rerata jumlah cabang dalam satu pot, db = Diameter Bunga, JB = Rerata jumlah bunga mekar dalam satu pot. Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan (*) berbeda nyata atau (**) menunjukkan berbeda sangat nyata masing-masing berdasarkan DMRT pada taraf nyata 5% atau 1%.

Pemangkasan pucuk menurut Gustia (2016) mempengaruhi pembentukan bunga betina dan buah yang diakibatkan penumpukan karbohidrat. Persaingan fotosintat antar organ vegetatif dan generatif serta pengurangan serangan penyakit dapat dilakukan dengan pemangkasan tunas apikal (Sutapradja, 2008). Hasil analisis DMRT menunjukkan bahwa perlakuan pemangkasan (pemangkasan tunas apikal) memberikan pengaruh sangat nyata pada variabel penambahan tinggi tanaman 2 MST dan memberikan pengaruh nyata pada variabel pengamatan 3 MST dan 5 MST. Berdasarkan analisis data variabel, penambahan tinggi tanaman pada 2 dan 3 MST menunjukkan respons yang baik pada perlakuan pemangkasan di minggu ke 2 setelah pindah tanam. Hal ini disebabkan pemangkasan di minggu ke-0 dan 1 lebih cepat, sehingga menyebabkan pembelahan sel pada ujung tunas terhambat dan fotosintat dialihkan untuk merangsang pertumbuhan tunas lateral, sedangkan pemangkasan pada minggu ke-2 masih memiliki tunas apikal sehingga memiliki respons untuk variabel tinggi tanaman. Yanti dan Aini (2019) melaporkan pemangkasan pucuk menyebabkan titik tumbuh tanaman dapat hilang dan menyebabkan pertumbuhan tinggi terhenti. Tanaman tanpa pemangkasan akan terus bertambah panjang. Hal tersebut disebabkan dominasi bagian pucuk yang masih melanjutkan pertumbuhan (Ehsanullah *et al.*, 2021; Kusuma dan Sitawati, 2018). Pemangkasan tunas apikal dilakukan untuk

mengurangi/meniadakan dominasi apikal sehingga akan merangsang pembentukan tunas-tunas baru pada bagian lateral. Dominasi apikal merupakan pengaturan pertumbuhan dominansi pucuk tanaman untuk menekan daerah meristematik lainnya (Suradinata *et al.*, 2017).

Jumlah knop terbaik berdasarkan hasil penelitian didapatkan pada perlakuan pemangkasan 1 MST, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemangkasan 2 MST. Hal ini diduga karena pemangkasan mampu menghambat pertumbuhan tunas apikal serta merangsang pertumbuhan tunas lateral. Tanaman krisan yang memiliki cabang lateral banyak akan menghasilkan jumlah knop yang banyak pula, selaras dengan pendapat (Widyawati, 2019) bahwa pengaturan percabangan dan jumlah kuntum bunga yang lebih banyak dapat dilakukan dengan pemangkasan.

Pengaruh interaksi terjadi antara konsentrasi giberelin dengan waktu pemangkasan terhadap tinggi tanaman umur 6 dan 7 MST. Tinggi tanaman tertinggi pada minggu ke-6 didapatkan pada perlakuan giberelin 0 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan giberelin 10 ppm dengan pemangkasan 1 MST, giberelin 20 ppm dengan pemangkasan 1 MST, giberelin 10 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam, giberelin 20 ppm dengan pemangkasan 2 MST, dan giberelin 30 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam, karena masih diikuti dengan notasi yang sama (Tabel 3).

Tabel 3. Interaksi ZPT giberelin dan waktu pemangkasan terhadap tinggi tanaman krisan pot pada minggu ke-6

Konsentrasi Giberelin	Waktu Pemangkasan		
	P0	P1	P2
G0	21,60 a A	17,27 a B	17,13 b B
G1	20,42 a A	18,88 a A	18,07 ab A
G2	17,05 b B	19,39 a AB	20,59 a A
G3	20,73 a A	17,64 a B	16,92 b B

Keterangan: G0= Giberelin 0 ppm, G1= Giberelin 10 ppm, G2= Giberelin 20 ppm, G3= Giberelin 30 ppm. P0= Pemangkasan saat pindah tanam, P1= Pemangkasan 1 minggu setelah tanam, P2= Pemangkasan 2 minggu setelah tanam.

Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf nyata 5%.

Tabel 4. Pengaruh interaksi zpt giberelin dan waktu pemangkasan terhadap tinggi tanaman krisan pot pada minggu ke-7

Konsentrasi Giberelin	Waktu Pemangkasan		
	P0	P1	P2
G0	21,98 a A	17,65 a B	17,25 b B
G1	20,52 a A	19,10 a A	18,12 b A
G2	19,08 a A	19,49 a A	21,36 a A
G3	20,84 a A	17,65 a B	17,04 b B

Keterangan: G0= Giberelin 0 ppm, G1= Giberelin 10 ppm, G2= Giberelin 20 ppm, G3= Giberelin 30 ppm. P0= Pemangkasan saat pindah tanam, P1= Pemangkasan 1 minggu setelah tanam, P2= Pemangkasan 2 minggu setelah tanam.

Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf nyata 5%.

Pada minggu ke-7, perlakuan giberelin 0 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam merupakan perlakuan yang memberikan tinggi tanaman paling tinggi, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan giberelin 20 ppm dengan pemangkasan pindah tanam, giberelin 10 ppm dengan pemangkasan 1 MST, giberelin 20 ppm dengan pemangkasan 1 MST, giberelin 10 ppm dengan pemangkasan pindah tanam, giberelin 30 ppm dengan pemangkasan pindah tanam, dan giberelin 20 ppm dengan pemangkasan 2 MST karena masih diikuti notasi yang sama (Tabel 4).

Kegagalan giberelin dalam memberikan pengaruh diduga karena giberelin endogen yang terdapat pada tanaman sudah cukup dan mampu merangsang pertumbuhan tanaman sehingga penambahan ZPT giberelin akan menghambat pertumbuhan. Penambahan tinggi tanaman juga dipengaruhi oleh perlakuan pemangkasan yang diberikan pada tanaman krisan, setiap pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi hormon endogen auksin. Auksin merupakan hormon yang terdapat pada ujung tanaman seperti akar dan batang berfungsi menambah kegiatan pembelahan sel dari jaringan meristem (Weijers *et al.*, 2018; Puspitorini, 2016). Sel-sel tersebut menjadi

panjang dan mengandung banyak air serta mempengaruhi permeabilitas dinding sel, sehingga mengakibatkan berkurangnya tekanan protoplasma terhadap dinding sel (Advinda, 2018). Peran auksin akan berhenti setelah perlakuan pemangkasan, kemudian hormon sitokinin akan merangsang pertumbuhan sel lateral, hasil produksi sitokinin dari akar diangkut menuju tajuk, begitu juga sebaliknya (Schaller *et al.*, 2015; Jones and Ljung, 2011; Hurny *et al.*, 2020). Auksin yang dihasilkan dari kuncup akan diangkut menuju bagian bawah tumbuhan. meristem lateral cenderung terhambat aktivitasnya diakibatkan oleh auksin. Hal tersebut disebabkan letak meristem lateral berdekatan dengan apikal sehingga pembentukan tunas cabang terhambat dan fenomena ini disebut dengan dominasi apikal (Advinda, 2018). Tinggi tanaman terbaik terdapat pada perlakuan giberelin 0 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam, hal ini dikarenakan pemangkasan dilakukan pada saat pindah tanam, sehingga tanaman krisan menunjukkan respon pertumbuhan cabang lateral terlebih dulu dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Widyawati (2019), tinggi tanaman krisan yang ideal dengan melihat rasio antara tinggi pot yang digunakan serta tinggi

tanaman krisan. Ramadhan *et al.* (2018) berpendapat bahwa tinggi krisan pot yang ideal adalah sekitar 2 sampai 2,5 kali tinggi pot. Tinggi pot yang digunakan adalah 14 cm maka tinggi tanaman krisan yang ideal adalah 28-35 cm. Pada penelitian ini tinggi tanaman dari perlakuan giberelin 0 ppm dengan pemangkasan saat pindah tanam di 6 MST dan 7 MST secara berturut-turut 21,60 cm dan 21,98 cm. Tinggi tanaman ini paling mendekati kriteria ideal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian giberelin 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm belum mampu memberikan pengaruh yang nyata pada seluruh variabel pengamatan. Pemangkasan 2 minggu setelah pindah tanam memberikan pengaruh nyata pada variabel penambahan tinggi tanaman di fase vegetatif. Perlakuan pemangkasan saat pindah tanam memberikan pengaruh nyata pada variabel penambahan tinggi tanaman, jumlah knop, bunga mekar, dan memberikan pengaruh tidak nyata pada variabel diameter batang, lebar tajuk dan variabel pengamatan generatif lainnya. Interaksi pemberian giberelin dan perlakuan waktu pemangkasan terjadi pada tinggi tanaman krisan pot umur 6 MST dan 7 MST.

Berdasarkan pada simpulan, maka perlu dilakukan peningkatan konsentrasi ZPT giberelin yang sesuai agar mampu memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan tanaman krisan pot. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dan diharapkan memahami masing-masing konsentrasi dari ZPT giberelin yang digunakan dan waktu pemangkasan yang diterapkan sebelum melakukan penelitian agar penelitian selanjutnya memiliki hasil yang nyata.

Daftar Pustaka

- Advinda, L. 2018. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. 1 ed. Yogyakarta: Deepublish.
- Arifin, Z., P. Yudono, dan Toekidjo. 2013. Pengaruh konsentrasi GA3 terhadap pembungaan dan kualitas benih cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.), "Vegetalika, 1(4): 141-153.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Tanaman Hias Indonesia 2017. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/publication/2018/10/05/d1f1f00e73b215b4118fa9e0/statistik-tanaman-hias-indonesia-2017.html> (Diakses: 3 September 2021).
- Ehsanullah, M., S.A. Tarapder, A.R.M. Maukeeb, A.U. Khan, and A.U. Khan. 2021. Effect of pinching on growth and quality flower production of chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum* L.). J. Multidiscip. Appl. Nat. Sci., 1(2): 62-68.
- Ermawati, D., D. Indradewa, dan S. Trisnowati. 2012. Pengaruh warna cahaya tambahan terhadap pertumbuhan dan pembungaan tiga varietas tanaman krisan (*Chrysanthemum morifolium*) potong," Vegetalika, 1(3): 31-42.
- Gustia, H. 2016. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun terhadap pemangkasan pucuk. The 2nd International Multidisciplinary Conference. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta, hal. 339-345.
- Henny. 2011. Hormon Giberelin dalam Induksi Bunga. Jakarta: Penerbit Rajawali.
- Hurný, A., C. Cuesta, N. Cavallari, et al. Synergistic on auxin and cytokinin positively regulates growth and attenuates soil pathogen resistance. Nat. Commun. 11, 2170.
- Jones, B., and K. Ljung. 2011. Auxin and cytokinin regulate each other's levels via a metabolic feedback loop. Plant Signal Behav., 6(6): 901-4.
- Kusuma, E.F. dan Sitawati. 2018. Efisiensi waktu pinching dan fotoperiodisitas pada pertumbuhan tanaman krisan pot (*Chrysanthemum* sp.) jenis standar. Jurnal Produksi Tanaman, 6(2): 291-297.
- Kusumo, S. 1984. Zat Pengatur Tumbuh Tanaman. Jakarta: Cv. Yasaguna.
- Lakitan, B. 2002. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Puspitorini, P. 2016. The sources of auxin hormone to growth of shoot pineapple stem cutting (*Ananascomosus* L. Merr.). Jares (Journal of Academic Research and Sciences), 1(1): 45-52.
- Ramadhan, F.S.A., Setyono, dan E.D.S. Nugroho. 2018. Pengaruh kerapatan tanaman dan konsentrasi pupuk NPK pada krisan pot (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). Jurnal Agronida, 4(1): 29-36.
- Sally, M.K., Y.I. Ismael, dan Y. Lewar. 2016. Kajian pemangkasan tunas apikal dan pemupukan KNO₃ terhadap hasil tanaman tomat. Partner, 21(1).

- Schaller, G.E., A. Bishopp, J.J. Kieber. The yin-yang of hormones: cytokinin and auxin interactions in plant development. *Plant Cell*, 27(1): 44-63.
- Suradinata, Y. R., A. C. Amalia, dan A. Nuraini. 2017. pengaruh pemangkasan terhadap pertumbuhan: percabangan dan pembesaran bonggol tiga kultivar kamboja jepang (*Adenium arabicum*)," *Kultivasi*, 16(2): 382-387. doi: 10.24198/kultivasi.v16i2.11768.
- Sutapradja, H. 2008. Pengaruh pemangkasan pucuk terhadap hasil dan kualitas benih lima kultivar mentimun. *Jurnal Hortikultura*, 18(1): 16-20.
- Weijers, D., J. Nemhauser, Z. Yang. 2018. Auxin: small molecule, big impact. *J. of Exp. Bot.*, 69(2): 133-136,
- Widyawati, N. 2019. Penampilan tanaman krisan pot (*Dendranthema grandiflora*) akibat retardan dan pemangkasan pucuk. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(2): 128-134. doi: 10.29244/jhi.10.2.128-134.
- Yanti, U.D. dan N. Aini. 2019. Pengaruh waktu pemangkasan pucuk terhadap pertumbuhan dua varietas tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.) sistem hidroponik. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(10): 1967-1972.

Aprilia, N.A. · D. Kurniadie · U. Umiyati

Resistensi gulma *Echinochloa crus-galli* terhadap herbisida berbahan aktif Metamifop di areal persawahan Sulawesi Selatan

Sari Barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] diakui sebagai gulma paling bermasalah di areal persawahan Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Herbisida metamifop sudah lama digunakan untuk mengendalikan gulma tersebut pada areal pertanaman padi sawah di Sulawesi Selatan dengan intensitas aplikasi yang cukup tinggi. Hal tersebut menimbulkan *E. crus-galli* yang sulit dikendalikan dan diperkirakan resisten terhadap herbisida metamifop. Namun demikian, kasus resistensi gulma terhadap herbisida metamifop di Indonesia belum banyak dilaporkan dan diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) adanya resistensi gulma *E. crus-galli* terhadap metamifop, (2) tingkat resistensi yang terjadi pada gulma *E. crus-galli* terhadap metamifop. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dari bulan November 2021 hingga Januari 2022. Uji tingkat resistensi dilakukan dengan metode *Whole Plant Pot Test* menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split Plot Design) dengan 3 ulangan. Petak utama adalah dosis herbisida metamifop: 0, 31,25, 62,5, 125, 250, 500 dan 1000 g b.a/ha. Anak petak adalah tempat asal gulma, yaitu gulma terpapar (Sidrap, Maros, Pinrang) dan tidak terpapar herbisida. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa gulma *E. crus-galli* asal Pinrang tergolong ke dalam resistensi rendah, sedangkan *E. crus-galli* asal Sidrap dan Maros masih tergolong sensitif terhadap aplikasi metamifop.

Kata kunci: *Echinochloa crus-galli* · Metamifop · Resistensi gulma

Resistance of *Echinochloa crus-galli* weed to herbicide containing Metamifop active ingredient in lowland paddy fields of South Sulawesi

Abstract. Barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] is acknowledged to be the most troublesome weed in paddy fields of South Sulawesi Province, Indonesia. The herbicide containing metamifop active ingredient has long been used to control this weed in lowland paddy fields in South Sulawesi with a reasonably high application intensity. It is caused difficulties in controlling *E. crus-galli* due to resistance issue to the herbicide. However, weed resistance to metamifop herbicide cases in Indonesia have not been widely reported and studied. The study aimed to (1) confirm the presence of herbicide-resistant of *E. crus-galli* toward metamifop, (2) classify the resistance level of *E. crus-galli* toward metamifop. The research was conducted at the greenhouse of Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Sumedang District, Wesr Java from November 2021 until January 2022. Resistance level test of *E. crus-galli* was performed using the Whole Plant Pot Test method. The treatments were organized in a Split Plot Design with 3 replications. The main plot was the dose of metamifop: 0, 31.25, 62.5, 125, 250, 500 dan 1000 g b.a/ha. The subplot was the origin of weed: exposed weed (Sidrap, Maros, Pinrang) and unexposed weed to herbicides. The result showed that only one *E. crus-galli* from Pinrang showed a low level of resistance while *E. crus-galli* from Sidrap and maros still sensitive to metamifop.

Keywords: *Echinochloa crus-galli* · Metamifop · Weed resistance

Diterima : 5 April 2022, Disetujui : 19 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38960>

Aprilia, N.A.¹ · D. Kurniadie² · U. Umiyati²

¹ Program Studi Magister Agronomi Konsentrasi Ilmu Gulma, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

² Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363
Korespondensi: annisa16017@mail.unpad.ac.id

Pendahuluan

Gangguan gulma berdampak negatif bagi pertumbuhan tanaman karena dapat menjadi kompetitor dalam memanfaatkan unsur hara, air, cahaya, CO₂ dan ruang tumbuh sehingga manusia berupaya untuk mengendalikannya (Kilkoda *et al.*, 2015). Gangguan gulma mengakibatkan penurunan hasil pertanian padi mencapai 10 sampai 15%, sedangkan kehilangan hasil panen tanpa pengendalian gulma bisa mencapai 86% (Zarwazi *et al.*, 2016). Oleh karena itu, gulma masih menjadi masalah utama sehingga para petani berusaha untuk mengendalikannya.

Gulma berdaun sempit merupakan golongan gulma yang sulit dikendalikan pada pertanian padi. Hal ini disebabkan kemampuan beradaptasi ekologisnya yang kuat. Misalnya, bijinya dapat berkecambah di bawah lingkungan anaerobik, berkecambah dan matang dengan cepat, dan diproduksi dalam jumlah besar (Zhang *et al.*, 2017). Gulma berdaun sempit juga sulit dikendalikan karena selektivitasnya yang sangat sempit dan sama-sama masuk kedalam familia Poaceae bersama padi (Takano *et al.*, 2020). Gulma berdaun sempit yang biasa ditemui pada pertanian padi di Sulawesi Selatan adalah *Echinochloa crus-galli* dan *Leptochloa chinensis*.

Berbagai teknik dapat digunakan oleh para petani untuk mengendalikan gulma, namun saat ini teknik yang biasa digunakan oleh para petani adalah secara kimiawi dengan pengaplikasian herbisida. Pengaplikasian herbisida berisiko menimbulkan masalah resistensi pada gulma apabila diaplikasikan herbisida dengan *mode of action* yang sama dengan frekuensi tinggi. Resistensi gulma merupakan kemampuan gulma bertahan hidup serta bereproduksi meskipun sudah diaplikasikan herbisida dengan dosis rekomendasi (Shaner, 2014). Kasus gulma yang mengalami resistensi terhadap herbisida telah diketahui terjadi di 71 negara di dunia, yang mengganggu 94 jenis komoditas tanaman yang berbeda dan salah satunya adalah pada pertanian padi (Heap and Duke, 2021).

Terdapat berbagai jenis bahan aktif herbisida yang biasa diaplikasikan untuk mengendalikan gulma pada pertanian padi, salah satunya adalah herbisida dengan bahan aktif (b.a) metamifop. Metamifop adalah herbisida pasca-tumbuh yang diklasifikasikan

sebagai penghambat sintesis asetil-koenzim A karboksilase (ACCase) (Vrbničanin *et al.*, 2017). Metamifop menunjukkan efektivitas pengendalian yang tinggi terhadap gulma berdaun sempit, terutama *Echinochloa crus-galli* di sawah (Xia *et al.*, 2016). Berdasarkan laporan Heap and Duke (2021) sudah ada kasus resistensi gulma terhadap herbisida berbahan aktif metamifop dimana terdapat 3 kasus resistensi yang semua lokasi ditemukannya di Korea Selatan.

. Belum adanya laporan resistensi gulma terhadap kedua jenis gulma tersebut di Indonesia (Heap and Duke, 2021). Berdasarkan informasi yang didapat dari hasil wawancara beberapa petani di daerah Sidrap, Maros, Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan bahwa terdapat indikasi spesies gulma *E crus-galli* yang diduga resisten setelah diaplikasikan herbisida berbahan aktif metamifop. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat resistensi gulma *E crus-galli* secara ilmiah.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan ketinggian tempat ± 752 m di atas permukaan laut (m dpl).. Percobaan dilaksanakan dari bulan November 2021 hingga Januari 2022.

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah biji dari gulma *Echinochloa crus-galli*, yang diduga resisten yang berasal dari 3 kabupaten di Sulawesi Selatan, yaitu Sidrap, Maros, dan Pinrang, serta biji dari gulma *Echinochloa crus-galli* yang tidak pernah terpapar herbisida metamifop (gulma sensitif) sebagai kontrol yang berasal dari Karawang, media tanah sawah, dan herbisida dengan bahan aktif metamifop.

Alat yang digunakan pada percobaan ini adalah *pressure sprayer* YOTO 5 liter, Anvil *flood jet* (polijet) *green nozzle* 1,2 Liter/menit, gelas ukur, pot diameter 15 cm, timbangan analitik, oven, dan alat kelengkapan lainnya.

Metode yang digunakan dalam percobaan ini adalah rancangan petak terbagi (Split Plot) yang terdiri dari 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah dosis herbisida (D) sebagai petak utama yang terdiri dari 7 perlakuan yang terdiri dari dosis 0 g b.a/ha, 31,25

g b.a/ha, 62,5 g b.a/ha, 125 g b.a/ha, 250 g b.a/ha, 500 g b.a/ha dan 1000 g b.a/ha. Faktor kedua adalah asal lokasi gulma (G) sebagai anak petak yang terdiri dari 4 taraf, yaitu gulma asal Sidrap, Maros, Pinrang, dan gulma sensitif asal Karawang. Uji tingkat resistensi dilakukan dengan metode *Whole Plant Pot Test* (Burgos, 2015). Benih gulma sebanyak 15 biji dari masing-masing lokasi dikecambahkan dalam polybag berdiameter 15 cm yang berisi media tanah sawah.

Aplikasi herbisida dilakukan setelah gulma berkecambah hingga muncul 2,5 daun. Aplikasi herbisida dilakukan menggunakan knapsack sprayer menggunakan *flat fan nozzle* dengan volume semprot 400 L/ha. Gulma disemprot merata sesuai dosis perlakuan, dan disusun secara acak di rumah kaca. Suhu pada saat penyemprotan adalah 30,5 °C dengan kelembaban 49%.

Pengamatan gejala keracunan pada gulma diamati dengan cara melihat perubahan yang terjadi pada gulma setelah di aplikasikan herbisida secara visual. Pengamatan bobot kering gulma dilakukan dengan cara destruksi gulma untuk setiap satuan percobaan dan dilakukan pada akhir pengamatan, yaitu pada 30 hari setelah aplikasi. Bobot kering gulma didapatkan dengan cara gulma dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam hingga bobot keringnya konstan, kemudian ditimbang. Data bobot kering gulma dari masing-masing *Echinochloa crus-galli* berdasarkan lokasi pengambilan sampel dikonversi menjadi persen penurunan pertumbuhan dengan cara membandingkan nilai bobot kering *Echinochloa crus-galli* yang diaplikasikan herbisida dengan bobot kering *Echinochloa crus-galli* tanpa aplikasi herbisida menggunakan persamaan sebagai berikut (Widayat *et al.*, 2019):

$$\text{Persen kerusakan (\%)} = (1 - (P/K)) \times 100\%$$

Keterangan :

P = nilai bobot kering gulma dengan aplikasi herbisida

K = nilai bobot kering gulma tanpa aplikasi herbisida

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan uji ANOVA dengan menggunakan perangkat lunak SPSS. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut terhadap perbedaan nilai

rata-rata antar perlakuan dengan menggunakan uji Lanjut Berganda Duncan pada taraf α 5%. Tingkat resistensi dihitung menggunakan data penurunan pertumbuhan untuk mengetahui nilai GR₅₀. *Growth reduction* (GR₅₀) adalah dosis herbisida yang dibutuhkan untuk menyebabkan penurunan pertumbuhan gulma dengan probabilitas 50%. Nilai GR₅₀ dapat diketahui dengan menggunakan analisis regresi non-linier model *log-logistic* (Seefeldt *et al.*, 1995). Rumus kurva regresi non linier model *log-logistic*:

$$y = C + \frac{D - C}{1 + (x/I_{50})^b}$$

Keterangan :

C = batas bawah dari limit data, D = batas atas dari limit data, b = *slope*, I₅₀ = Dosis yang memberikan respon 50%.

Analisis regresi non linier model *log-logistic* dilakukan menggunakan software Origin Pro versi 2016. Setelah mengetahui nilai GR₅₀, tingkat resistensi dapat ditentukan melalui perhitungan nisbah resistensi. Nisbah resistensi didapatkan dari perbandingan Nilai GR₅₀ dari gulma terpapar (R) dengan GR₅₀ gulma yang tidak terpapar herbisida (S). Menurut penelitian Hamdan *et al.* (2012) ada empat klasifikasi resistensi, yaitu: tingkat resistensi tinggi (R/S > 12), tingkat resistensi sedang (R/S = 6 - 12), tingkat resistensi rendah (R/S = 2 - 6) dan tingkat resistensi sensitif (R/S < 2).

Hasil dan Pembahasan

Bobot Kering Gulma. Berdasarkan analisis statistik, hasil percobaan menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang berbeda nyata antara lokasi asal gulma dengan taraf dosis herbisida terhadap rata-rata bobot kering gulma *Echinochloa crus-galli* yang terpapar herbisida dengan yang tidak terpapar herbisida. Meskipun gulma *Echinochloa crus-galli* asal Sidrap tidak berbeda nyata dengan gulma sensitif, gulma asal Maros dan Pinrang memiliki rata-rata bobot kering yang lebih tinggi dibandingkan gulma asal Sidrap dan gulma sensitif. Data menunjukkan rata-rata bobot kering populasi sensitif dan Sidrap (0,00 g) lebih kecil dari Maros (0,52 g) dan Pinrang (0,54 g) saat diaplikasi dengan dosis anjuran metamifop (125 g b.a/ha). Terlebih, *E. crus-galli* asal Pinrang pada 8x dosis anjuran (1000 g b.a/ha) memiliki rata-rata bobot kering paling tinggi (0,18 g) dan berbeda nyata dengan lokasi lainnya (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-Rata Bobot Kering dari Populasi *E. cruss-galli* yang Sensitif dan Tiga Lokasi Diduga Resisten terhadap Herbisida Metamifop

Dosis (g b.a/ha)	Asal Lokasi Gulma			
	Sensitif (g)	Sidrap (g)	Maros (g)	Pinrang (g)
0	1,51 ^a A	1,50 ^a A	1,51 ^a A	1,52 ^a A
31,25	0,52 ^b C	0,57 ^b C	0,81 ^b B	1,43 ^a A
62,5	0,20 ^c B	0,21 ^c B	0,63 ^c A	0,74 ^b A
125	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,52 ^d A	0,54 ^c A
250	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,49 ^c A
500	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,28 ^d A
1000	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,18 ^e A

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf kecil (arah vertikal) dan huruf besar (arah horizontal) yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan.

Tabel 2. Rata-Rata Persentase Kerusakan dari Populasi *E. cruss-galli* yang Sensitif dan Tiga Lokasi Diduga Resisten terhadap Herbisida Metamifop

Dosis (g b.a/ha)	Asal Lokasi Gulma			
	Sensitif f (g)	Sidra p (%)	Sensitif f (g)	Pinrang (%)
0	0 ^d A	0 ^d A	0 ^d A	0 ^e A
31,25	65,27 ^c A	61,66 ^c A	46,17 ^c B	5,74 ^d C
62,5	86,73 ^b A	85,97 ^b A	58,52 ^b A	51,23 ^c B
125	100 ^a A	100 ^a A	65,34 ^b B	64,50 ^b B
250	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	67,82 ^b B
500	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	81,53 ^a B
1000	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	87,91 ^a B

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf kecil (arah vertikal) dan huruf besar (arah horizontal) yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan.

Penurunan bobot kering gulma yang terjadi berkaitan dengan kemampuan metamifop dalam menghambat pembentukan enzim ACC-ase yang menyebabkan keracunan

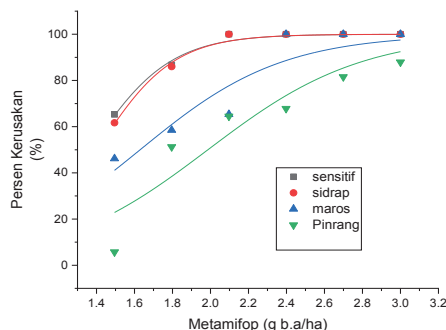
dan kematian gulma (Kukorelli *et al.*, 2013). Pada beberapa kasus gulma resisten, terhambatnya pembentukan Acetyl CoA carboxylase (ACC-ase) yang penting untuk biosintesis asam lemak. Penghambatan produksi asam lemak selanjutnya menghambat pembelahan sel (Xia *et al.*, 2016).

Persentase Kerusakan Gulma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa taraf dosis dan asal populasi gulma berpengaruh nyata terhadap persentase kerusakan *Echinochloa cruss-galli*. Berdasarkan data pada Tabel 2, dosis anjuran metamifop (125 g b.a/ha) yang digunakan dapat mengontrol populasi *Echinochloa cruss-galli* yang sensitif. Faktanya, tingkat persentase kerusakan mencapai 100%. Berbeda halnya dengan populasi *Echinochloa cruss-galli* asal Pinrang, dimana efek dosis herbisida terbatas dengan tingkat rata-rata persentase kerusakan 64,50% pada 1x dosis anjuran metil metsulfuron (125 g b.a/ha) bahkan hanya 87,91% pada 8x dosis anjuran metil metsulfuron (1000 g b.a/ha) dan berbeda nyata dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Tingkat resistensi gulma akan terus meningkat seiring dengan praktek monokultur dan penggunaan herbisida dengan cara kerja yang sama (Gerhards *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan adanya perbedaan frekuensi pemberian herbisida dalam satu musim tanam dan lama penggunaan lahan di setiap lokasi asal gulma. Hal ini yang menyebabkan perbedaan respon gulma terhadap aksi herbisida yang digunakan. Dibandingkan dengan *E. cruss-galli* dari tempat lain, *E. cruss-galli* asal Pinrang memiliki persentase kerusakan paling rendah (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan resistensi akibat intensitas aplikasi herbisida yang lebih tinggi. Menurut hasil wawancara, lahan sawah pada lokasi tersebut menggunakan herbisida sebanyak dua kali setiap musim tanam (padi-padi) dengan penggunaan lahan sudah mencapai lebih dari 10 tahun, sehingga frekuensi aplikasi herbisida pada lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Nilai GR₅₀. Nilai GR₅₀ untuk setiap perlakuan asal populasi dan taraf herbisida dihitung sesuai dengan dosis kurva respon (Gambar 1). Nilai GR₅₀ untuk tingkat kelangsungan hidup dari biotipe sensitif adalah 23,26 g b.a/ha. Adapun, satu dari tiga populasi *Echinochloa cruss-galli* yang diduga resisten, yaitu

asal Pinrang menunjukkan resistensi terhadap herbisida metamifop dengan nilai GR_{50} adalah 96,90 g b.a/ha.



Gambar 1. Kurva Respon Biotipe *E. cruss-galli* Sensitif dan Resisten terhadap Metamifop Menggunakan Model Log Logistik. Garis menunjukkan kurva respons yang diprediksi dari regresi non-linier; simbol mewakili rata-rata persentase kerusakan, didukung kontrol

Nisbah Resistensi. Nilai perbandingan antara GR_{50} *Echinochloa cruss-galli* yang terpapar herbisida dengan GR_{50} *Echinochloa cruss-galli* yang tidak terpapar herbisida (sensitif) dijadikan sebagai landasan untuk mendapatkan nisbah resistensi, di mana nilai nisbah resistensi menjadi acuan dalam menentukan tingkat resistensi dari gulma yang terpapar herbisida (Ahmad-Hamdani *et al.*, 2012). Tingkat resistensi aksesori *Echinochloa cruss-galli* terhadap herbisida metamifop dapat dilihat pada Tabel 3.

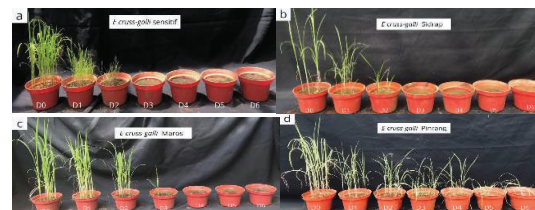
Tabel 3. Nilai GR_{50} dan Tingkat Resistensi untuk Estimasi Efek Metamifop pada Populasi *E. Cruss-galli* yang Berbeda

Asal Gulma	GR_{50} (g b.a/ha)	r^2	R/S	Tingkat resistensi (Ahmad-Hamdani <i>et al.</i> , 2012)
Sensitif	23,26	0,99	1,00	-
Sidrap	25,32	0,99	1,09	Sensitif
Maros	42,62	0,88	1,68	Sensitif
Pinrang	96,90	0,87	4,17	Rendah

Keterangan: GR_{50} diuji menggunakan analisis regresi non-linier model log-logistic (Seefeldt *et al.*, 1995).

Biotipe asal Sidrap dan Maros diketahui sensitif terhadap metamifop dengan R/S 1,09 dan 1,68. Sementara, *Echinochloa cruss-galli* asal Pinrang menunjukkan resistensi rendah terhadap metil metsulfuron (R/S 4,17) artinya 4 kali lebih resisten dibandingkan *Echinochloa*

cruss-galli sensitif. Resistensi rendah tersebut terjadi karena ternyata dari peningkatan dosis masih dapat menyebabkan penurunan rata-rata bobot kering *Echinochloa cruss-galli* asal Pinrang. Populasi *Echinochloa cruss-galli* asal Sulawesi Selatan sejauh ini 33,33% memiliki resistensi rendah ($R/S=2-6$), dan 66,67% sensitif ($R/S < 2$) terhadap herbisida metamifop.



Gambar 2. Pengaruh Taraf Dosis Herbisida Metamifop terhadap *E. cruss-galli* yang Berasal dari Berbagai Lokasi (a) Sensitif (b) Sidrap (c) Maros (d) Pinrang

Perbedaan tingkat resistensi terhadap metamifop dari masing-masing lokasi terlihat secara visual pada Gambar 2. Peneliti lain telah mengidentifikasi populasi *Echinochloa cruss-galli* yang tahan terhadap metamifop. Populasi gulma *Echinochloa cruss-galli* yang berasal dari Taeahn, Korea Selatan, terkonfirmasi resisten terhadap herbisida berbahan aktif metamifop, selain itu kasus resistensi yang terjadi merupakan resisten ganda antara herbisida golongan A/1 (ACC-ase inhibitor) dan B/2 (ALS inhibitor) (Won *et al.*, 2014).

Mekanisme resistensi herbisida secara kasar dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu mekanisme resistensi situs target (TSR) dan mekanisme resistensi situs non-target (NTSR). Mekanisme NTSR mencakup pengurangan serapan dan translokasi herbisida, serta meningkatkan kemampuan atau metabolisme herbisida untuk terurai menjadi senyawa toksik rendah. Di sisi lain, mekanisme TSR mengubah urutan asam amino dan/atau tingkat ekspresi dari enzim target, mengurangi kemampuan herbisida untuk menghambat enzim atau membutuhkan konsentrasi herbisida yang lebih tinggi untuk mencapai penghambatan yang cukup (Gaines *et al.*, 2020). Seperti pada kasus gulma *Leptochloa chinensis* karena adanya mutasi Trp-2027-Cys (Yuan *et al.*, 2021). Studi sebelumnya melaporkan bahwa mutasi Trp-2027-Cys mungkin mempengaruhi sifat lipofilik dari target pengikatan ACCase, sehingga

memberikan resistensi terhadap herbisida penghambat ACCase (Délye *et al.*, 2005).

Kasus gulma resisten ACC-ase disebabkan oleh substitusi asam amino tunggal (TSR) telah banyak dilaporkan di sebagian besar kasus gulma resisten ACC-ase. Hingga saat ini, deteksi mutasi TSR semakin disoroti pentingnya dibandingkan dengan NTSR, meskipun mekanisme TSR dan NTSR dapat terjadi berdampingan pada populasi yang sama (Bai *et al.*, 2019).

Kesimpulan

Gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Pinrang tergolong resisten terhadap metamifop, sedangkan gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Sidrap dan Maros tergolong sensitif. Populasi gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Pinrang tergolong resisten rendah terhadap herbisida metamifop dengan nilai nisbah resistensi 4,17. Sementara, populasi gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Sidrap dan Maros masing-masing tergolong gulma sensitif dengan nisbah resistensi 1,09 dan 1,68. Sebagai pencegahan resistensi dapat menggunakan herbisida dengan bahan aktif lain ataupun mengaplikasikan herbisida campuran untuk menghentikan penyebaran gulma yang lebih luas dan munculnya gulma dengan resistensi yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Ahmad-Hamdani, M.S., M.J. Owen, Q. Yu, and S.B. Powles. 2012. ACCase-inhibiting herbicide-resistant *Avena* spp. populations from the Western Australian grain belt. *Weed Technology*, 26(1): 130–136. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00089.1>
- Bai, S., F. Zhang, Z. Li, H. Wang, Q. Wang, J. Wang, W. Liu, and L. Bai. 2019. Target-site and non-target-site-based resistance to tribenuron-methyl in multiply-resistant *Myosoton aquaticum* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 155: 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.12.004>
- Burgos, N.R. 2015. Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. *Weed Science*, 63(1): 152–165. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>
- Délye, C., X.Q. Zhang, S. Michel, A. Matějček, and S.B. Powles. 2005. Molecular bases for sensitivity to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors in black-grass. *Plant Physiology*, 137(3): 794–806. <https://doi.org/10.1104/pp.104.046144>
- Gaines, T.A., S.O. Duke, S. Morran, C.A.G. Rigon, P.J. Tranel, A. Küpper, and F.E. Dayan. 2020. Mechanisms of evolved herbicide resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 295(30): 10307–10330. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572>
- Gerhards, R., J. Dentler, C. Gutjahr, S. Auburger, and E. Bahrs. 2016. An approach to investigate the costs of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research*, 56(6): 407–414. <https://doi.org/10.1111/wre.12228>
- Heap, I. and S.O. Duke. 2018. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, 74(5): 1040–1049. <https://doi.org/10.1002/ps.4760>
- Kilkoda, A.K., T. Nurmala, dan D. Widayat. 2015. Pengaruh keberadaan gulma (*Ageratum conyzoides* dan *Boreria alata*) terhadap pertumbuhan dan hasil tiga ukuran varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr) pada percobaan pot bertingkat. *Kultivasi*, 14(2): 1–9. <https://doi.org/10.24198/kltv.v14i2.12072>
- Kukorelli, G., P. Reisinger, and G. Pinke. 2013. ACCase inhibitor herbicides - selectivity, weed resistance and fitness cost: A review. *Int. J. Pest Manag.*, 59: 165–173. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2013.821212>
- Seefeldt, S.S., J.E. Jensen, and E.P. Feurst. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology*, 9(2): 218–227. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023253>
- Shaner, D.L. 2014. Lessons learned from the history of herbicide resistance. *Weed Science*, 62(2): 427–431. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00109.1>
- Takano, H.K., R.F.L. Ovejero, G.G. Belchior, G.P.L. Maymone, and F.E. Dayan. 2020. ACCase-inhibiting herbicides: Mechanism of action, resistance evolution and stewardship. *Scientia Agricola*, 78(1). <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0102>
- Vrbničanin, S., D. Pavlović, and D. Božić. 2017. Weed resistance to herbicides. *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*, October. <https://doi.org/10.5772/67979>

- Widayat, D., Y. Sumekar, dan B. M. Yanti. 2018. Efek campuran herbisida Triafamone 100 g/l dengan Tefuryltrione 200 g/l terhadap pertumbuhan gulma utama tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). Prosiding Seminar Nasional XX. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia pp. 84-93.
- Won, O.J., J.J. Lee, M.Y. Eom, S.J. Suh, S.H. Park, K.S. Hwang, J.Y. Pyon, and K.W. Park. 2014. Identification of Herbicide-Resistant Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*) Biotypes in Korea. *Weed and Turfgrass Science*, 3(2): 110-113. <https://doi.org/10.5660/wts.2014.3.2.110>
- Xia, X., W. Tang, S. He, J. Kang, H. Ma, and J. Li. 2016. Mechanism of metamifop inhibition of the carboxyltransferase domain of acetyl-coenzyme A carboxylase in *Echinochloa crus-galli*. *Scientific Reports*, 6(September): 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep34066>
- Yuan, G., Z. Tian, T. Li, Z. Qian, W. Guo, and G. Shen. 2021. Cross-resistance pattern to ACCase-inhibiting herbicides in a rare Trp-2027-Ser mutation chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) population. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(1): 62-69. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000100062>
- Zarwazi, L., A. Muhammad, dan G. Dwi. 2016. Potensi gangguan gulma pada tiga sistem budidaya padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44 (2): 147. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i2.13481>.
- Zhang, Z., T. Gu, B. Zhao, X. Yang, Q. Peng, Y. Li, and L. Bai. 2017. Effects of common *Echinochloa* varieties on grain yield and grain quality of rice. *Field Crops Research*, 203 (March): 163-72. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.003>.

Widyasunu, P. · R. Widarawati

Korelasi hasil padi sawah dengan sulfur tersedia dan sifat kimia tanah sawah

Sari. Pemberian belerang dapat digunakan untuk mengatur sifat kimia tanah sawah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) distribusi unsur hara S tanah di lahan sawah yang digunakan untuk budidaya tanaman padi sawah, (2) sifat kimia tanah meliputi pH H₂O, pH KCl, Potensial redoks dan DHL (Daya Hantar Listrik) pada lahan sawah, (3) hubungan S-tersedia, sifat kimia tanah, dengan hasil tanaman. Penelitian dilaksanakan di lahan sawah di Sub DAS Serayu Hilir Wilayah Kecamatan Maos, Kabupaten Cilacap dengan ketinggian tempat 8 m dpl dan Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman pada Juni hingga September 2021. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei pada tingkat semi detail dengan skala 1: 50.000. Peta satuan lahan (SLH) dibuat dengan cara tumpang susun (*overlay*) peta administrasi, peta kelerengan, peta jenis tanah dan peta penggunaan lahan kecamatan Maos. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit dilokasi penelitian. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-25 cm dan 25-50 cm secara acak (*zigzag*). Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa 3,5% hasil tanaman padi di lahan sawah dipengaruhi oleh S-tersedia tanah, 4,3% oleh pH H₂O tanah, 11,6% oleh DHL, dan 21,2% oleh potensial redoks. Pada kedalaman 0 – 25 cm, pH KCl dan pH H₂O memiliki korelasi signifikan dengan potensial redoks, sementara potensial redoks memiliki korelasi signifikan dengan hasil tanaman. Pada kedalaman 0 – 50 cm, pH KCl dan pH H₂O memiliki korelasi signifikan dengan S-tersedia, sementara pH H₂O dan S-tersedia memiliki korelasi signifikan dengan hasil tanaman.

Kata kunci : Belerang · Maos · Padi sawah · Sifat kimia tanah

Correlation of rice yield with sulfur-availability and chemical properties of lowland paddy soil

Abstract. Sulfur can be used to regulate the chemical properties of paddy soil. This study aims to determine: (1) the distribution of soil sulfur nutrient in lowland paddy fields, (2) soil chemical properties including pH H₂O, pH KCl, redox potential, and electrical conductivity) in lowland paddy fields, (3) relationship between sulfur (S)-available, soil chemical properties, and crop yields. The research was carried out in lowland paddy fields in the Serayu Hilir Sub-watershed, Maos District, Cilacap Regency with an altitude of 8 m asl and the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman University from June to September 2021. This research was conducted using a survey method at the semi-detail level on a scale of 1: 50,000. The land unit map was made by overlaying administrative maps, slope maps, soil type maps and land use maps of the Maos sub-district. Soil sampling was carried out in a composite way at the research location. Soil samples were taken at a depth of 0-25 cm and 25-50 cm randomly (*zigzag*). The result of correlation analysis showed that 3.5% of rice yields in lowland paddy fields were affected by soil S-available, 4.3% by soil pH H₂O, 11.6% by electrical conductivity, and 21.2% by redox potential. At a depth of 0 – 25 cm, pH KCl and pH H₂O had a significant correlation with redox potential, while redox potential had a significant correlation with plant yields. At a depth of 0 – 50 cm, pH KCl and pH H₂O had a significant correlation with S-available, while pH H₂O and S-available had a significant correlation with plant yields.

Keywords: Maos · Lowland paddy · Soil chemical properties · Sulfur

Diterima : 24 November 2022, Disetujui : 21 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.36762c>

Widyasunu, P. · R. Widarawati

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno No. 63, Grendeng, Purwokerto Utara 53122

Korespondensi: purwandaru.dwisunu@gmail.com

Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L.) adalah sumber makanan pokok hampir 90 % manusia dan setiap tahunnya kebutuhan beras terus mengalami peningkatan permintaan yang diakibatkan oleh meningkatnya jumlah penduduk. Beras sebagai makanan pokok diperkirakan menyumbang kalori sebesar 60-80% dan protein 45-55% (Tampoma *et al.*, 2017). Produksi padi di Kabupaten Cilacap pada tahun 2017 sebesar 27.175 ton, luas panen sebesar 4.734 ha dan produktivitas sebesar 57,40 kw/ha, dan pada tahun 2018 produksi padi sebesar 16.939 ton, luas panen sebesar 2.491 ha, dan produktivitasnya sebesar 68 kw/ha (Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap, 2018).

Maos adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Cilacap dengan jarak tempuh sekitar 25 km dari pusat kota. Luas wilayah Kecamatan Maos adalah 2.804,145 ha atau 1,31% dari luas Kabupaten Cilacap. Wilayah Maos 70%-nya merupakan lahan pertanian dengan luas lahan 1.960,434 ha, dan sisanya 843,711 ha atau 25% merupakan pemukiman, tegalan dan lain-lain. Luas areal persawahan tersebut seluruhnya merupakan sawah yang berpengairan atau irigasi teknis. Sistem irigasi teknis di Maos mengambil air dari saluran irigasi yang berasal dari Sungai serayu (Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap, 2015).

Belerang (sulfur) pada tanaman diperlukan untuk sintesis asam amino sistin, sistein, dan metionin, yang selanjutnya membentuk protein (Järvan *et al.*, 2012). Belerang sangat membantu perkembangan pucuk, akar dan anakan. Pemberian belerang dapat digunakan untuk mengatur ketersediaan hara lain dengan menetralkan CaCO_3 dan menurunkan pH tanah (Karo, 2017). Sulfur total yang terangkut oleh tanaman padi berkisar antara 7,8-16,8 kg S/ha. Besarnya tanggap padi terhadap pemberian S bergantung pada beberapa faktor, yaitu (i) ketersediaan S dalam tanah, air irigasi dan hujan, (ii) budidaya tanaman, (iii) sumber S, (iv) takaran, waktu dan metode pemberian, (v) pengelolaan air, dan (vi) musim (Wihardjaka dan Poniman, 2015).

Sifat kimia tanah mempengaruhi produktivitas sawah. Tanaman padi apabila mengalami kekurangan salah satu unsur hara yang dibutuhkannya dapat mengakibatkan terjadinya defisiensi unsur hara serta penghambatan pertumbuhan dan produksi padi. Sifat dan karakteristik tanah perlu dievaluasi,

terutama sifat kimia tanah pada lahan sawah yang membutuhkan kegiatan kajian atau survei pada lahan tersebut (Hutapea *et al.*, 2018; Astuti, 2014).

Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) mengetahui distribusi unsur hara S tanah di lahan sawah yang digunakan untuk budidaya tanaman padi sawah di wilayah sub DAS Serayu Hilir Kecamatan Maos Kabupaten Cilacap, (2) mengetahui sifat kimia tanah meliputi pH H_2O , pH KCl, potensial redoks dan daya hantar listrik (DHL) pada lahan sawah, dan (3) mengetahui hubungan S-tersedia, sifat kimia tanah, dengan hasil tanaman.

Metode Penelitian

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan di lahan sawah di Sub DAS Serayu Hilir Wilayah Kecamatan Maos, Kabupaten Cilacap dengan ketinggian tempat 8 m dpl, dan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Penelitian dilaksanakan mulai dari Januari 2021 hingga Mei 2021.

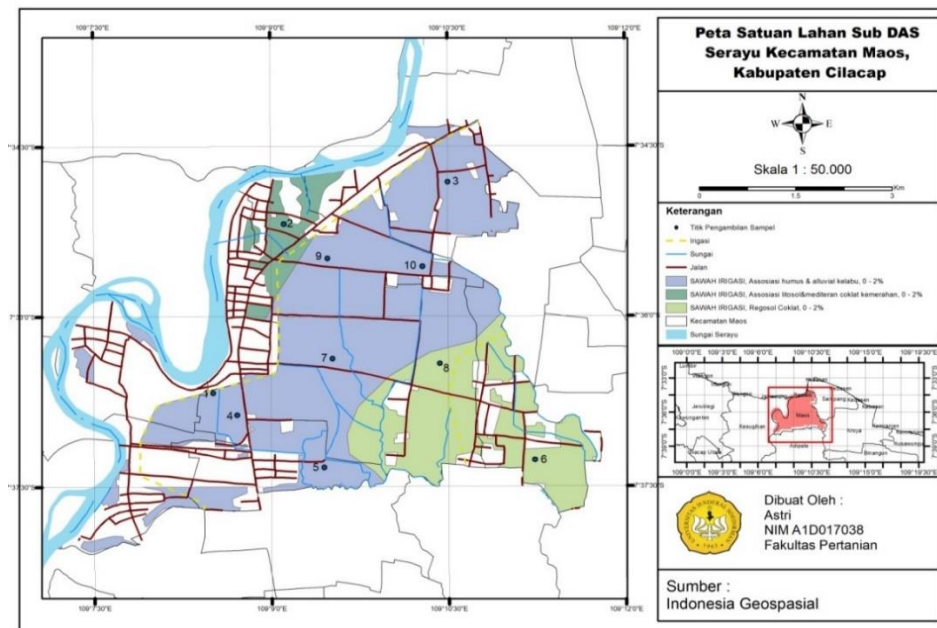
Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Peta Satuan Lahan Homogen (SLH) Kecamatan Maos, Kabupaten Cilacap dengan skala 1:50.000; sampel tanah; dan bahan kimia untuk analisis di Laboratorium, meliputi KCl 1 M, natrium asetat, asam asetat, aquades, BaCl_2 , Tween 80, HCl, dan asam fosfat. Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi pisau lapang; bor tanah; GPS; plastik sampel; spidol; kamera; meteran; ember; alat tulis; kertas label; laptop; printer; *software ArcGIS 10.8*; serta seperangkat alat-alat laboratorium untuk analisis tanah, meliputi *spektrofotometer*, saringan tanah 0,5 mm dan 2 mm, erlenmeyer, buret, pipet tetes, gelas beker, pH meter, ORP meter, *Electro Conductivity* (EC) meter, corong, kertas saring, gelas plastik, gelas kaca, mortar, gelas ukur, shaker, timbangan analitik, botol film, dan tabung reaksi.

Metode Pengambilan Sampel Tanah. Metode pengambilan sampel dilakukan dengan penetapan titik sampel diawali dengan pembuatan peta SLH yang dibuat dengan cara menggabungkan peta (*overlay*) dari Peta Administrasi Kecamatan Maos Kabupaten Cilacap, Peta Jenis Tanah, Peta Kelerengan dan Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Maos sehingga menghasilkan peta Satuan Lahan Homogen (Islam *et al.*, 2011). Penentuan titik

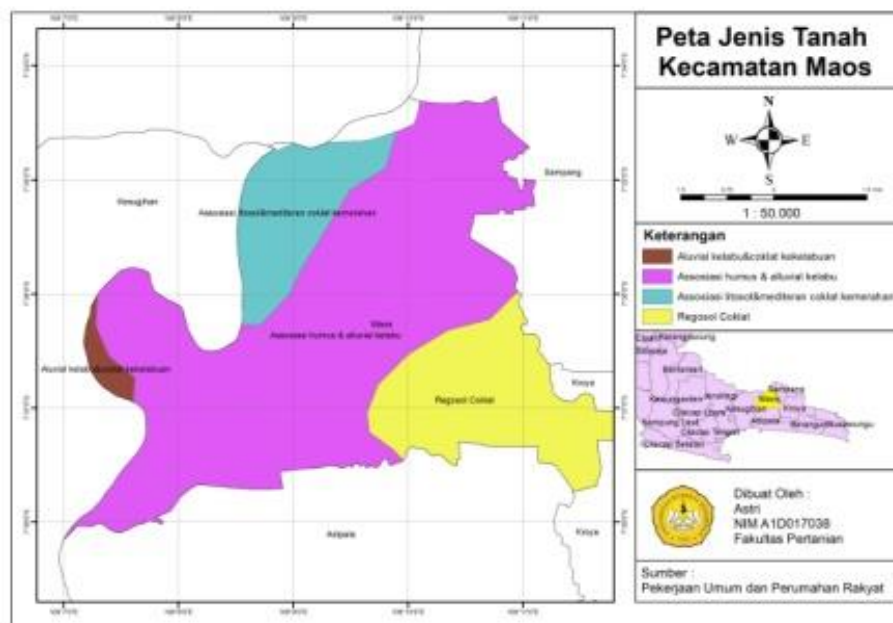
sampel didasarkan atas wilayah kawasan budidaya tanaman padi di lahan sawah dengan sistem transek yang dibuat tegak lurus aliran sungai Serayu.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0-25 cm dan 25-50 cm secara komposit di setiap lokasi pengamatan. Pengambilan sampel tanah dengan menggunakan bor tanah secara acak (*zigzag*). Sampel yang telah diambil

kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip dan diberi label berdasarkan kedalaman masing-masing. Sampel tanah kemudian dikompositkan per kedalaman dan diambil sebanyak 0,5 kg untuk dikeringanginkan kemudian ditumbuk menggunakan mortar, kemudian diayak sampai lolos saringan 0,5 mm dan 2 mm. Titik sampel dipilih 10 lokasi titik sampel mewakili satuan lahan sawah Kecamatan Maos (1.960,43 ha).



Gambar 1. Peta Satuan Lahan Homogen dan Titik Sampel



Gambar 2. Peta Jenis Tanah Kec. Maos

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Umum Lokasi Penelitian. Kecamatan Maos memiliki luas wilayah sebesar 28,05 km² (1,17 %) dengan ketinggian wilayah 8 mdpl. Luas lahan sawah berdasarkan penggunaan adalah 4.764,58 ha terdiri dari 1.960,43 ha digunakan sebagai lahan sawah dan 2.804,15 ha lahan bukan sawah.

Jenis tanah di daerah penelitian terdapat 3 jenis tanah. Peta Satuan Lahan (SLH) menghasilkan tiga (3) SLH dengan tiga jenis tanah (Gambar 1 dan 2). SLH 1 memiliki jenis tanah mediteran coklat kemerahan, SLH 2 memiliki jenis tanah aluvial kelabu dan SLH 3 memiliki jenis tanah regosol coklat. Tanah mediteran coklat kemerahan merupakan tanah yang dapat disejajarkan dalam ordo Vertisol (*Chromustert*) dan merupakan jenis tanah kapur yang terjadi dari hasil proses pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen. Warna tanah mediteran kemerahan sampai coklat dan memiliki sifat kurang subur. Tanah ini mengandung Ca yang kadarnya lebih dari 10 % (Nebangka *et al.*, 2020).

Menurut Hardjowigeno (2003), tanah aluvial kelabu bersifat fisik keras jika kering dan lekat jika basah dan jumlah bahan organik berubah-ubah bergantung kedalaman tanah. Menurut Prasetyo *et al.* (2018), tanah regosol merupakan tanah yang tergolong jenis tanah Entisol, dimana pada tanah yang tua sudah mulai terbentuk horizon Al lemah berwarna kelabu, mengandung bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan. Tekstur tanah biasanya kasar, struktur kersai atau lemah, konsentrasi lepas sampai gembur dan pH 6-7.

Berdasarkan peta kemiringan lereng, lokasi penelitian termasuk dalam bentuk relief datar sampai curam dengan kemiringan 0-2% dan 15-40%. Lahan dengan kemiringan lereng yang curam (30-45%) memiliki pengaruh gaya berat (*gravity*) yang lebih besar dibandingkan lahan dengan kemiringan lereng agak curam (15-30%) dan landai (8-15%). Hal ini disebabkan gaya berat semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal. Gaya berat ini merupakan persyaratan mutlak terjadinya proses pengikisan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Wiradisastira, 1999).

Sifat Kimia Tanah. Sifat kimia tanah merupakan reaksi kimia yang berlangsung antar penyusun tanah serta antar penyusun tanah dan

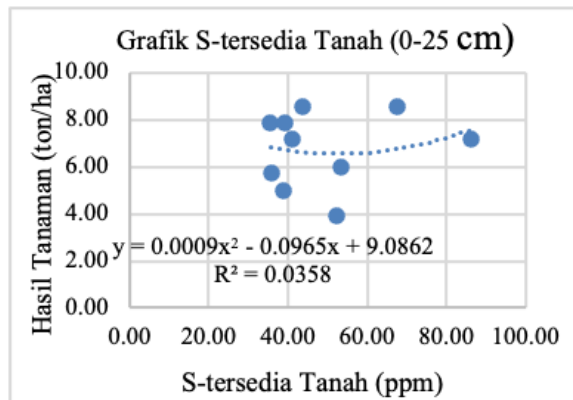
bahan yang ditambahkan dalam bentuk pupuk ataupun pembenah tanah lainnya (Hardiyanti *et al.*, 2021). Nilai pH H₂O tertinggi yaitu dengan nilai 7,35 terdapat pada sampel 5 kedalaman 25-50 cm dengan pH bersifat netral, sedangkan nilai pH H₂O terendah yaitu pada sampel 1 kedalaman 0-25 cm dengan pH 6,6 bersifat netral. Nilai pH KCl tertinggi yaitu dengan nilai 6,48 terdapat pada sampel 1 dengan kedalaman 25-50 cm dan bersifat agak masam, sedangkan nilai pH KCl terendah yaitu pada sampel 9 kedalaman 25-50 cm dengan pH 4,16 bersifat agak masam. Tanah yang diekstrak dengan KCl 1 N memiliki pH lebih rendah dibandingkan pH tanah yang diekstrak dengan H₂O.

Menurut Mulyadi *et al.* (2020), hal tersebut dikarenakan konsentrasi ion H yang diekstrak dengan menggunakan H₂O adalah konsentrasi ion H⁺ yang hanya berada dalam larutan tanah atau merupakan kemasaman aktual. Adapun konsentrasi ion H⁺ yang diekstrak dengan menggunakan KCl adalah yang berada dalam larutan tanah dan kompleks pertukaran kation tanah, sehingga kemasaman potensial.

Sebaran S-tersedia tidak merata; sebaran S adalah belereng asal pupuk maupun dekomposisi organik. Pada sebaran S tinggi tidak menyebabkan hasil padi tinggi, pada sebaran S tersedia menengah hasil padi tinggi (> 5.0 t/ha). Nilai S-tersedia tertinggi terdapat pada titik sampel 9 kedalaman 25-50 cm sebesar 138,09 ppm. Nilai terendah terdapat pada sampel 10 kedalaman 25-50 cm sebesar 32,32 ppm. Rata kandungan S-tersedia tanah pada kedalaman 0-25 cm sebesar 49,41 ppm termasuk kedalam harkat sedang sementara pada kedalaman 25-50 cm sebesar 59,95 ppm termasuk ke dalam harkat sedang. Berdasarkan kriteria, kandungan sulfur (belerang) di Kecamatan Maos dikategorikan dalam S-tersedia sedang. Hal ini menunjukkan bahwa unsur hara sulfur di Kecamatan Maos tersedia, walaupun hanya bersifat sedang, sehingga baik untuk pertumbuhan dan produksinya tanaman.

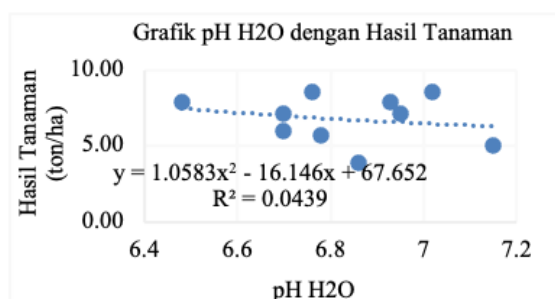
Menurut Muhakka *et al.* (2011), sumber S bagi tanaman berasal dari pelapukan mineral tanah, gas belerang atmosfer dan dekomposisi bahan organik. Tanaman yang kahat S pertumbuhan dan produksinya akan menurun. Kekahatan belerang, tidak hanya menurunkan produksi tanaman tapi juga kualitas tanaman. Belerang apabila dalam keadaan kurang akan berpengaruh terhadap kualitas produksi hasil.

Hubungan S-tersedia, Sifat Kimia Tanah, dengan Hasil Tanaman. Hubungan S-tersedia tanah dengan hasil tanaman yang dihasilkan yaitu $y = 0,0009x^2 - 0,096x + 9,086$ dengan $R^2 = 0,035$ (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa 3,5% hasil tanaman padi di lahan sawah dipengaruhi oleh S-tersedia di dalam tanah.



Gambar 2. Grafik Hubungan S-tersedia Tanah dengan Hasil Tanaman

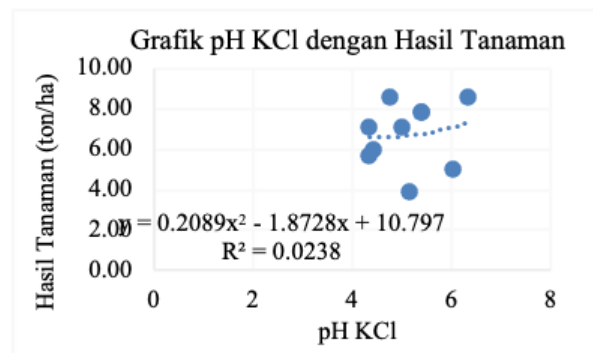
Hasil analisis regresi hubungan pH H₂O tanah pada kedalaman 0-25 cm dengan hasil tanaman yaitu $y = 1,058x^2 - 16,14x + 67,65$ dengan $R^2 = 0,043$ (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa 4,3% hasil tanaman padi di lahan sawah dipengaruhi oleh pH H₂O tanah. Sedangkan pada hasil analisis regresi hubungan pH KCl tanah dengan hasil tanaman yaitu $y = 0,208x^2 - 1,872x + 10,79$ dengan $R^2 = 0,023$ (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa 2,3% hasil tanaman padi di lahan sawah dipengaruhi juga oleh pH KCl di dalam tanah. Hal ini menunjukkan bahwa tanah Kecamatan Maos menunjukkan pH tanah yang semakin tinggi memberikan penurunan hasil terhadap tanaman, meskipun dalam persentase yang kecil.



Gambar 4. Grafik Hubungan pH H₂O Tanah dengan Hasil Tanaman

Nilai pH tanah dalam kondisi netral mampu melepaskan ikatan logam Al dan Fe terhadap unsur P. Hal ini sesuai dengan penelitian Novriani (2010) yang menyatakan Al-P dan Fe-P akan terlepas setelah penambahan kapur yang menghasilkan ion OH⁻. Ion tersebut akan membentuk ikatan Al(OH)₃ dan Fe(OH)₃. Pada ikatan tersebut, logam dalam keadaan tidak membahayakan tanaman sehingga P akan dibebaskan dan bisa diserap tanaman.

Korelasi Antar Variabel. Hasil analisis korelasi sifat kimia, S-tersedia dan hasil tanaman pada kedalaman 0 - 25 cm, bahwa potensial redoks memiliki korelasi yang signifikan dengan pH KCl dan pH H₂O dengan nilai r berturut-turut yaitu $r = -0.692$ dan -0.643 (Tabel 1). Artinya terjadi penurunan potensial redoks (Eh) akibat perubahan pH pada tanah.



Gambar 5. Grafik Hubungan pH KCl Tanah dengan Hasil Tanaman

Tanah sawah terutama yang tergenang (lumpur dan genangan air), umumnya memiliki pH di atas netral. Fillery and Vlek (1986) dan Vlek *et al.* (1995) menyatakan bahwa pH genangan air sawah di atas netral bahkan bisa mencapai 8,5 bila siang hari karena *equilibria* dari CO₂ menjadi karbonat (CO₃²⁻). Tanah dilumpurkan juga meningkatkan pH lumpur dan menurunkan potensial redoks.

Hasil tanaman memiliki korelasi dengan potensial redoks sebesar $r = -0.249$ yang artinya potensial redoks cenderung menurunkan hasil tanaman padi. Hal tersebut menunjukkan bahwa genangan dan lumpur menyebabkan fenomena banyak elektron yang dapat diterima oleh akseptor elektron, sehingga nilai redoksnya menurun dan bernilai negatif. Semakin banyak elektron yang dapat diterima oleh akseptor elektron, maka nilai redoks akan semakin rendah dan bernilai negatif (Suhastyo *et al.*, 2013).

Tabel 1. Korelasi S-tersedia, sifat kimia tanah dengan hasil tanaman padi pada kedalaman 0-25 cm lahan sawah di kecamatan Maos, Cilacap

	pH KCl	pH H ₂ O	DHL (μ s/cm)	Potensial Redoks (mV)	S-Tersedia (ppm)	Hasil Tanaman
pH KCl		0.591	-0.082	-0.692*	-0.489	0.144
pH H ₂ O			0.001	-0.643*	-0.269	-0.208
DHL (μ s/cm)				-0.224	0.339	0.287
Potensial Redoks (mV)					0.433	-0.249*
S-Tersedia (ppm)						0.128
Hasil Tanaman						

Keterangan : * Korelasi signifikan pada tingkat 0.05

** Korelasi signifikan pada tingkat 0.01

Tabel 2. Korelasi S-tersedia, sifat kimia tanah dengan hasil tanaman padi pada kedalaman 25-50 cm lahan sawah di kecamatan Maos, Cilacap

	pH KCl	pH H ₂ O	DHL (μ s/cm)	Potensial Redoks (mV)	S-Tersedia (ppm)	Hasil Tanaman
pH KCl		0.762*	0.272	-0.357	-0.900**	-0.174
pH H ₂ O			-0.054	-0.360	-0.729*	-0.483*
DHL (μ s/cm)				-0.633*	-0.137	0.428
Potensial Redoks (mV)					0.058	-0.134
S-Tersedia (ppm)						0.114**
Hasil Tanaman						

Keterangan : * Korelasi signifikan pada tingkat 0.05

** Korelasi signifikan pada tingkat 0.01

Analisis korelasi sifat kimia, S-tersedia, dan hasil tanaman pada kedalaman 25-50 cm ada pada Tabel 2, bahwa pH H₂O memiliki korelasi yang signifikan dengan pH KCl dengan nilai $r = 0.762$, yang artinya pH H₂O memiliki korelasi yang signifikan dan berpengaruh nyata terhadap pH KCl. Kenaikan pH H₂O akan diikuti dengan peningkatan yang signifikan terhadap pH KCl, sehingga potensial redoks memiliki nilai korelasi positif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH KCl lebih rendah dibandingkan dengan pH H₂O. Menurut Rukmi *et al.* (2017), pH KCl (pH potensial) pada masing-masing lokasi lebih rendah daripada pH aktual, menunjukkan bahwa ion K⁺ pada KCl mampu mendesak H⁺ yang berada dalam jerapan tanah sehingga H⁺ keluar dan menambah ion H⁺ tanah. Dengan demikian, pH tanah semakin rendah.

Hasil tanaman juga memiliki korelasi yang sangat signifikan dengan S-tersedia dengan nilai $r = 0.114$, yang artinya S-tersedia memiliki korelasi yang sangat signifikan dan berpengaruh sangat nyata terhadap hasil tanaman. Sulfur berperan

penting dalam sintesis protein dan vitamin dalam tanaman. Sulfur juga merupakan komponen asam amino esensial yang berasosiasi dengan nitrogen dalam metabolisme, sehingga sulfur meningkatkan hasil dan kualitas tanaman (Aisyah *et al.*, 2015).

Kesimpulan

Kesimpulan

1. Distribusi unsur hara S tanah di lahan sawah yang digunakan untuk budidaya tanaman padi berkisar antara harkat rendah sampai tinggi dengan rata-rata sebesar 49,41 ppm pada kedalaman tanah 0-25 cm dan 54,95 ppm pada kedalaman tanah 25-50 cm. Rerata keseluruhan S-tersedia tanah di lokasi penelitian di Kecamatan Maos Kabupaten Cilacap dikategorikan kedalam harkat sedang.
2. Sifat kimia lahan sawah di Kecamatan Maos Kabupaten Cilacap memiliki pH H₂O

- berkisar 6,6-7,35 dengan sifat netral, pH KCl berkisar antara 4,16-6,48 dengan harkat agak masam sampai masam, daya hantar listrik berkisar antara 102-350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada kedalaman tanah 0-25 cm dan 102-289 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada kedalaman tanah 25-50 cm dan masing-masing daya hantar listrik di lokasi penelitian berharkat sangat rendah, potensial redoks berkisar 234-379 mV pada kedalaman 0-25 cm dan 250-374 mV pada kedalaman 25-50 cm dan termasuk pada kelas tereduksi rendah.
3. Pada kedalaman 0 – 25 cm, pH KCl dan pH H_2O memiliki korelasi signifikan dengan potensial redoks, sementara potensial redoks memiliki korelasi signifikan dengan hasil tanaman. Pada kedalaman 0 – 50 cm, pH KCl dan pH H_2O memiliki korelasi signifikan dengan S-tersedia, sementara pH H_2O dan S-tersedia memiliki korelasi signifikan dengan hasil tanaman.
-
- ### Daftar Pustaka
- Aisyah, A., I.W. Suastika, dan R. Suntari. 2015. Pengaruh aplikasi beberapa pupuk sulfur terhadap residu, serapan, serta produksi tanaman jagung di Mollisol Jonggol, Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(1): 93-101.
- Astuti, A.D. 2014. Kualitas air irigasi ditinjau dari parameter DHL, TDS, pH, pada lahan sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso. *Jurnal Litbang*, 10(1): 35-42.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap. 2015. Luas Wilayah Kecamatan Maos. Badan Pusat Statistik. Cilacap.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap. 2018. Luas panen, produksi dan produktivitas padi menurut provinsi tahun 2016-2018. Badan Pusat Statistik. Cilacap.
- Fillery, I.R.P. and P.L.G. Vlek. 1986. Reappraisal of the significance of NH_3 volatilization as a N loss mechanism in flooded rice fields. *Fertilizer Research*, 9: 79 - 98.
- Hardiyanti, Y.S. Patadungan, dan R. Zainuddin. 2021. Analisis sifat kimia tanah pada kawasan yang terkena dampak likuifaksi di Desa Jono Oge Lembah Palu. *Jurnal Agrotekbis*, 9(1): 59-68.
- Hardjawigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademi Pressindo. Jakarta. Hal. 286.
- Hutapea, Y.C., A. Rauf, dan Mukhlis. 2018. Kajian sifat kimia tanah sawah di Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 6(4): 771-778.
- Islam, M.M., L. Cockx, E. Meerschman, P.D. Smedt, F. Meeuws, and M.V. Meirvenne. 2011. A floating sensing system to evaluate soil and crop variability within flooded paddy rice fields. *Precision Agriculture*, 12(6): 850- 859.
- Järvan, M., L. Edesi, and A. Adamson. 2012. Effect of sulphur fertilization on grain yield and yield components of winter wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 62(5): 401-409
- Karo, B.B. 2017. Pengaruh pemberian pupuk fosfat dan sulfur terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kentang (*Solanum tuberosum*) varietas Granola dalam polibag. *Jurnal Agroteknosains*, 1(2): 111-116.
- Muhakka, H. Muchlison, A. Indra, M. Ali, dan G. Muslim. 2011. Respon pertumbuhan rumput rawa (*Ischaemum rugosum*) dengan pemberian sulfur di lahan kering. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. Universitas Sriwijaya, Palembang, Desember 2011.
- Mulyadi, T., M. Nurcholis, dan Partoyo. 2020. Beberapa sifat kimia tanah sawah atas penggunaan pupuk organik dengan kurun waktu berbeda di Sayegan, Sleman. *Jurnal Tanah dan Air*, 17(2): 74-91.
- Nebangka, M., B.R.A. Sumayku, dan J. Pongoh. 2020. Potensi pengembangan pisang abaka (*Musa textilis* Nee) di pulau karakelang. *Jurnal Cocos*, 1(1): 1-11.
- Novriani. 2010. Alternatif pengelolaan unsur hara P (Fosfor) pada budidaya jagung. *Jurnal Agronobis*, 2(3): 42-49.
- Prasetyo, U.B., S.M. Rohmiyati, dan P.B. Hastuti. 2018. Pengaruh dosis pupuk organik (senyawa humat) terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada jenis tanah yang berbeda. *Jurnal Agromast*, 3(1): 1-10.
- Rukmi, A.A. Bratawinata, R. Pitopang, dan P. Matius. 2017. Sifat fisik dan kimia tanah pada berbagai ketinggian tempat di habitat eboni (*diospyros celebica* bakh.) DAS Sausu Sulawesi Tengah. *Jurnal Warta Rimba*, 5(1): 28-36.
- Suhastyo, A.A., I. Anas, D.A. Santosa, dan Y. Lestari. 2013. Studi mikrobiologi dan sifat kimia mikroorganisme lokal (MOL) yang digunakan pada budidaya padi metode SRI (System of Rice Intensification). *Sainteks Volume*, 10(2): 29-39.

- Tampoma, W.P., T. Nurmala, dan M. Rachmadi. 2017. Eksplorasi dan karakterisasi tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) kultivar lokal di Kabupaten Poso. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(2): 88-92.
- Vlek, P.L.G., M.Y. Diakite., and H. Moeller. 1995. The role of *Azolla* in curbing ammonia volatilization from flooded rice system. *Fertilizer Research*, 42: 165 - 174
- Wihardjaka, A. dan Poniman. 2015. Kontribusi hara sulfur terhadap produktivitas padi dan emisi gas rumah kaca di lahan sawah. *Iptek Tanaman Pangan*, 10(1): 9-17.
- Wiradisastra. 1999. *Geomorfologi dan Analisis Lanskap*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Anjarsari, I.R.D · E. Suminar · Murgayanti

Studi pendahuluan regenerasi eksplan teh sebagai upaya percepatan penyediaan bibit unggul secara *in vitro*

Sari. Pembiakan generatif tanaman teh yang dilakukan dengan biji, sementara secara vegetatif dengan setek tunas yang mempunyai kelemahan, antara lain jumlah bibit yang dihasilkan terbatas, perlu waktu lama untuk menyeleksi pohon induk, dan bibit yang dihasilkan kurang optimal dalam penyerapan air dan unsur hara karena perakarannya dangkal sehingga kurang toleran terhadap kekeringan. Kultur jaringan menjadi salah satu alternatif dalam perbanyakan teh memperoleh klon teh unggul, seperti klon Seri Gambung 1-11, dalam jumlah banyak dan sifatnya yang seragam. Penelitian pendahuluan ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD, mulai bulan Juni hingga Desember 2021. Penelitian terdiri dari dua tahap, yaitu (i) metode deskriptif untuk menginduksi eksplan organ teh (pucuk + ruas batang serta daun), dan (ii) metode eksperimen dengan menguji eksplan yang ditumbuhkan pada berbagai media. Metode percobaan yang digunakan untuk penelitian ke-2 adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 kombinasi perlakuan Benzyl Amino Purine (BAP) (0 dan 0,5 ppm) dan 2,4-D (0,05; 0,1; dan 0,2 ppm). Hasil pengamatan pendahuluan menunjukkan masih banyak eksplan yang mengalami kematian, namun beberapa eksplan potongan daun menunjukkan respon yang baik dengan mampu membentuk kalus berwarna hijau. Kombinasi 0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D memberikan pengaruh lebih baik terhadap bobot kalus, sedangkan kombinasi 0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4D memberikan pengaruh baik terhadap diameter kalus.

Kata kunci : Eksplan teh · *In vitro* · Klon unggul

Preliminary study of tea explant regeneration as an effort to accelerate the supply of superior seeds by *in vitro*

Abstract. Generative propagation of tea plants is done by seed, while the vegetative method is by shoot cuttings which have weaknesses, including the limited number of seedlings produced, it takes a long time to select the mother tree, and the resulting seedlings are not optimal in absorbing water and nutrients because their roots are shallow making it less tolerant of drought. Tissue culture is an alternative in tea propagation to obtain superior tea clones, such as the Gambung Series 1-11 clones, in large quantities and with uniform characteristics. This preliminary research was carried out at the Tissue Culture Laboratory of the Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, UNPAD, from June to December 2021. The research consisted of two stages, namely (i) a descriptive method to induce tea organ explants (shoots + stem segments and leaves), and (ii) an experimental method by testing explants grown on various media. The experimental method used for the second study was a completely randomized design (CRD) with 6 treatment combinations of Benzyl Amino Purine (BAP) (0 and 0.5 ppm) and 2.4 D (0.05; 0.1; and 0.2 ppm). Preliminary observations showed that there were still many death explants observed, however, some explants in form of cut leaves showed a good response by being able to form green callus. The combination of 0.5 ppm BAP + 0.05 ppm 2.4 D had a better effect on callus weight, while the combination 0.5 ppm BAP + 0.2 ppm 2.4D had a good effect on callus diameter.

Keywords: *In vitro* · Tea explants · Superior clones

Diterima : 15 November 2022, Disetujui : 21 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.36607>

Anjarsari, I.R.D. · E. Suminar · Murgayanti
Jurusan Budidaya Pertanian Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jl. Raya Bandung
Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363
Korespondensi: intan.ratna@unpad.ac.id

Pendahuluan

Teh (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai ekonomis dan strategis dalam pembangunan agribisnis perkebunan di Indonesia, karena merupakan sumber devisa negara dan pendapatan rakyat serta penyedia lapangan kerja bagi masyarakat. Namun selama kurun waktu 10 tahun terakhir (2009-2018) telah terjadi laju penurunan produksi daun kering per tahunnya sebesar 1,15%, yang kemungkinan disebabkan diantaranya karena kondisi pertanaman teh di Indonesia (Zikria, 2017). Begitupun dengan produktivitas perkebunan teh rakyat hanya sebesar 1,4 ton/ha, lebih kecil jika dibandingkan dengan perkebunan milik negara (1,8 ton/ha) maupun swasta (1,52 ton/ha), sehingga produktivitas teh secara nasional (1,59 ton/ha) pun masih dibawah potensi produksinya (diatas 3 ton/ha). Oleh karena itu, salah satu upaya Direktorat Jenderal Perkebunan untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman perkebunan diawali dengan penggunaan benih unggul.

Penggunaan bahan tanaman teh monoklonal dalam satu kebun memiliki risiko besar jika terjadi ledakan hama atau penyakit dan perubahan lingkungan yang sulit diprediksikan. Untuk mengurangi kerugian yang akan muncul, diperlukan klon-klon teh sinensis baru yang potensial agar dapat menambah keragaman genetik sehingga pertanaman memiliki penyangga individu (*individual buffering*) dan penyangga populasi (*population buffering*) (Sriyadi, 2012). Secara konvensional, tanaman teh dapat diperbanyak secara generatif maupun vegetatif. Pembiakan generatif dilakukan dengan biji, namun pembiakan dengan cara ini sering menghasilkan tanaman yang berbeda dengan induknya. Pembiakan secara vegetatif dapat dilakukan dengan setek tunas. Namun, cara perbanyakan ini juga mempunyai kelemahan, antara lain jumlah bibit yang dihasilkan terbatas, perlu waktu lama untuk menyeleksi pohon induk, dan bibit yang dihasilkan kurang toleran terhadap kekeringan karena perakarannya dangkal sehingga penyerapan air dan unsur hara kurang optimal. Metode kultur in vitro, khususnya teknik biak sel, berpotensi untuk mengatasi masalah tersebut.

Budidaya jaringan teh menjadi salah satu alternatif dalam perbanyakan teh yang dapat

digunakan sebagai pijakan untuk memperoleh klon teh unggul dalam jumlah banyak dan sifatnya yang seragam. Dengan berkembangnya bioteknologi tanaman, khususnya teknologi kultur in vitro, teknik perbanyakan tanaman makin luas dan dapat dilakukan dalam waktu lebih singkat. Teknik kultur in vitro merupakan dasar pengetahuan yang mendorong berkembangnya teknik kultur sel, jaringan dan organ tanaman secara in vitro dalam kondisi aseptik dan steril dalam laboratorium. Teknik ini merupakan terobosan dalam program penyediaan bibit tanaman dapat ditingkatkan baik kuantitas maupun kualitasnya (Sriyadi, 2015).

Pada perbanyakan tanaman secara in vitro, eksplan kotiledon membutuhkan waktu yang lama hingga tanaman menghasilkan biji yang akan digunakan sebagai eksplan dalam perbanyakan tanaman. Induksi kalus juga membutuhkan waktu sekitar enam bulan sejak penanaman kotiledon hingga pembentukan kalus. Penelitian tentang perbanyakan tanaman teh melalui kultur jaringan menggunakan eksplan bagian tanaman muda pada tanaman teh yang ditanam di lapangan dapat dilakukan untuk mendapatkan metode perbanyakan tanaman yang lebih cepat (Widhianata dan Taryono, 2019). Keberhasilan budidaya jaringan teh dipengaruhi oleh faktor endogen dan eksogen. Pemilihan sumber dan jenis eksplan serta media tanam dan ZPT yang tepat, dan juga penanganan terhadap kontaminan, diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan dalam memperbanyak teh melalui budidaya jaringan (Eskundari, 2020).

Dasar-dasar pembentukan kultur in vitro adalah jenis, asal, dan ketersediaan eksplan sepanjang tahun. Umumnya, ujung pucuk dan segmen nodal dengan tunas ketiak dorman baik yang berasal dari remaja atau dewasa dari pertumbuhan tahun ini biasanya digunakan sebagai eksplan untuk tanaman teh (Singh *et al.*, 2019). Komposisi medium yang paling sesuai harus dioptimalkan untuk mendapatkan produk yang lebih tinggi serta laju pertumbuhan yang lebih tinggi. Mikropropagasi umumnya melibatkan empat tahap berbeda: inisiasi kultur, perbanyakan tunas, perakaran tunas tumbuh in vitro, dan aklimatisasi (Widhianata dan Taryono, 2019).

Klon unggul teh seri Gambung (GMB1 - 11) adalah klon unggul teh dari varietas Assamica yang memiliki karakter diantaranya: daun atau

pucuk besar dan lebar, permukaan daun bergelombang sangat jelas dan terdapat lapisan lilin, tulang daun antara 8-13 pasang, percabangan tanaman baik, persentase pucuk peko tinggi, bentuk batang silinder, warna batang coklat keabu-abuan, warna daun antara hijau agak tua, hijau terang, hijau kekuningan, hijau agak muda, hijau sedikit gelap, dan perakaran baik sekali. Klon ini memiliki potensi produksi tinggi 4.021 kg – 5800 kg teh kering/ ha/tahun, kandungan antioksidan (katekin) sangat tinggi 13,9% - 17,1% dari berat kering, tahan OPT utama pada tanaman teh terutama penyakit cacar daun teh (blister blight) (Sriyadi, 2012). Klon-klon ini berpotensi dikembangkan melalui kultur in vitro berdasarkan sifat-sifat unggulnya.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD, mulai bulan Januari hingga Juni 2022. Bahan yang digunakan adalah eksplan teh berasal dari pucuk teh klon GMB 7, bahan sterilisasi berupa fungisida, bakterisida, NaHOCl 2%, HgCl 0.01%. Alat yang digunakan antara lain *laminar air flow cabinet*, *petridish*, pinset, *scalpel*, *blade*.

Penelitian tahap ke-1 merupakan percobaan awal melalui metode deskriptif untuk menginduksi eksplan organ teh dengan menggunakan media MS + 1 mg L⁻¹ BAP + 0.05 mg L⁻¹ yang biasa digunakan untuk induksi kalus pada eksplan anggrek (Suminar *et al.* 2010). Percobaan yang dilakukan terdiri dari 2 set, yaitu: set I menanam eksplan pucuk dan ruas batang, sedangkan percobaan set II menggunakan eksplan potongan daun. Kultur menggunakan 25 botol, masing-masing botol ditanam 2 eksplan sehingga eksplan potongan daun yang digunakan berjumlah 50 potongan. Proses penanaman eksplan pucuk dan ruas batang melalui proses tahapan sterilisasi sebagai berikut: merendam dengan larutan deterjen selama 5 menit, fungisida dan bakterisida selama 15 menit, perendaman NaHOCl 2% selama 20 menit, perendaman dengan NaHOCl 1% selama 10 menit, selanjutnya diberikan larutan HgCl 0,01% dengan mencelupkan eksplan ke dalam larutan tersebut. Eksplan

ditanam dalam media MS + 1 mg L⁻¹ BAP + 0,05 mg L⁻¹ 2,4-D. Pengamatan penelitian tahap ke-1 dilakukan secara visual terhadap pertumbuhan eksplan pucuk dan ruas batang tanaman teh, pertumbuhan eksplan potongan daun, dan pertumbuhan kalus.

Penelitian tahap ke-2 adalah metode eksperimen dengan menguji eksplan yang ditumbuhkan pada berbagai media untuk mendapatkan media yang tepat guna menunjang eksplan daun tumbuh menjadi kalus. Eksplan daun disiapkan melalui tahapan sterilisasi sebagai berikut: merendam dengan larutan deterjen selama 5 menit, fungisida dan bakterisida selama 15 menit, perendaman NaHOCl 2% selama 20 menit, perendaman dengan NaHOCl 1% selama 10 menit, selanjutnya diberikan larutan HgCl 0,01% dengan mencelupkan eksplan ke dalam larutan tersebut. Eksplan daun tanaman teh ditanam dalam media MS ditambah ZPT BAP dan 2,4-D sesuai perlakuan.

Metode percobaan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang 4 kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan.

Adapun perlakuan disusun sebagai berikut:

- A : 0 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D
- B : 0 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D
- C : 0 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D
- D : 0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D
- E : 0,5 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D
- F : 0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D

Pengamatan penelitian tahap ke-2 dilakukan terhadap bobot kalus, diameter kalus, dan warna kalus. Bobot kalus (g) dihitung dengan cara destruksi pada akhir percobaan, yaitu 12 minggu setelah tanam (MST). Destruksi dilakukan dengan hati-hati dan kalus dibersihkan dari sisa media yang menempel untuk selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik. Diameter kalus (mm) diamati pada akhir pengamatan, yaitu pada 12 MST. Diameter kalus dihitung dengan mengukur diameter terpanjang kalus menggunakan milimeter blok. Pengamatan warna dan tekstur kalus pada percobaan ini dilakukan pada 4 MST. Warna kalus diamati dengan menggunakan *color chart* dari *The Royal Horticultural Society*.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Eksplan Organ Teh

Pertumbuhan Eksplan Pucuk dan Ruas Batang Tanaman Teh. Hasil pengamatan pada 4 minggu setelah tanam menunjukkan beberapa eksplan mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan, hal ini diduga adanya senyawa fenol yang menyebabkan kematian eksplan, media kultur berupa MS, Sitokinin BAP dan 2,4-D.

Adanya senyawa fenol yang keluar dari potongan jaringan menyebabkan pencoklatan dan eksplan gagal beregenerasi dan pada umumnya muncul lalu terakumulasi saat ada pelukaan pada eksplan yang diinisiasi oleh aktivitas enzim polyphenol oksidase. Menurut Ru *et al.* (2013), browning dipicu oleh ketidakseimbangan metabolisme dari *Reactive Oxygen Species*, yang menyebabkan enzim peroksidase bekerja pada membran lipid sehingga integritas dari membran sel hilang lalu mendorong akumulasi yang berlebihan dari senyawa fenolik. Adanya perubahan permeabilitas dari membran sel menyebabkan pelepasan enzim dan substrat pada sitosol sehingga menginisiasi terjadinya pigmentasi atau pencoklatan (Mellidou *et al.*, 2014) Solusi untuk meminimalisasi *browning* pada kalus adalah dengan menambahkan senyawa antifenol berupa polivinyl pirolidon ke dalam media perlakuan untuk penanaman eksplan organ berupa pucuk dan ruas batang serta harus segera dilakukan subkultur agar tidak terjadi pencoklatan yang dapat menyebabkan kematian.

Pertumbuhan Eksplan Potongan Daun.

Hasil pengamatan menunjukkan masih banyak potongan daun yang mengalami kematian. Hal ini dapat dilihat dengan terjadinya perubahan warna eksplan menjadi coklat dan menyebabkan kematian eksplan. Namun beberapa eksplan potongan daun menunjukkan respon yang baik mampu membentuk kalus berwarna hijau pada 3 MST, diduga bersifat embrionik memiliki kemampuan untuk tumbuh (Gambar 1).

Menurut Nurwahyuni *et al.* (2020), eksplan daun yang lebih produktif dalam induksi kalus dan multiplikasi tunas terbentuk karena daun memiliki tulang daun. Pada kondisi demikian, eksplan yang berasal dari potongan daun memiliki luka potongan pada berkas

pengangkut (xylem dan floem) cukup banyak. Dengan demikian kalus akan terus terbentuk sehingga luka yang ada tertutup.



Gambar 1. Pertumbuhan eksplan potongan daun dalam media MS + 0.5 mg L⁻¹ BAP + 0.05 mg L⁻¹ 2,4-D

Salah satu media tanam yang paling banyak digunakan untuk budidaya jaringan adalah media MS. Media ini juga dilaporkan cocok untuk budidaya jaringan teh. Media MS cocok untuk budidaya jaringan melalui embriogenesis somatik teh klon Yabukita dan secara spesifik menggunakan pengenceran ½ terhadap media tanam tersebut untuk semua tahap perkembangan eksplan (Tahardi *et al.*, 2016)

Beberapa ZPT yang digunakan untuk budidaya jaringan meliputi auksin, sitokinin, dan asam giberelin (GA3). Ardiyani *et al.* (2020) melaporkan keberhasilan dalam induksi embriogenesis somatik menggunakan sitokinin berupa Benzyl Amino Purine (BAP). Konsentrasi BAP sebesar 2 mg.L⁻¹ memberikan hasil tertinggi dalam induksi embriogenesis somatik yaitu sekitar 57 %, disusul dengan konsentrasi sebesar 1 mg.L⁻¹ dan tanpa penambahan BAP, masing-masing memberikan hasil sebesar sekitar 40 dan 30 %. Eskundari (2020) melaporkan bahwa penggunaan BAP dengan konsentrasi sebesar 2 mg.L⁻¹ berhasil menginduksi organogenesis eksplan *embryonic axis* teh klon TRI2025 dengan persentase 100%, baik menggunakan media MS, ½ MS, 1/3 MS, ¼ MS, ataupun 1/8 MS. Zat Pengatur Tumbuh yang dapat menggantikan hormone auksin salah satunya adalah senyawa 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), merupakan herbisida daun lebar sistemik pasca kemunculan yang digunakan untuk kontrol selektif tanaman berdaun lebar dan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman (auxin) yang kuat pada konsentrasi rendah (Truta *et al.*, 2011).

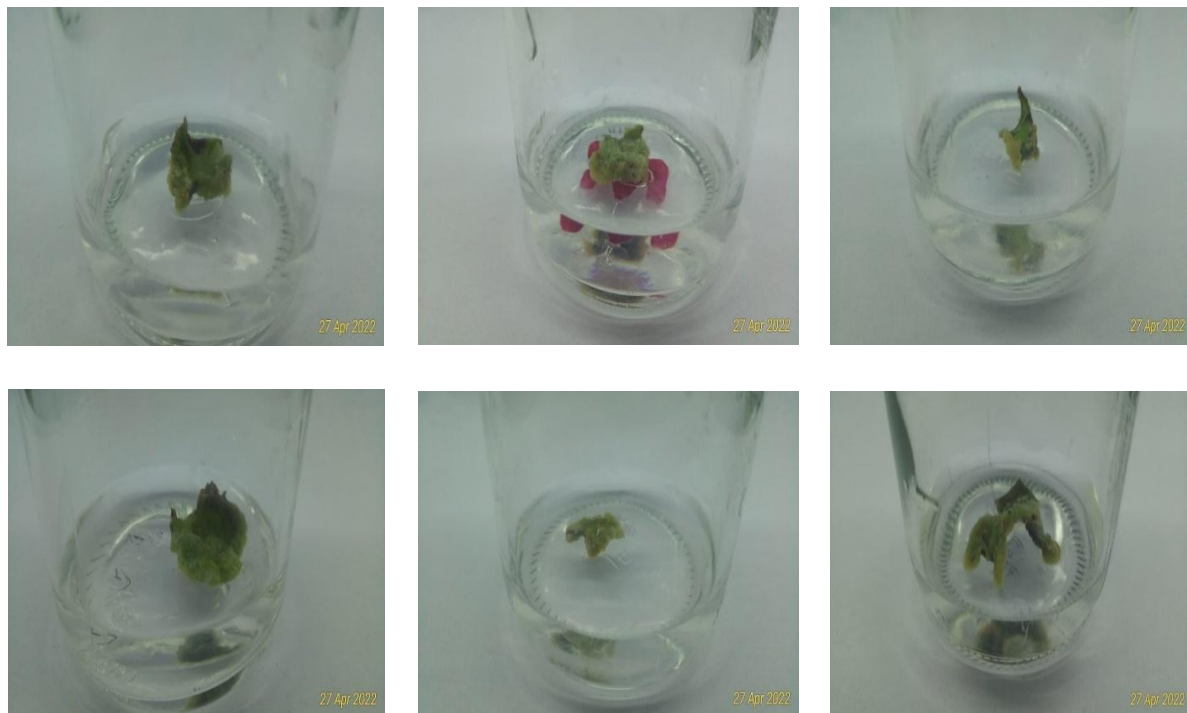
Keseimbangan ZPT endogen dan eksogen, kondisi fisiologis eksplan, dan kemampuan

eksplan menyerap hara dan komposisi media tanam mempengaruhi pertumbuhan eksplan. Dalam perkembangan eksplan ini, sitokinin mendorong pembelahan sel dalam biakan jaringan dengan cara meningkatkan peralihan dalam daur sel, yaitu dari G₂ (masa sesudah replikasi DNA, sel bersiap untuk membelah) ke fase mitosis (pembelahan sel), hal itu dapat terjadi karena sitokinin meningkatkan laju sintesis protein (Takahashi *and* Umeda, 2014).

Pertumbuhan Kalus. Hasil pengamatan pertumbuhan kalus pada minggu ke-1 hingga minggu ke-3 menunjukkan bahwa pertumbuhan kalus cukup baik ditandai dengan warna kalus berwarna hijau umumnya namun ada beberapa yang terkontaminasi (Gambar 2). Kalus merupakan sekumpulan masa sel yang belum terorganisasi (amorphous) yang terjadi dari sel-sel jaringan yang membelah diri secara terus menerus. Kalus dapat terbentuk pada bekas-bekas luka irisan karena sebagian sel pada permukaan irisan tersebut akan mengalami proliferasi (Bano *et al.*, 2022) yang terbentuk secara *in vitro*. Terdapat beberapa tipe-tipe kalus menurut (Budisantoso *et al.*, 2017), yaitu: kalus embriogenik, kalus proliferaatif, dan kalus senesen.

Induksi kalus diawali dengan penebalan eksplan pada bagian potongan dan di daerah yang mengalami pelukaan. Penebalan tersebut

merupakan interaksi antara eksplan dengan media tumbuh, zat pengatur tumbuh, dan lingkungan tumbuh sehingga eksplan bertambah besar (Yelnitis, 2012). Pada perlakuan 2,4-D dengan konsentrasi yang lebih rendah, eksplan hanya memperlihatkan penebalan dan tidak berkembang menjadi kalus walaupun dikulturkan dalam jangka waktu yang lama. Menurut Ogunyale (2014) konsentrasi zat pengatur tumbuh yang berbeda memberikan respon yang berbeda terhadap induksi kalus. Senyawa 2,4-D yang diberikan pada media merupakan jenis auksin yang berperan dalam merangsang perbesaran dan pembelahan sel untuk membentuk kalus. Selanjutnya, Dwipayana *et al.* (2016) menyatakan bahwa munculnya pembengkakan pada eksplan diakibatkan adanya pengaruh pemberian 2,4-D yang menginisiasi pembelahan dan perbanyakan sel akibat penyerapan air, nutrisi dan zat pengatur tumbuh dari media. Perbesaran sel disebabkan oleh meningkatnya daya plastisitas dinding sel dan terbentuknya enzim selulase yang dapat melarutkan selulosa pada dinding sel, sehingga menyebabkan membran dinding sel lebih mudah dilalui oleh oksigen, air, dan garam mineral untuk proses pertumbuhan dan perbesaran sel (Fauziyyah *et al.*, 2012).



Gambar 2. Urutan model kalus teh

Pengujian Media Tumbuh Eksplan

Bobot Kalus. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian BAP dan 2,4-D dapat meningkatkan bobot kalus (Tabel 1). Pemberian 0,5 ppm BAP dengan 0,05 ppm 2,4-D memberikan pengaruh nyata terhadap bobot kalus namun tidak berbeda nyata dengan 0,5 ppm BAP dengan 0,1 ppm 2,4-D serta 0,5 ppm BAP dengan 0,2 ppm 2,4-D. Keberhasilan induksi kalus pada beberapa perlakuan di atas mengindikasikan bahwa kombinasi BAP dan 2,4-D pada konsentrasi tersebut mampu mendorong terjadinya pembelahan dan pembentangan sel sehingga mampu menginduksi kalus. Sesuai dengan Ikeuchi *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa dalam pembentukan kalus, auksin berperan dalam pembentangan sel, sementara sitokinin berperan dalam pembelahan sel. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian BAP dan 2,4-D berpengaruh positif terhadap bobot kalus.

Tabel 1. Pengaruh pemberian BAP dan 2,4-D terhadap bobot kalus

Perlakuan	Bobot Kalus (g)
A 0 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	0,25 a
B 0 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	0,53 bc
C 0 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	0,33 ab
D 0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	0,61 c
E 0,5 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	0,69 c
F 0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	0,79 c

Media yang sesuai untuk pertumbuhan kalus yang umum digunakan untuk tanaman budidaya adalah media MS (Murashige & Skoog) dengan tambahan zat pengatur tumbuh. Zat pengatur tumbuh sintetis perlu ditambahkan karena zat pengatur tumbuh yang terbentuk secara alami seringkali tidak mencukupi pertumbuhan jaringan eksplan (Handayani *et al.*, 2022). Zat pengatur tumbuh yang umum digunakan untuk induksi kalus adalah auksin dan sitokinin.

Pemberian auksin sangat efektif untuk menginduksi pembentukan kalus. Kadar auksin yang lebih tinggi dari sitokinin memacu pembentukan akar, sementara kadar auksin

yang lebih rendah dibanding sitokinin memacu pembentukan tunas, dan bila kadar keduanya yang seimbang akan mengarahkan eksplan pada pembentukan kalus. Kecepatan pembentukan kalus ditentukan oleh daya kerja dari zat pengatur tumbuh yang diberikan dan fitohormon yang terdapat pada eksplan. Indah dan Ermavitalini (2013) menyatakan bahwa penambahan zat pengatur tumbuh eksogen akan mengubah gradien fitohormon dalam sel-sel eksplan. Menurut Purwitasari *et al.* (2012), penambahan 2,4-D dalam media akan mendorong pembelahan dan pembesaran sel pada eksplan yang kemudian akan memicu pembentukan dan pertumbuhan kalus. Zat pengatur tumbuh 2,4-D merupakan jenis auksin sintetis yang efektif mendorong pembelahan sel-sel yang telah mengalami diferensiasi untuk kembali menjadi terdiferensiasi.

Diameter kalus. Kalus yang tumbuh dengan baik ditandai adanya pertumbuhan diameter, setiap milimeter pertumbuhan kalus menjadikan jumlah sel-sel meningkat sebagai materi genetik yang terus tumbuh dan berkembang, yang selanjutnya memiliki potensi untuk beregenerasi menjadi tunas (Latief *et al.*, 2018). Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa perlakuan E (0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4 D) menunjukkan diameter kalus lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan D (0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4 D) dan perlakuan E (0,5 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4 D). Secara umum, perlakuan 0,5 ppm BAP dan 0,05 - 0,2 ppm 2,4 D berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter kalus. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian ZPT secara eksogen dapat menunjukkan efek positif pada pertumbuhan vegetatif kalus. Zat pengatur tumbuh 2,4 D memiliki efek fisiologis terhadap pertumbuhan kalus yang secara positif mempengaruhi sel, pembesaran, pembentukan tunas dan inisiasi akar. Pemberian BAP dan 2,4 D dalam konsentrasi yang rendah mampu meningkatkan diameter kalus. Pemberian ZPT eksogen ini menginisiasi produksi hormon lain, dan dalam hubungannya dengan sitokinin (BAP) mengontrol pertumbuhan batang, serta diameter dan pertumbuhan akar (Ogunyale *et al.*, 2014).

Tabel 2. Pengaruh pemberian BAP dan 2,4-D terhadap diameter kalus

	Perlakuan	Rata-rata
A	0 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	1,50 a
B	0 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	1,78 ab
C	0 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	1,63 a
D	0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	2,30 bc
E	0,5 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	1,90 abc
F	0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	2,25 c

Warna Kalus. Warna dan tekstur kalus merupakan salah satu indikator dalam menentukan kalus tersebut masuk kategori kalus embrionik atau non-embrionik. Indikator pertumbuhan eksplan pada budidaya in vitro berupa warna kalus menggambarkan penampilan visual kalus sehingga dapat diketahui apakah suatu kalus masih memiliki sel-sel yang aktif membelah atau telah mati. Jaringan kalus yang dihasilkan dari suatu eksplan biasanya memunculkan warna yang berbeda-beda. Kualitas kalus yang baik memiliki warna yang hijau. Menurut Rasud and Bustaman (2020), warna kalus mengindikasikan keberadaan klorofil dalam jaringan. Semakin hijau warna kalus maka semakin banyak pula kandungan klorofilnya. Warna terang atau putih dapat mengindikasikan bahwa kondisi kalus masih cukup baik.

Tabel 3. Pengaruh pemberian BAP dan 2,4-D terhadap warna kalus

Perlakuan	I	II	Ulangan
0 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	GG 143 C	GG 143 B	GG 143 B
0 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	GG 143 C	GG 143 B	GG 143 B
0 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	GG 143 A	GG 143 B	GG 143 B
0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D	GG 141 D	GG 143 B	GG 143 B
0,5 ppm BAP + 0,1 ppm 2,4-D	YGC 144 B	YGC 144 A	YGC 144 A
0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4-D	GG 143 A	GG 143 C	GG 143 C

Keterangan : G.G. = *green group*; Y.G.G. = *yellow green group*; Y.G.C. = *yellow green* ;

Warna kalus pada 4 MST masih pada kelas *yellow green group* (YGG) (Tabel 3), hal ini dikarenakan kalus pada 4 MST masih diinkubasi pada ruangan tanpa cahaya, sehingga menyebabkan belum terbentuknya klorofil pada kalus. Padaminggu ke-5 dan ke-6

kalus kemudian diinkubasi dalam ruangan dengan cahaya sehingga kalus yang awalnya berwarna *yellow green group* menjadi lebih hijau. Penambahan 2,4-D pada media mempengaruhi peningkatan konsentrasi auksin endogen pada eksplan yang berhubungan dengan potensial air dalam sel (Ariati, 2012). Pengaruh penambahan auksin dari luar dan kandungan hormon auksin endogen pada eksplan yang diproduksi secara internal juga sangat besar pengaruhnya dalam pembentukan kalus tersebut (Lizawati, 2012). Untuk kalus yang teksturnya kompak, diduga disebabkan penurunan aktivitas (Fadhilah *et al.*, 2015) atau meningkatnya penyerapan air oleh medium dari dalam sel akibat adanya perbedaan konsentrasi larutan antara ZPT dengan hormon endogen eksplan (Robbiani *et al.*, 2010), Hubungan antara media dasar MS, jenis eksplan, dan zat pengatur tumbuh 2,4-D, jenis gula dan konsentrasi gula juga mempengaruhi tekstur dan warna kalus. Zat pengatur tumbuh 2,4-D berkontribusi terhadap pembentukan warna hijau. Keberhasilan pembentukan warna hijau merupakan awal dari regenerasi tanaman, dimana regenerasi diinisiasi oleh pembentukan akar yang diikuti oleh pembentukan spot hijau. Keberhasilan regenerasi dipengaruhi oleh kombinasi jenis auksin dalam media regenerasi. Interaksi zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin dalam tanaman akan mempengaruhi diferensiasi sel dan morfogenesis sel tanaman (Artadana *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Eksplan organ tanaman teh berupa pucuk dan ruas batang masih mengalami pencoklatan dan gagal regenerasi, sedangkan eksplan daun berhasil membentuk kalus pada media yang diduga bersifat embrionik. Kombinasi 0,5 ppm BAP + 0,05 ppm 2,4-D memberikan pengaruh lebih baik terhadap bobot kalus, sedangkan kombinasi 0,5 ppm BAP + 0,2 ppm 2,4D memberikan pengaruh baik terhadap diameter dan warna kalus.

Daftar Pustaka

Ardiyani, F., E.S.W. Utami, H. Purnobasuki, and S.A. Paramita. 2020. Development and

- regeneration of somatic embryos from leaves-derived Calli of *Coffea Liberica*. *Biodiversitas*, 21(12): 5829-5834. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211246>
- Ariati. 2012. Pengaruh Perimbangan Konsentrasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Tiga Varietas Anggrek Pada Media Greener Melalui Teknik Kultur Jaringan. [Skripsi]. Universitas Jember.
- Artadana, I.B.M., G.B.F. Suhono, P.H. Hardjo, M. Purwanto, Y.B. Wang, and K. Supaibulwatana. 2017. Plant regeneration induced from mature embryo-derived callus of Balinese red rice (*Oryza sativa* Cv. Barak Cenana). *Bali Medical Journal*, 6(3): 12. <https://doi.org/10.15562/bmj.v6i3.710>
- Bano, A.S., A.M. Khattak, A. Basit, M. Alam, S.T. Shah, N. Ahmad, S.A.Q. Gilani, I. Ullah, S. Anwar, and H.I. Mohamed. 2022. Callus induction, proliferation, enhanced secondary metabolites production and anti-oxidants activity of *Salvia moorcroftiana* L. as influenced by combinations of auxin, cytokinin and melatonin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65: 1-16. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210200>
- Budisantoso, I., N. Amalia, and K. Kamsinah. 2017. In vitro callus induction from leaf explants of *Vanda* sp stimulated by 2,4-D. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 9(3): 492. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i3.11018>
- Dwipayana, G., H. Yuswanti, dan I. Mayun. 2016. Induksi kalus stroberi (*Fragaria* Spp.) melalui aplikasi asam 2,4-Diklorofenoksiasetat secara in vitro. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 5(3): 310-321.
- Eskundari, R.D. 2020. Budidaya jaringan tanaman teh di Indonesia. *BIOMA: Jurnal Biologi Makasar*, 5(1): 121-130.
- Fadhilah, N., Z.A. Noli, dan S. Suwirman. 2015. Induksi kalus *Artemisia vulgaris* L. dengan pemberian beberapa konsentrasi 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). *Jurnal Biologi Unand*, 4(4): 216. <https://doi.org/10.25077/jbioua.4.4.216-222.2015>
- Fauziyyah, D., T. Hardiyati, dan Kamsinah. 2012. Upaya memacu pembentukan kalus eksplan embrio kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan pemberian kombinasi 2,4-D dan sukrosa secara kultur in vitro. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 12(1): 30-37.
- Handayani, E., M.B. Irsyadi, R.L.M.N. Alawiyah, and I. Aris. 2022. Effect of explants sterilization and plant growth regulators on embryo culture of kepel (*Stelechocarpus burahol*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 985(1): 0-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012016>
- Ikeuchi, M., K. Sugimoto, and A. Iwase. Plant callus: mechanisms of induction and repression. *Plant Cell*, 25(9): 3159-3173. doi: 10.1105/tpc.113.116053.
- Indah, P.N. dan D. Ermavitalini. 2013. Induksi kalus daun nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) pada beberapa kombinasi konsentrasi 6-Benzylaminopurine (BAP) dan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1): 1-6.
- Latief, M.F., P. Karti, dan I. Prihantoro. 2018. Daya tumbuh kalus lamtoro varietas Tarramba hasil iradiasi sinar Gamma 40 Gray yang toleran asam pada media 2,4-D. *Buletin Makanan Ternak*, 16(1): 36-46. <https://doi.org/https://journal.ipb.ac.id/index.php/bulmater/issue/view/issue/1985/85>
- Lizawati. 2012. Induksi kalus embriogenik dari eksplan tunas apikal tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan penggunaan 2,4 D dan TDZ. *Bioplantae*, 1(2): 75-87. <https://online-journal.unja.ac.id/bioplante/article/view/1808>
- Mellidou, I., K. Buts, D. Hatoum, Q.T. Ho, J.W. Johnston, C.B. Watkins, R.J. Schaffer, N.E. Gapper, J.J. Giovannoni, D.R. Rudell, M.L.A.T.M. Hertog, and B.M. Nicolai. 2014. Transcriptomic events associated with internal browning of apple during postharvest storage. *BMC Plant Biology*, 14(1): 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0328-x>
- Nurwahyuni, I., M. Situmorang, and R. Sinaga. 2020. Plant regeneration through callus cultures from leaf explant of Sumatra Benzoin (*Styrax benzoin*). *International Journal of Forestry Research*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8860178>
- Ogunyale, O.G., O.O. Fawibe, A.A. Ajiboye, and D.A. Agboola. 2014. A review of plant growth substances: Their forms, structures, synthesis and functions. *Journal of*

- Advanced Laboratory Research in Biology, 5(4): 152-168.
- Purwitasari, A.T., M. Amin, B. Setya, dan U. Airlangga. 2012. Pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh (asam-2,4- diklorofenoksiasetat) terhadap pertumbuhan. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1(2): 61-70.
- Rasud, Y. and B. Bustaman. 2020. In Vitro Callus Induction from Clove (*Syzygium aromaticum* L.) Leaves on Medium Containing Various Auxin Concentrations. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 67-72. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.67>
- Robbiani, D., N. Tutik, dan N. Jadid. 2010. Pengaruh Kombinasi Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan Kinetin pada Kultur In Vitro Eksplan Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L. var. Prancak 95). 1-13.
- Ru, Z., Y. Lai, C. Xu, and L. Li. 2013. Polyphenol Oxidase (PPO) in early stage of browning of phalaenopsis leaf explants. *Journal of Agricultural Science*, 5(9): 57-64. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n9p57>
- Singh, A.K., G.K. Rai, S. Bagati, and S. Kumar. 2019. Tissue cultures. *Monographs on Atherosclerosis*, 1(July): 1-143. <https://doi.org/10.1201/b21441-193>
- Sriyadi, B. 2012. Seleksi klon teh assamica unggul berpotensi hasil dan kadar katekin tinggi. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 15(1): 1-10.
- Sriyadi, B. 2015. Penilaian hubungan genetik klon teh berdasarkan komponen senyawa kimia Utama Dan Potensi Hasil. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 18(1): 1-10.
- Tahardi, J.S., T. Raisawati, I. Riyadi, dan W.A. Dodd. 2016. Embriogenesis somatik langsung dan regenerasi tanaman teh melalui perendaman sesaat. *E-Journal Menara Perkebunan*, 68(1). <https://doi.org/10.22302/ppbbi.jur.mp.v68i1.133>
- Takahashi, N. and M. Umeda. 2014. Cytokinins promote onset of endoreplication by controlling cell cycle machinery. *Plant Signaling and Behavior*, 9(8): 11-13. <https://doi.org/10.4161/psb.29396>
- Truta, E., M. Zamfirache, M., C. Rosu, Z. Olteanu, C. Mihai, and D. Ghergel. 2011. Cytogenetic effects induced by 2,4-D and kinetin in radish and common bean root meristems. *Rom Agric Res.*, 28: 207-215.
- Widhianata, H. and Taryono. 2019. Organogenesis responses of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) var. assamica and sinensis. *AIP Conference Proceedings*, 2099(April). <https://doi.org/10.1063/1.5098431>
- Yelnititis. 2012. Pembentukan kalus remah dari eksplan daun ramin (*Gonystylus bancanus* (Miq) Kurz.). *Jurnal Pemuliaan Tanaman*, 6(3): 181-194.
- Zikria, R. 2017. Outlook Teh 2017: Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Jakarta.

ALAMAT REDAKSI :

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

