



Vol : XXI; Nomor 1; Juli 2026

AGRICULTURE

P-ISSN: 1412-4262

E-ISSN: 2620-7389

Fakultas Pertanian
Program Studi Agroteknologi
Universitas Muhammadiyah Bengkulu





JURNAL AGRICULTURE

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN DAN PETERNAKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU**

DESKRIPSI

Jurnal Agriculture, merupakan Jurnal Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, diterbitkan sebagai media publikasi hasil penelitian dan kajian pertanian diseluruh bidang pertanian.

DEWAN REDAKSI

**Chief Editor
Fiana Podesta**

Editor

- 1). Jafrizal
- 2). Karlin Agustina
- 3). Dwi Fitriani

Section Editors:

Dian Hidayattullah, S.Pt., M.Ling

Mitra Bestari :

1. Kiky Nurfitri sari
2. Alnopri alnopri,
3. Fahrurrozi fahrurrozi,
4. Maryati maryati,
5. Soni isnaini,
6. Karlin Agustina,

Alamat Penerbit

Jalan Bali, Kelurahan Kampung. Bali, Kecamatan. Teluk Segara,
Kota Bengkulu, Bengkulu 38119

DAFTAR ISI

Pematahan Dormansi Benih Sengon Buto (*Enterolobium cyclocarpum*) Menggunakan Asam Klorida (HCl)

Eka Suzanna, Farida Aryani, Yukiman Armadi, Neti Kesumawati1-11

Dinamika dan Adaptasi Gulma pada Sistem Budidaya Kedelai Jenuh Air di Lahan Rawa: Kajian Literatur

Edi Susilo, Wismalinda Rita, Hesti Pujiwati.....12-32

Penerapan Pupuk Organik Cair Urine Kambing Dan Limbah Buah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Semangka

Natasya Ramadhana, Elrisa Ramadhani, Maya Sari33-47

Pengaruh Konsentrasi Dan Frekuensi Aplikasi Pupuk Bionanofertilizer pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) Varietas Detap-1

Lenny Dwi Sekar Arum, Palupi Puspitorini, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Agung Setya Wibowo.....48-62

Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Dengan Pemberian Pupuk AB Mix Dan Pupuk Organik Cair Secara Hidroponik

Tedy Martadela, Evriani Mareza, Umami Kalsum63-71

Pengaruh Pemberian Jenis Zpt Alami Dan Konsentrasi Pada Selada Merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*)

Habiburrahman, Fiana Podesta, Dwi Fitriani, Usman, Isnin Kurnia Safitri, Zeti Druvada.....72-83

Pengaruh Jarak Tanam Dan Dosis Pupuk Anorganik Terhadap Produksi Terong Ungu

Dora Nurshanti, Etha Widya Pramesti Aldha, Yulhasmir84-94

Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa L.*) Dalam Kultur Hara Pada Berbagai Konsentrasi Larutan AB Mix dan Kalium

Fifi Mutia, Ruli Joko Purwanto, Karlin Agustina95-105

PEMATAHAN DORMANSI BENIH SENGON BUTO (*Enterolobium cyclocarpum*) MENGGUNAKAN ASAM KLOORIDA (HCl)
(*Breaking The Dormancy of Sengon Buto Seeds (Enterolobium cyclocarpum) Using Hydrochloric acid (HCl)*)

Eka Suzanna^{1*}, Farida Aryani¹, Yukiman Armadi², Neti Kesumawati²

¹Program Study Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

²Program Study Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan,
Universitas Muhammadiyah Bengkulu

*Corresponding author : ekasuzanna01@gmail.com

ABSTRACT

Sengon Buto Seeds (*Enterolobium cyclocarpum*) have hard and thick seeds making it difficult to germinate. Efforts to break sengon buto seed dormancy can be done by using hard acids, one of them is hydrochloric acid (HCl), which can soften the hard surface of the seed coat. This study aims to obtain the concentration and the soaking time of hydrochloric acid in accelerating the breaking of dormancy of sengon buto seeds. The design used in this study was a completely randomized design (CRD) factorial pattern with 3 replications. The first factor studied was the concentration of hydrochloric acid (HCl) (K) consisting of 3 levels, namely: K1 = 1% (1 ml/l water), K2 = 2% (2 ml/l water) and K3 = 3% (3 ml/l water). The second factor is soaking time (L) consisting of 3 levels, namely: L1 = 6 hours, L2 = 12 hours and L3 = 18 hours. The parameters studied were germination capacity, germination speed, germination uniformity, vigor index and seedling dry weight. The results showed that the concentration of hydrochloric acid (HCl) had a very significant effect on the germination capacity and the germination uniformity of sengon buto seeds, had a significant effect on the germination speed and seedling dry weight. However, it did not have a significant effect on vigor index. The hydrochloric acid concentration of 3% (3 ml/l water) could break the seed dormancy and increase the germination. The soaking time did significantly affect the germination capacity and the germination uniformity. However, it did not have a significant effect on germination speed, vigor index, and seedling dry weight of sengon buto seeds. The best soaking time for sengon buto seeds is 12 hours to break their dormancy. There was interaction between HCl concentration and soaking time on germination uniformity variables. Treatment with hydrochloric acid concentrations of 3% (3 ml/l water) and 12-hour soaking time gave a maximum germination uniformity of 44%.

Key words: dormancy, hydrochloric acid, seed

ABSTRAK

Benih Sengon buto (*Enterolobium cyclocarpum*) memiliki struktur kulit yang keras dan tebal, sehingga sulit untuk berkecambah. Upaya mematahkan dormansi benih sengon buto dapat dilakukan dengan asam kuat asam klorida (HCl) yang dapat melunakkan permukaan kulit biji yang keras. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi

dan lama perendaman asam klorida untuk mempercepat pematangan dormansi benih sengon buto. Rancangan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama yaitu konsentrasi asam klorida (HCl) (K), terdiri dari 3 taraf yaitu: K1 = 1% (1 ml/l air), K2 = 2% (2 ml/l air) dan K3 = 3% (3 ml/l air). Faktor kedua yaitu lama perendaman (L), terdiri dari 3 taraf yaitu: L1 = 6 Jam, L2 = 12 Jam dan L3 = 18 Jam. Tolok ukur yang diteliti yaitu Daya berkecambah, Kecepatan tumbuh, Keserempakan tumbuh, Indeks vigor dan Berat kering kecambah normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi asam klorida (HCl) berpengaruh sangat nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh benih, berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh dan berat kering kecambah normal. Namun berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor benih. Konsentrasi HCl 3% (3 ml/l air) mampu mematahkan dormansi benih dan meningkatkan perkecambahan benih sengon buto. Lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh. Namun berpengaruh tidak nyata terhadap kecepatan tumbuh, indeks vigor dan berat kering kecambah normal benih sengon buto. Lama perendaman benih sengon buto yang terbaik adalah 12 jam untuk mematahkan dormansi. Terdapat interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman asam klorida terhadap keserempakan tumbuh benih sengon buto. Perlakuan konsentrasi HCl 3% dengan lama perendaman 12 jam memberikan keserempakan tumbuh maksimum 44%.

Kata kunci : asam klorida, benih, dormansi,

PENDAHULUAN

Sengon Buto (*Enterolobium cyclocarpum*) adalah jenis tanaman pionir yang dapat membantu konservasi tanah dan air. Sengon buto dapat hidup di tanah yang berpasir dan kering, memiliki perakaran yang dalam dan tajuk yang lebar. Pohon sengon mulai dari daun, batang dan akar mempunyai banyak manfaat (Marthen dkk, 2018), memiliki serat kayu yang lurus dan halus, menjadikannya material primadona untuk berbagai industri, untuk bahan baku mebel, konstruksi ringan, pembuatan etanol, hingga industri pulp dan kertas, limbah biji sengon buto dimanfaatkan menjadi tepung (Minantyo dkk., 2021; Rahayu dkk., 2023). Produksi kayu sengon pada tahun 2022 sebanyak 128.477 m³, sangat menurun dibandingkan tahun-tahun sebelumnya (BPS, 2023). Sengon buto adalah jenis sengon yang paling banyak

ditanam, tumbuh jauh lebih cepat dibandingkan dengan jenis sengon lainnya. Terdapat empat jenis kayu sengon di Indonesia yaitu sengon laut, sengon buto, sengon tekek dan sengon salomon. Kayu Sengon pada umumnya ditebang pada umur 5 - 7 tahun (Azhari, 2014).

Kualitas bibit yang baik dalam waktu yang singkat dan jumlah banyak dibutuhkan untuk mendukung budidaya tanaman sengon buto. Benih sengon buto memiliki sifat dormansi karena struktur kulit yang keras dan tebal, sehingga sulit untuk berkecambah. Dormansi yang terjadi pada benih sengon buto adalah dormansi fisik karena pembatasan struktural terhadap perkecambahan benih, seperti kulit benih yang keras, tebal dan kedap sehingga menjadi penghalang mekanis terhadap masuknya air atau gas ke dalam benih (Ariyanti dkk., 2017). Benih-benih yang termasuk

dalam tipe dormansi ini disebut sebagai "Benih keras" karena mempunyai kulit biji yang keras dan strukturnya terdiri dari lapisan sel-sel serupa palisade berdinding tebal terutama di permukaan paling luar, sedangkan bagian dalamnya mempunyai lapisan lilin dan bahan kutikula.

Benih dikatakan dorman jika benih tidak berkecambah walaupun diletakkan pada kondisi yang secara umum memenuhi persyaratan perkecambahan. Dormansi benih merupakan suatu kondisi ketika benih hidup tidak berkecambah sampai batas waktu di akhir pengamatan meskipun faktor lingkungan optimum untuk perkecambahan (Ilyas, 2012). Dormansi pada benih dapat berlangsung selama beberapa hari, semusim bahkan sampai beberapa tahun tergantung pada jenis tanaman dan tipe dormansinya (Sutopo, 2012). Dormansi benih merupakan mekanisme adaptif yang mempengaruhi kemungkinan kelangsungan hidup suatu spesies tumbuhan (Klupczyńska and Pawłowski., 2021), cara tanaman agar dapat bertahan hidup dan beradaptasi dengan lingkungannya, dapat mencegah terjadinya perkecambahan di lapangan, dan pada beberapa spesies menjadi lebih tahan simpan, tetapi dormansi benih dapat mengacaukan waktu tanam, memperpanjang waktu berkecambah, serta menimbulkan masalah dalam interpretasi terhadap pengujian benih (Widajati dkk., 2013).

Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan usaha untuk memperpendek masa dormansi benih sengan buto. Pematihan dormansi benih dapat mendukung penyediaan bibit dalam

waktu singkat dapat terlaksana (Rahmaniah dkk., 2019). Marthen (2018) menjelaskan bahwa benih sengan buto memerlukan perlakuan khusus sebelum ditanam karena kulit benih yang keras, dengan memilih metode yang tepat. Perlakuan pendahuluan ditujukan pada kulit benih, embrio, maupun endosperma benih dengan tujuan untuk menghilangkan faktor penghambat perkecambahan dan mengaktifkan kembali sel-sel benih yang dorman (Yuniarti, 2013). Perlakuan pematihan dormansi diberikan pada benih-benih yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi untuk dikecambahkan (Widhityarini dkk., 2013). Mute dkk. (2024) menjelaskan bahwa kulit benih yang keras dapat dilunakkan dengan perlakuan perendaman benih pada suhu tinggi dan lama perendaman yang tepat.

Pematihan dormansi fisik pada benih sengan buto dapat dilakukan dengan berbagai metode atau perlakuan, salah satunya dengan perlakuan skarifikasi, dengan menggunakan bahan kimia seperti larutan asam klorida, asam sulfat, dan asam nitrat dengan konsentrasi pekat agar kulit benih menjadi lunak sehingga dapat dilalui oleh air dengan mudah. Kartika dkk. (2015) menjelaskan bahwa skarifikasi kimia biasanya menggunakan air panas dan bahan kimia seperti H_2SO_4 , HCl , alkohol, dan H_2O_2 , yang dimaksudkan untuk merusak atau melunakkan kulit benih.

Asam klorida (HCl) merupakan salah satu asam kuat yang umum digunakan dalam perlakuan pematihan dormansi pada benih yang berkulit keras. Asam klorida merupakan cairan yang

terbentuk dari gas hidrogen klorida yang terlarut dalam air, cairan ini termasuk jenis asam kuat dan bersifat korosif (Ramdhan, 2018). Menurut Dethan dkk. (2020) asam klorida dalam perendaman benih berfungsi untuk menghilangkan lendir yang menutupi permukaan benih serta dapat meningkatkan permeabilitas kulit benih. Peningkatan permeabilitas kulit benih oleh HCl disebabkan oleh sifat asam kuat yang menyebabkan pelunakan pada benih yang keras. Penelitian Lal et al. (2015) menunjukkan hasil perkecambahan benih zaitun yang tinggi dengan perendaman HCl 1 M selama 12 jam dibandingkan dengan perendaman 24 jam yaitu sebesar 65,83%. Penelitian Ramadhani dkk. (2015) perlakuan perendaman benih delima dalam HCl konsentrasi 60% meningkatkan kecambah normal dibandingkan dengan kontrol yaitu sebesar 55,56%. Perendaman benih kemiri sunan dalam HCl 10% menunjukkan hasil tinggi kecambah yang lebih baik yaitu 20,17 cm dibandingkan dengan kontrol sebesar 11 cm (Utami dkk., 2021). Penelitian Manurung dkk. (2013) menunjukkan bahwa metode pematihan dormansi benih aren dengan perlakuan perendaman larutan HCl dengan konsentrasi 0.3% dan 0.2% didapatkan nilai rata-rata persentase kecambah normal dengan nilai 95.85% dan waktu berkecambah tercepat terdapat pada perlakuan 0.3% HCl (49.04 hari)

Asam kuat lainnya yang dapat mematahkan dormansi yaitu penggunaan asam nitrat, dengan konsentrasi 0,5% + lama perendaman 72 jam mampu mematahkan dormansi benih sirsak lebih

cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Utami dkk., 2016). Hasil penelitian Suyatmi dkk. (2012) diperoleh persentase perkecambahan benih jati yang paling tinggi dengan menggunakan asam sulfat konsentrasi 70%. Perlakuan penyimpanan benih selama 6 bulan dilanjutkan dengan perendaman H_2SO_4 95% selama 20 menit meningkatkan persentase perkecambahan sebesar 98,28% (Omokhua dan Alex, 2015). Penelitian Organdy dkk. (2024) menunjukkan bahwa perendaman benih dalam air panas 100°C dan air dingin selama 12 jam tidak dapat mematahkan dormansi benih sengon buto.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai teknik pematihan dormansi benih dengan skarifikasi kimia menggunakan asam klorida untuk meningkatkan perkecambahan benih sengon buto.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu, dari Agustus hingga Oktober 2024. Bahan yang digunakan adalah benih sengon buto, asam klorida (HCl), pasir, dan aquades. Alat yang digunakan adalah bak kecambah ukuran 35 cm x 40 cm, gembor, gelas ukur, penggaris, baskom dan timbangan digital.

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama yaitu Konsentrasi HCl (K), terdiri dari konsentrasi 1% (K1), konsentrasi 2% (K2), dan konsentrasi 3% (K3). Faktor kedua yaitu Lama Perendaman HCl (L), terdiri dari lama perendaman 6 jam (L1), lama perendaman 12 jam (L2), dan lama

perendaman 18 jam (L3). Data dianalisis dengan menggunakan analisis ragam, jika berpengaruh nyata atau sangat nyata maka dilanjutkan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf uji 5%. Tolok ukur yang diamati yaitu daya berkecambah (persen), kecepatan tumbuh (persen per etmal), keserempakan tumbuh (persen), indeks vigor, dan berat kering kecambah normal (gram). Setiap unit percobaan menggunakan 25 butir benih sengan buto.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pematahan dormansi benih sengan buto dengan perlakuan berbagai konsentrasi dan lama perendaman berdasarkan hasil analisis ragam, menunjukkan bahwa konsentrasi asam klorida (HCl) berpengaruh sangat nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh, berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh dan berat kering kecambah normal. Namun berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor benih. Lama perendaman HCl berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh benih, serta berpengaruh tidak nyata terhadap kecepatan tumbuh, indeks vigor dan berat kering kecambah normal sengan buto. Hasil analisis ragam interaksi perlakuan konsentrasi dan lama perendaman asam klorida berpengaruh nyata terhadap keserempakan tumbuh benih sengan buto dan berpengaruh tidak nyata terhadap tolak ukur lainnya.

Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi asam

klorida (HCl) berpengaruh sangat nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh, berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh dan berat kering kecambah normal. Namun berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor. Rata-rata daya berkecambah, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh dan berat kering kecambah normal benih sengan buto pada perlakuan berbagai konsentrasi asam klorida disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. menunjukkan bahwa daya berkecambah terbaik dijumpai pada perlakuan konsentrasi HCl 3% (3 ml/l air) yaitu 60,58%, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan konsentrasi HCl 1% (1 ml/l air) memberikan daya berkecambah terendah (31,25%) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Keserempakan tumbuh tertinggi dijumpai pada perlakuan konsentrasi asam klorida 3% yaitu 40,21%, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan konsentrasi 1% memberikan keserempakan tumbuh terendah, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kecepatan tumbuh pada perlakuan konsentrasi HCl 3% yaitu 6,78%/etmal lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi HCl 1% dan konsentrasi 2%. Kecepatan tumbuh terendah ditunjukkan perlakuan konsentrasi HCl 1%, yang berbeda tidak nyata dengan konsentrasi HCl 2%. Berat kering kecambah normal pada perlakuan konsentrasi asam klorida 3% lebih baik dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi lainnya dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 1. Rata-rata daya berkecambah, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh dan berat kering kecambah normal pada berbagai konsentrasi asam klorida (HCl)

Perlakuan Konsentrasi HCl	Daya Berkecambah (%)	Keserempakan Tumbuh (%)	Kecepatan Tumbuh (%/etmal)	Berat Kering Kecambah Normal (g)
K1 (1%)	31,25 c	22,95 c	4,25 b	3,45 c
K2 (2%)	48,20 b	35,20 b	4,66 b	5,06 b
K3 (3%)	60,58 a	40,21 a	6,78 a	9,17 a

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Pengaruh Lama Perendaman Asam Klorida (HCl)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama perendaman asam klorida (HCl) berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh, namun berpengaruh tidak nyata terhadap

kecepatan tumbuh, indeks vigor dan berat kering kecambah normal benih sengan buto. Rata-rata daya berkecambah dan keserempakan tumbuh benih sengan buto pada perlakuan berbagai lama perendaman asam klorida disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rata-rata daya berkecambah dan keserempakan tumbuh pada berbagai lama perendaman dalam asam klorida (HCl)

Perlakuan Lama Perendaman HCl	Daya Berkecambah (%)	Keserempakan Tumbuh (%)
L1 (6 jam)	42,25 b	26,95 b
L2 (12 jam)	58,02 a	40,10 a
L3 (18 jam)	54,64 a	37,47 a

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Daya berkecambah benih sengan buto tertinggi diperoleh pada perlakuan lama perendaman asam klorida 12 jam yaitu 58,02%, yang berbeda tidak nyata dengan lama perendaman 18 jam (54,64%), namun berbeda nyata dengan

lama perendaman 6 jam (42,25%) (Tabel 2.)

Tabel 2. Memperlihatkan bahwa keserempakan tumbuh benih sengan buto tertinggi dijumpai pada perlakuan perendaman HCl selama 12 jam yaitu 40,10%, yang berbeda tidak nyata

dengan perlakuan lama perendaman 18 jam (37,47%), namun berbeda nyata dengan lama perendaman 6 jam. Perlakuan perendaman selama 6 jam memberikan keserempakan tumbuh terendah yaitu 26,95%, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Pengaruh Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman Asam Klorida (HCl)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi perlakuan berbagai konsentrasi dan lama

perendaman asam klorida (HCl) berpengaruh nyata terhadap keserempakan tumbuh, namun berpengaruh tidak nyata terhadap kecepatan tumbuh, indeks vigor dan berat kering kecambah normal benih sengan buto. Rata-rata keserempakan tumbuh benih sengan buto pada perlakuan berbagai konsentrasi dan lama perendaman asam klorida disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata keserempakan tumbuh pada interaksi perlakuan konsentrasi dan lama perendaman dalam HCl

Perlakuan Konsentrasi x Lama Perendaman		Keserempakan Tumbuh %
1%	6 jam	25,33 c
1%	12 jam	32,00 b
1%	18 jam	30,00 bc
2%	6 jam	33,43 b
2%	12 jam	34,18 b
2%	18 jam	39,02 ab
3%	6 jam	37,00 b
3%	12 jam	44,00 a
3%	18 jam	40,67 ab

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Tabel 3. Menunjukkan bahwa terjadi interaksi antar perlakuan, dimana perlakuan yang menghasilkan nilai keserempakan tumbuh benih tertinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi 3% dan perendaman selama 12 jam sebesar 44,00%, yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan konsentrasi 3% dan

lama perendaman 18 jam (40,67%) dan perlakuan konsentrasi 2% dan perendaman 18 jam (39,02%), namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Keserempakan tumbuh terendah ditunjukkan perlakuan konsentrasi 1% dan lama perendaman 6 jam sebesar 25,33%, yang berbeda tidak nyata

dengan perlakuan konsentrasi 1% dan perendaman selama 18 jam (30,00%), namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa konsentrasi asam klorida semakin tinggi akan mempercepat pematangan dormansi benih sengan buto. Diduga bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan asam klorida yang diberikan akan semakin berpengaruh dalam pematangan dormansi benih sengan buto yang mempunyai kulit biji yang keras dan tebal. Semakin pekat larutan asam klorida yang digunakan yaitu pada perlakuan konsentrasi tertinggi 3% (3 ml/l air), kandungan asam kuatnya semakin tinggi dan mempercepat larutan tersebut memacu pelunakan kulit dan merusak kulit benih. Lama perendaman terbaik hasil penelitian ini adalah 12 jam untuk mematahkan dormansi dan meningkatkan perkecambahan benih sengan buto, walaupun berbeda tidak nyata dengan perendaman 18 jam. Diduga perendaman 12 jam sudah cukup untuk melunakkan kulit benih sengan buto, sehingga pematangan dormansi terjadi. Interaksi konsentrasi dengan lama perendaman pada penelitian ini terbaik pada perlakuan perendaman HCl konsentrasi 3% selama 12 jam.

Penggunaan asam kuat HCl pada penelitian ini diduga dapat menguraikan kandungan lignin pada benih sengan buto sehingga menjadi lebih lunak dan memperlancar proses imbibisi. Hal ini sejalan dengan pendapat Halimursyadah dkk. (2018) yang menyatakan bahwa bahan kimia dapat menguraikan kandungan lignin dan benih menjadi

lunak yang menyebabkan proses imbibisi menjadi lebih mudah. Larutan asam klorida yang diserap oleh benih dapat berfungsi untuk melunakkan kulit benih, memungkinkan masuknya air dan oksigen, mengencerkan protoplasma sehingga dapat mengaktifkan bermacam-macam fungsinya dan menyebabkan benih dapat berkecambah. Sengan merupakan salah satu tanaman legum atau polong-polongan, yang memiliki dormansi fisik (Naik dan Deshpande, 2021). Sejalan dengan penelitian Lal et.al. (2015) dimana perendaman HCl 1 M selama 12 jam menunjukkan hasil yang tinggi terhadap perkecambahan benih zaitun dibandingkan dengan perendaman 24 jam yaitu sebesar 65,83%. Penelitian Dewi dkk, (2022) pada benih jati menunjukkan hasil daya berkecambah tertinggi (46,67%) dengan perendaman HCl selama 12 jam dengan konsentrasi 0.5 M. Imansaril dan Sri (2017) yang melakukan perendaman benih asam jawa dengan menggunakan HCl 45% selama 5 menit, menghasilkan persentase perkecambahan tertinggi yaitu 83,33%. Perlakuan konsentrasi tinggi menyebabkan kulit biji sangat lunak, sehingga air dan gas dapat cepat berdifusi masuk dan senyawa-senyawa inhibitor perkecambahan seperti fluorid dan kumarin larut ke dalam HCl selama proses perendaman. Pada penelitian ini menggunakan asam klorida (HCl). HCl dan asam kuat lainnya seperti H_2SO_4 , HNO_3 telah lama digunakan untuk melunakkan kulit biji dengan cara direndam (Munawar dkk. 2015; Silalahi 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa HCl dapat mematahkan dormansi benih sengan buto. Hasil penelitian Ket

dkk. (2022) memperlihatkan bahwa perlakuan perendaman benih sengon buto selama 24 jam pada suhu air 100°C paling efektif untuk meningkatkan perkecambahan benih sengon buto. Menurut Nurshanti (2013) perendaman benih dengan lama waktu yang berbeda mampu melunakkan dan membuka pori-pori kulit benih yang keras serta menembus air masuk ke dalam benih.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan konsentrasi asam klorida (HCl) 3% (3 ml/l air) mampu mematahkan dormansi benih dan meningkatkan perkecambahan benih sengon buto. Perlakuan lama perendaman asam klorida (HCl) yang optimal adalah 12 jam untuk mematahkan dormansi benih dan meningkatkan perkecambahan benih sengon buto. Terdapat interaksi perlakuan konsentrasi dan lama perendaman asam klorida terhadap keserempakan tumbuh benih sengon buto. Perlakuan konsentrasi HCl 3% dengan lama perendaman 12 jam memberikan keserempakan tumbuh maksimum 44%.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, S. Falah, L. Nurjannah, S. Suryani, and M. Bintang. (2014). Delignifikasi batang kayu sengon oleh *trametes versicolor*. *Current Biochemistry*, 1(1), 1-10. DOI:10.29244/cb.1.1.1-10.
- Amin, S.M. (2013). Pengaruh boron dan perendaman terhadap perkecambahan dan pengaruh arang sekam dan boron terhadap pertumbuhan bibit cendana (*Santalum album* L.), Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ariyanti, M., M.A. Soleh, dan Y. Maxiselly. (2017). Respon pertumbuhan tanaman Aren (*Arenga pinnata* merr.) dengan pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik berbeda dosis. *Jurnal Kultivasi*, 16(1), 271-278. DOI:10.24198/kltv.v16i1.11543
- BPS. 2023. Statistik Produksi Kehutanan. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- Dethan, I. Y., Solle, H. R. L, dan A.C. Hendrik. (2020). Pengaruh skarifikasi kimia terhadap perkecambahan benih jambu mete (*Anacardium occidentale* L.). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(2), 47-50. <https://doi.org/10.32938/slk.v3i2.1224>
- Dewi, R.E., F. Kusmiyati dan S. Anwar. (2022). Perkecambahan dan pertumbuhan benih jati (*Tectona grandis* L.f) dalam merespon perbedaan konsentrasi tanaman perlakuan waktu perendaman benih dalam asam klorida. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19 (3), 187-197. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i3.10512>
- Farida. (2016). Studi pematihan dormansi buah aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr) dengan skarifikasi dan penggunaan bahan kimia terhadap perkecambahan benih. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 4(1), 11-23.
- Halimursyadah, K. Trisda, dan U. Nazia. 2018. Pematihan dormansi benih Tanjung (*Mimusops elengi* L.)

- secara fisik dan klimiawi dan hubungannya terhadap viabilitas dan vigor. *Jurnal Agrotek Lestari*, 5(1), 8-19.
- Hidayat, T dan Marjani. 2017. Teknik pematahan dormansi untuk meningkatkan daya berkecambah dua aksesi benih Yute (*Corchorus olitorius* L.). *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*, 9(2), 73-81.
- <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/bultas>
- Ilyas, S. (2012). *Ilmu dan Teknologi Benih, Teori dan Hasil-Hasil Penelitian*. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. p. 95
- Imansari, F. dan Haryanti. (2017). Pengaruh konsentrasi HCl terhadap laju perkecambahan biji asam jawa (*Tamarindus indica* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(2), 187-192. <https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.187-192>.
- Kartika, Surahman M, dan Susanti M. (2015). Pematahan dormansi benih kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menggunakan KNO₃ dan skarifikasi. *Jurnal Pertanian dan Lingkungan*, 8(2), 48-55.
- Klupczyńska EA, Pawłowski TA. (2021). Regulation of seed dormancy and germination mechanisms in a changing environment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 1-18.
- Lal, S., N. Ahmed., Srivastava, K. K., and Sing, D. B. (2015). Olive (*Olea europaea* L.) seed germination as affected by different scarification treatments. *African Journal of Agricultural Research*, 10(35), 3570-3574.
- <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10224>.
- Manurung D, Lollie A P, dan Mbue K B. (2013). Pengaruh perlakuan pematahan dormansi terhadap viabilitas benih Aren (*Arenga Pinnata* Merr.). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3).
- Marthen, M., Kaya, E., dan Rehatta, H. (2018). Pengaruh perlakuan pencelupan dan perendaman terhadap perkecambahan benih sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Jurnal Agrologia*, 2(1), 10-16. <http://dx.doi.org/10.30598/a.v2i1.273>.
- Minantyo, H., L. Pratama dan V. Yuwono. (2021). Substitusi tepung biji limbah sengon buto (*Enterolobium cyclocarpum*) dengan tepung terigu dalam pembuatan kue kering. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(1), 54-58.
- <https://tpa.fateta.unand.ac.id/index.php/JTPA/article/view/376/185>
- Naik, I. S., and V. Deshpande. (2021). Seed Coat Dormancy: An Overview In Legumes. *The Pharma Innovation Journal*, 11, 620–624.
- Ogandy, B. Z., Marlina, M., Harun, M. U., Kurnianingsih, A. (2024). Scarification of sengon (*Falcataria moluccana*) seeds using hot and cold water soaking combination application on sand planting media. In: Herlinda S et al. (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024*, Palembang 21 Oktober 2024. (pp. 623–633). Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.

- Omokhua, G.E. and A. Alex. (2015). Improvement on teak (*Tectona grandis* L.) germination for large scale afforestation in Nigeria. *Nature and Science Journal*, 13, 68-73.
- Rahayu, A.D. (2015), Pengamatan uji daya berkecambah, optimalisasi substrat perkecambahan dan pematangan dormansi benih kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahayu, T., A. Supriadi, I.W. Ningsih, A.Asngad, W.P. Raharjo. (2023). The growth of white rot fungi in biodelignification process of sawdust of sengon. *Biological Environment and pollution*, 3(1), 1-7.
- <https://doi.org/10.31763/bioenvip.o.v3i1.604>
- Rahmaniah, R., M.E. Erhaka, dan T. Heiriyani. (2019). Aplikasi perlakuan fisik untuk mematahkan dormansi terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit Aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Agroekotek View* 1(2), 1-8.
- <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/agv/article/view/678>
- Ramadhani, S., H. Haryati, dan J. Ginting. (2015). Pengaruh perlakuan pematangan dormansi secara kimia terhadap viabilitas benih delima (*Punica granatum* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 3(2), 590-594.
- Ramadhan, H. (2018). Pengaruh asam klorida terhadap kekuatan tulang ayam. *Indonesian Journal of Natural Science Education (IJNSE)*, 1(1), 1-6.
- <https://doi.org/10.31002/ijnse.v1i1.69>
- Sutopo, L. (2012). *Teknologi Benih*. Rajawali Press. Universitas Brawijaya. Malang.
- Utami, E. P., E. Santika, dan C. Hidayat. (2021). The mechanical and chemical scarification to break dormancy and increasing vigor of Sunan candlenut seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*(pp. 1-7). IOP Publishing.
- Widajati, E., E. Murniati, E.R. Palupi, T. Kartika, M.R. Suhartanto, dan A. Qadir. 2013. *Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. IPB Press. Bogor. 173 h.
- Widhiyarini, D., M.W. Suyadi, dan A. Purwantoro. (2013). Pematangan dormansi benih tanjung (*Mimusops elengi* L.) dengan skarifikasi dan perendaman kalium nitrat. *Jurnal Vegetalika*, 2(1), 22-33
- Widiarti, W., E.Wulandari dan P. Rahardjo. (2016). Respons vigor benih dan pertumbuhan awal tanaman tomat terhadap konsentrasi dan lama perendaman asam klorida (HCl). *Jurnal Agritrop*, 14 (2), 151-160.
- [https://DOI: 10.32528/agr.v14i2.429](https://DOI:10.32528/agr.v14i2.429)

**DINAMIKA DAN ADAPTASI GULMA PADA SISTEM BUDIDAYA KEDELAI
JENUH AIR DI LAHAN RAWA: KAJIAN LITERATUR**

**WEED DYNAMICS AND ADAPTATION IN WATERLOGGED SOYBEAN
CULTIVATION SYSTEMS IN SWAMPY AREAS: A LITERATURE REVIEW**

Edi Susilo^{1)*}, Wismalinda Rita²⁾, Hesti Pujiwati³⁾

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Ratu Samban, Jl. Jenderal Sudirman No. 87 Arga Makmur, Kabupaten Bengkulu Utara, Propinsi Bengkulu, Indonesia

²⁾Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Jl. Bali, Kampung. Bali, Teluk Segara, Kota Bengkulu, Propinsi Bengkulu, Indonesia

³⁾Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Jl. WR Supratman Kandang Limun Kota Bengkulu, Propinsi Bengkulu, Indonesia

*Korespondensi author email: susilo_agr@yahoo.com

ABSTRAK

Lahan rawa memiliki peluang besar untuk mendukung perluasan produksi kedelai, tetapi pemanfaatannya menghadapi kendala hidrologi, kimia tanah, dan keberadaan gulma yang beradaptasi terhadap kondisi jenuh air. Ringkasan ini menjelaskan bahwa pengaturan muka air membentuk tekanan selektif berupa hipoksia atau anoksia yang menekan gulma darat sensitif, sekaligus mendorong dominansi spesies semiakuatik yang mampu membentuk aerenkim, akar adventif, metabolisme fermentatif, dormansi biji, dan penyebaran melalui air. Perubahan komunitas tersebut memengaruhi kompetisi gulma dengan kedelai dalam memperoleh cahaya, unsur hara, air, dan ruang tumbuh, serta memperkuat pengaruh alelopati. Karena itu, pengelolaan gulma perlu mengintegrasikan tata air, teknik budidaya, penyiangan mekanis, penggunaan herbisida secara selektif, pengelolaan bank biji, dan pemanfaatan bioherbisida berbasis alelokimia agar produktivitas kedelai meningkat tanpa memperbesar risiko pencemaran dan resistensi gulma..

Kata kunci : *kedelai, lahan rawa, sistem jenuh air, dinamika gulma, bioherbisida*

ABSTRACT

Swamplands offer significant potential to support expanded soybean production, but their utilization faces challenges from hydrology, soil chemistry, and the presence of weeds adapted to water-saturated conditions. This summary explains that water table regulation creates selective pressures in the form of hypoxia or anoxia, which suppress sensitive terrestrial weeds, while simultaneously promoting the dominance of semi-aquatic species capable of aerenchyma formation, adventitious roots, fermentative metabolism, seed dormancy, and waterborne dispersal. These community changes influence weed competition with soybeans for light, nutrients, water, and growing space, and enhance allelopathic influences. Therefore, weed management requires integrating water management, cultivation techniques, mechanical weeding, selective herbicide use, seed bank management, and allelochemical-based bioherbicides to increase soybean productivity without increasing the risk of pollution and weed resistance.

Keywords: *soybeans, swamplands, water-saturated systems, weed dynamics, bioherbicides*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Keterbatasan lahan subur di Pulau Jawa mendorong pemanfaatan lahan. Keterbatasan lahan subur di wilayah sentra produksi mendorong pemanfaatan lahan

suboptimal, termasuk rawa pasang surut dan rawa lebak, untuk pengembangan kedelai. Lahan rawa memiliki luasan yang besar dan berpotensi memperluas basis produksi pangan di luar Pulau Jawa. Meskipun demikian, keberhasilannya sangat

bergantung pada kemampuan teknologi budidaya dalam mengendalikan kelebihan air, kemasaman, ketidakstabilan unsur hara, dan gangguan biotik. Sistem budidaya jenuh air dikembangkan sebagai pendekatan yang mempertahankan kelembapan tanah secara stabil tanpa merendam penuh tajuk tanaman, sehingga kedelai dapat memanfaatkan air secara lebih efisien pada lingkungan rawa (Sagala et al., 2011).

Lahan rawa bukan sekadar lahan dengan kandungan air tinggi, melainkan ekosistem yang mengalami perubahan muka air, kondisi reduksi-oksidasi, dan aktivitas mikroorganisme secara dinamis. Perubahan tersebut menentukan ketersediaan unsur hara, pembentukan senyawa toksik, serta kemampuan akar tanaman memperoleh oksigen. Dalam konteks produksi kedelai, tantangan ini menjadi semakin kompleks karena tanaman harus beradaptasi terhadap hipoksia, sementara gulma tertentu justru memperoleh keuntungan ekologis dari lingkungan basah. Oleh sebab itu, pemanfaatan rawa memerlukan pengelolaan yang menyatukan konservasi lingkungan, tata air, pemilihan varietas, dan pengendalian organisme pengganggu (Susilawati et al., 2017).

Gulma merupakan pembatas biotik penting karena mengurangi ketersediaan sumber daya bagi kedelai sejak fase awal pertumbuhan. Persaingan terjadi melalui perebutan cahaya, air, ruang tumbuh, dan unsur hara, sedangkan sebagian gulma menghasilkan metabolit sekunder yang menekan perkecambahan atau pertumbuhan tanaman utama. Pada infestasi berat dan tanpa pengendalian, kehilangan hasil kedelai dapat menjadi sangat besar karena tajuk tanaman terlambat menutup, pertumbuhan akar terganggu, dan pembentukan polong

berkurang. Besarnya dampak tersebut menunjukkan bahwa pengendalian gulma harus diposisikan sebagai bagian utama dari strategi peningkatan produktivitas, bukan sekadar kegiatan tambahan setelah gulma terlihat dominan (Efendy et al., 2020).

Kondisi jenuh air mengubah hubungan antara tanaman, tanah, dan gulma melalui penurunan difusi oksigen ke dalam pori tanah. Tekanan tersebut menyeleksi spesies berdasarkan kemampuan bertahan pada lingkungan anaerob. Gulma darat yang tidak memiliki mekanisme toleransi akan mengalami hambatan perkecambahan dan pertumbuhan, sedangkan gulma yang mampu mempertahankan metabolisme pada oksigen rendah dapat meningkatkan dominansinya. Akibatnya, komposisi komunitas tidak bersifat tetap, tetapi bergeser mengikuti kedalaman air, lama genangan, pengeringan, pengolahan tanah, dan karakteristik bank biji yang tersedia di dalam profil tanah (Paiman, Ardiyanta, et al., 2022).

Kajian mengenai dinamika gulma pada budidaya kedelai jenuh air penting karena strategi pengendalian yang efektif di lahan kering belum tentu memberikan hasil sama di lahan rawa. Penggunaan herbisida tanpa memahami ekologi gulma dapat menekan spesies sensitif, tetapi sekaligus memberi ruang bagi spesies toleran untuk berkembang. Pendekatan ekologis dibutuhkan untuk mengenali perubahan komposisi, periode kritis persaingan, pola regenerasi dari bank biji, dan mekanisme adaptasi yang memungkinkan gulma bertahan. Pemahaman tersebut menjadi dasar penyusunan pengelolaan terpadu yang lebih efektif, ekonomis, dan berkelanjutan (Ahadiyat & Sarjito, 2022).

2. KARAKTERISTIK LAHAN RAWA DAN SISTEM BUDIDAYA KEDELAI JENUH AIR

2.1. Karakteristik dan Tipe Lahan Rawa

Lahan rawa terbentuk pada wilayah yang mengalami kejenuhan air secara permanen atau periodik akibat pengaruh pasang surut, curah hujan, limpasan, dan posisi topografi yang rendah. Kejenuhan air mengisi sebagian besar pori tanah sehingga pertukaran gas berlangsung lambat dan konsentrasi oksigen di zona perakaran menurun. Keadaan ini membedakan rawa dari lahan kering karena proses dekomposisi, mineralisasi, dan transformasi unsur berlangsung dalam kondisi reduktif. Lingkungan tersebut juga membentuk komunitas tumbuhan khas yang terdiri atas spesies terestrial toleran kelembapan, tumbuhan semiakuatik, serta gulma air yang mempunyai strategi adaptasi berbeda (Ikhsan et al., 2020).

Rawa pasang surut terutama dipengaruhi oleh gerakan air laut atau sungai, sedangkan rawa lebak lebih banyak dipengaruhi oleh hujan dan limpasan dari daerah hulu. Rawa pasang surut memiliki fluktuasi muka air yang mengikuti siklus pasang, sehingga kualitas air dan sifat kimia tanah dapat berubah relatif cepat. Rawa lebak menunjukkan pola genangan musiman dengan kedalaman dan durasi yang berbeda menurut posisi bentang lahan. Perbedaan sumber air tersebut menentukan pola tanam, kebutuhan saluran, waktu tanam, dan risiko munculnya gulma tertentu yang sesuai dengan kondisi basah atau fase pengeringan (Susilawati et al., 2017).

Pada rawa lebak, kedalaman dan lama genangan menjadi dasar penting untuk menilai kesesuaian lahan. Rawa dangkal memiliki periode tergenang lebih singkat

dan relatif lebih mudah dikelola, sedangkan rawa sedang dan rawa dalam membutuhkan pengendalian air yang lebih intensif. Variasi tersebut memengaruhi suhu tanah, kadar oksigen, laju dekomposisi bahan organik, dan mobilitas unsur hara. Bagi gulma, perubahan muka air menciptakan rangkaian habitat yang berbeda sepanjang musim, sehingga spesies yang muncul pada awal tanam belum tentu sama dengan spesies yang mendominasi pada pertengahan atau akhir pertumbuhan kedelai (Abdullah et al., 2021).

Genangan menyebabkan respirasi akar beralih dari kondisi aerob menuju jalur yang menghasilkan energi lebih rendah. Apabila berlangsung lama, proses tersebut dapat diikuti akumulasi etanol, asam organik, metana, dan senyawa lain yang mengganggu fungsi membran serta penyerapan hara. Tekanan fisiologis juga meningkat ketika akar, mikroorganisme, dan proses kimia tanah menggunakan oksigen yang jumlahnya terbatas. Kedelai yang tidak mampu menyesuaikan metabolisme akan mengalami penurunan pertumbuhan akar, klorosis, berkurangnya luas daun, dan rendahnya pembentukan biomassa, sedangkan gulma toleran dapat mempertahankan pertumbuhan melalui perubahan anatomi dan metabolisme (Firmansyah, 2018).

Fluktuasi basah dan kering menyebabkan potensial redoks tanah berubah secara berulang. Pada fase tergenang, beberapa unsur mengalami reduksi dan dapat menjadi lebih mudah larut, sedangkan pada fase pengeringan terjadi oksidasi yang mengubah bentuk kimia unsur tersebut. Perubahan mendadak dapat menimbulkan ketidakseimbangan hara dan meningkatkan pembentukan spesies

oksigen reaktif pada jaringan tanaman. Karena itu, pengelolaan rawa harus menghindari perubahan air yang terlalu ekstrem dan mempertahankan kondisi yang cukup stabil untuk kedelai, tetapi tetap mampu memberi tekanan terhadap gulma yang sensitif terhadap kekurangan oksigen (Zhou et al., 2020).

2.2. Prinsip Budidaya Jenuh Air

Budidaya jenuh air mempertahankan muka air di bawah permukaan tanah agar tanah tetap lembap sampai jenuh tanpa menjadikan seluruh tanaman terendam. Saluran di antara bedengan berfungsi sebagai sumber air sekaligus pengatur kedalaman muka air. Pada kedalaman yang tepat, akar kedelai memperoleh pasokan air secara kontinu, sementara bagian atas zona perakaran masih memiliki aerasi yang memungkinkan respirasi berlangsung. Prinsip ini berbeda dari penggenangan penuh karena tujuan utamanya adalah menstabilkan ketersediaan air dan menghindari stres kekeringan, bukan menutup seluruh permukaan lahan dengan lapisan air dalam (Sagala et al., 2011).

Kedalaman muka air harus disesuaikan dengan tekstur tanah, fase pertumbuhan, curah hujan, dan toleransi varietas. Muka air yang terlalu dekat dengan permukaan dapat meningkatkan hipoksia dan memperbesar risiko kerusakan akar, sedangkan muka air yang terlalu dalam mengurangi manfaat sistem jenuh air. Pengaturan sekitar beberapa sentimeter di bawah permukaan sering digunakan untuk menjaga keseimbangan antara suplai air dan oksigen. Keberhasilan sistem ini tidak hanya bergantung pada tinggi muka air, tetapi juga pada kestabilan kondisi tersebut agar tanaman tidak terus-menerus mengalami

transisi mendadak antara anaerob dan aerob (Ningsih et al., 2016).

Pada tanaman toleran, kejenuhan air merangsang pembentukan jaringan berongga yang meningkatkan pergerakan oksigen dari tajuk menuju akar. Jaringan tersebut membantu mempertahankan respirasi pada bagian akar yang berada dalam tanah dengan oksigen terbatas. Pembentukan aerenkim biasanya berlangsung melalui perubahan sel korteks dan dipengaruhi oleh etilen serta sinyal stres. Tanaman yang mampu membentuk struktur ini secara cepat mempunyai peluang lebih besar mempertahankan penyerapan air dan hara. Mekanisme serupa juga ditemukan pada gulma lahan basah, sehingga adaptasi anatomi menjadi faktor penentu dalam kompetisi antara kedelai dan gulma (Colmer & Voesenek, 2009).

Budidaya jenuh air dapat menekan sebagian gulma karena perkecambahan benih membutuhkan oksigen untuk mengaktifkan metabolisme. Benih yang tidak toleran mengalami penurunan respirasi, penggunaan cadangan makanan yang tidak efisien, dan kegagalan membentuk akar awal. Namun, efek ini tidak berlaku seragam. Beberapa gulma mampu berkecambah pada konsentrasi oksigen rendah, mempertahankan dormansi sampai kondisi membaik, atau memanfaatkan jaringan aerenkim setelah bibit terbentuk. Dengan demikian, air berfungsi sebagai alat seleksi ekologis, tetapi tidak dapat diperlakukan sebagai metode tunggal untuk mengendalikan seluruh komunitas gulma (Paiman, Ardiyanta, et al., 2022).

Siklus pengeringan diperlukan untuk memperbaiki aerasi, mengurangi akumulasi senyawa toksik, dan memulihkan fungsi

akar. Akan tetapi, pengeringan yang terlalu cepat dapat menimbulkan stres reoksigenasi karena jaringan yang sebelumnya berada dalam kondisi rendah oksigen tiba-tiba menerima pasokan oksigen tinggi. Kondisi tersebut memicu pembentukan radikal bebas dan dapat merusak membran sel. Pengelolaan yang baik harus mengatur waktu, durasi, dan kecepatan perubahan muka air sehingga kedelai dapat beradaptasi secara bertahap, sementara gulma tetap mengalami gangguan pada fase perkecambahan atau pertumbuhan awal (Pan et al., 2021).

Dari perspektif pengendalian gulma, budidaya jenuh air memiliki dua konsekuensi. Pertama, kondisi anaerob terbatas mengurangi kemunculan spesies terestrial yang sensitif. Kedua, penerapan yang berulang dapat memilih komunitas gulma baru yang lebih toleran terhadap genangan. Oleh karena itu, evaluasi keberhasilan tidak cukup hanya berdasarkan penurunan jumlah gulma sesaat, tetapi harus memperhatikan perubahan jenis, dominansi, produksi biji, dan kemampuan spesies bertahan dalam bank biji. Sistem ini akan lebih efektif apabila dipadukan dengan penyiangan, pengelolaan tajuk, mulsa, dan pencegahan pembentukan biji gulma (Rao et al., 2017).

3. DINAMIKA KOMUNITAS GULMA PADA JENUH AIR

3.1. Komposisi, Dominansi, dan Pergeseran Komunitas

Komunitas gulma pada pertanaman kedelai umumnya terdiri atas kelompok rumput, teki, dan daun lebar. Pada lahan jenuh air, proporsi ketiga kelompok berubah sesuai toleransi masing-masing terhadap kelembapan dan kekurangan oksigen. Gulma terestrial yang membutuhkan aerasi

tinggi cenderung berkurang, sedangkan spesies semiakuatik dan gulma lahan basah meningkat. Pergeseran tersebut dapat terlihat dari perubahan kerapatan, frekuensi, biomassa, serta nilai dominansi relatif. Karena setiap kelompok mempunyai pola pertumbuhan dan reproduksi berbeda, identifikasi komposisi menjadi langkah awal untuk menentukan metode pengendalian yang sesuai (Imaniasita et al., 2020).

Dominansi tidak hanya ditentukan oleh kemampuan bertahan selama genangan, tetapi juga oleh kecepatan tumbuh setelah air surut. Spesies yang memiliki pertumbuhan awal cepat dapat segera menguasai cahaya dan ruang ketika tajuk kedelai belum menutup. Kelompok teki sering memperoleh keuntungan karena mempunyai sistem perakaran kompleks, kemampuan regenerasi vegetatif, dan toleransi tinggi terhadap tanah lembap. Beberapa rumput rawa juga membentuk jaringan pengangkut oksigen yang efisien. Akumulasi keunggulan tersebut membuat komunitas gulma dapat tetap padat meskipun jumlah spesies menurun akibat tekanan jenuh air (Yani et al., 2022).

Spesies seperti *Echinochloa crus-galli*, *Leptochloa chinensis*, *Cyperus iria*, *Fimbristylis miliacea*, dan *Panicum repens* sering dikaitkan dengan lingkungan basah karena mampu mempertahankan pertumbuhan pada tanah rendah oksigen. Sebagian spesies menggunakan aerenkim dan akar adventif, sedangkan yang lain mengandalkan produksi biji tinggi atau regenerasi vegetatif. Kehadiran spesies tersebut menunjukkan bahwa genangan tidak menghapus masalah gulma, melainkan mengubah identitas kompetitor utama. Pengelolaan harus diarahkan pada spesies dominan yang benar-benar muncul di

lapangan, bukan hanya berdasarkan kelompok gulma yang lazim ditemukan pada lahan kering (Paiman, Ansar, et al., 2022).

Bank biji tanah berperan besar dalam menentukan perubahan komunitas dari satu musim ke musim berikutnya. Biji yang berada di permukaan dapat berkecambah ketika kelembapan dan cahaya sesuai, sedangkan biji yang tertimbun lebih dalam dapat tetap dorman karena oksigen terbatas. Pengolahan tanah memindahkan biji antarlapisan dan dapat memunculkan kembali spesies yang sebelumnya tidak terlihat. Karena itu, penurunan gulma pada satu musim tidak selalu menunjukkan berkurangnya potensi infestasi. Cadangan biji yang masih hidup dapat menghasilkan gelombang kemunculan baru setelah pengeringan, pembajakan, atau perubahan pengelolaan air (Hossain & Begum, 2016).

Komunitas gulma juga berubah sepanjang fase pertumbuhan kedelai. Pada awal musim, cahaya mencapai permukaan tanah dalam jumlah besar sehingga gulma yang berkecambah cepat memperoleh keuntungan. Setelah tajuk kedelai berkembang, intensitas cahaya di bawah kanopi menurun dan hanya spesies toleran naungan atau gulma yang telah tumbuh tinggi mampu bertahan. Menjelang panen, perubahan kelembapan dan terbukanya kembali kanopi dapat merangsang kemunculan kelompok lain. Dinamika temporal ini menegaskan bahwa survei gulma perlu dilakukan lebih dari satu kali agar keputusan pengendalian tidak didasarkan pada gambaran yang terlalu sesaat (Murrinie et al., 2023).

Genangan memberikan efek ganda terhadap keanekaragaman. Tekanan lingkungan dapat menurunkan jumlah

spesies yang tidak toleran, tetapi sekaligus meningkatkan dominansi beberapa spesies yang sangat adaptif. Komunitas dengan sedikit spesies belum tentu lebih mudah dikendalikan apabila satu atau dua spesies memiliki biomassa tinggi, reproduksi cepat, dan kemampuan alelopati. Oleh sebab itu, indikator pengelolaan tidak hanya berupa jumlah jenis, tetapi juga struktur dominansi, distribusi spasial, dan potensi reproduksi. Pemantauan tersebut membantu mendeteksi pergeseran menuju komunitas yang lebih sulit dikendalikan sebelum terjadi peningkatan bank biji secara luas (Ikhsan et al., 2020).

3.2. Perubahan Pola Pertumbuhan dan Alelopati

Hipoksia memengaruhi bentuk pertumbuhan gulma sejak perkecambahan. Gulma sensitif menunjukkan akar pendek, pertumbuhan lambat, dan akumulasi biomassa rendah, sedangkan spesies toleran mempertahankan pemanjangan pucuk untuk mencapai lingkungan dengan oksigen dan cahaya lebih baik. Pada beberapa tumbuhan rawa, alokasi biomassa bergeser ke batang, daun, atau akar adventif sebagai respons terhadap genangan. Perubahan tersebut meningkatkan kemampuan kolonisasi dan membantu gulma menghindari kematian jaringan. Akibatnya, pola pertumbuhan komunitas pada lahan jenuh air berbeda dari lahan kering dan membutuhkan pendekatan pengendalian yang memperhatikan fase adaptasi morfologis (Rathika et al., 2020).

Ketersediaan cahaya menjadi faktor penting setelah seleksi awal oleh genangan. Gulma yang berhasil melewati fase hipoksia kemudian bersaing dengan kedelai dalam membentuk kanopi. Spesies yang tumbuh tegak dan cepat dapat menaungi daun kedelai, sedangkan gulma yang menyebar di

permukaan menguasai ruang dan menghambat penetrasi cahaya ke tanah. Pengaturan jarak tanam dan vigor varietas menentukan seberapa cepat kedelai menutup kanopi. Apabila penutupan terlambat, gulma memperoleh waktu lebih panjang untuk mengembangkan akar dan organ reproduksi sehingga lebih sulit dikendalikan pada fase berikutnya (Setiawan & Sarjiyah, 2021).

Sebagian gulma memperkuat dominansinya melalui alelopati, yaitu pelepasan senyawa yang memengaruhi perkecambahan, pertumbuhan, atau fungsi fisiologis tumbuhan lain. Senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, dan terpenoid dapat dilepaskan melalui akar, pelindian daun, residu membusuk, atau eksudat jaringan. Pada lingkungan jenuh air, mobilitas senyawa dipengaruhi oleh aliran air, pH, aktivitas mikroba, dan kondisi reduktif. Alelopati tidak menggantikan kompetisi sumber daya, tetapi bekerja bersamaan sehingga tanaman kedelai menghadapi tekanan ganda dari keterbatasan cahaya dan hara serta gangguan kimiawi (Cheng & Cheng, 2015).

Gulma dari kelompok teki dan rumput rawa dilaporkan menghasilkan senyawa fenolik yang dapat mengubah permeabilitas membran, menghambat aktivitas enzim, dan menurunkan pertumbuhan akar tanaman target. Efek tersebut memperbesar peluang gulma mempertahankan ruang tumbuh ketika sumber daya terbatas. Dominansi yang tinggi juga meningkatkan jumlah residu dan senyawa yang kembali ke tanah setelah jaringan gulma mati. Oleh karena itu, biomassa gulma tidak boleh dibiarkan menumpuk tanpa pengelolaan, terutama apabila spesies dominan diketahui mempunyai aktivitas alelopati yang kuat dan

berpotensi memengaruhi kedelai pada musim berikutnya (Utami et al., 2020).

Perubahan pola pertumbuhan gulma merupakan hasil interaksi antara genangan, cahaya, suhu, unsur hara, pengolahan tanah, dan tekanan pengendalian. Tidak ada satu faktor yang menjelaskan seluruh dinamika komunitas. Genangan mungkin menekan perkecambahan, tetapi pemupukan dapat mempercepat pertumbuhan individu yang bertahan. Penyiangan dapat menurunkan biomassa, tetapi gangguan tanah dapat mengangkat biji dorman ke permukaan. Karena itu, pengelolaan harus dipahami sebagai proses yang memengaruhi ekosistem dari waktu ke waktu, bukan tindakan tunggal yang hanya menurunkan populasi pada saat aplikasi (Ahadiyat & Sarjito, 2022).

4. MEKANISME ADAPTASI GULMA TERHADAP KONDISI JENUH AIR

4.1. Adaptasi Morfologi

Aerenkim merupakan adaptasi morfologi utama yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada tanah dengan oksigen rendah. Ruang udara yang terbentuk di dalam korteks menghubungkan bagian tanaman di atas permukaan dengan jaringan akar, sehingga oksigen dapat bergerak secara internal. Struktur ini mengurangi ketergantungan akar pada difusi oksigen dari tanah yang sangat lambat ketika pori terisi air. Spesies dengan aerenkim yang luas mampu mempertahankan respirasi akar, penyerapan hara, dan pertumbuhan lebih lama daripada spesies tanpa jaringan tersebut. Keunggulan ini menjelaskan dominansi beberapa gulma rawa pada sistem budidaya jenuh air (Colmer & Voisenek, 2009).

Pembentukan akar adventif melengkapi fungsi aerenkim dengan

menyediakan akar baru pada bagian batang yang lebih dekat dengan permukaan air atau atmosfer. Akar tersebut sering memiliki porositas tinggi dan jarak transportasi oksigen yang lebih pendek daripada akar primer yang berada lebih dalam. Pada kondisi genangan berkepanjangan, akar primer dapat mengalami kerusakan, sedangkan akar adventif mengambil alih fungsi penyerapan air dan unsur hara. Gulma yang cepat membentuk akar adventif mampu pulih dan kembali tumbuh setelah tekanan genangan, sehingga pengendalian mekanis yang hanya memotong bagian atas tanaman sering tidak cukup (Pan et al., 2021).

Sebagian gulma mengurangi kehilangan oksigen dari akar melalui pembentukan penghalang pada lapisan luar akar. Deposisi suberin menekan keluarnya oksigen secara radial ke tanah dan mengarahkan lebih banyak oksigen menuju ujung akar yang aktif tumbuh. Mekanisme ini sangat menguntungkan pada tanah anaerob karena oksigen internal dapat digunakan secara lebih efisien. Pada beberapa spesies *Echinochloa*, kombinasi akar adventif, aerenkim, dan penghalang kehilangan oksigen membantu mempertahankan pertumbuhan di lingkungan tergenang. Adaptasi kompleks tersebut membuat spesies ini menjadi kompetitor kuat pada lahan basah (Ejiri & Shiono, 2019).

Pemanjangan batang atau pelepah daun merupakan strategi untuk menempatkan organ fotosintetik di atas permukaan air. Respons ini meningkatkan akses terhadap cahaya dan pertukaran gas, tetapi memerlukan energi dan cadangan karbohidrat yang cukup. Spesies yang mampu mengatur pemanjangan secara

efisien dapat menghindari terendam penuh, sedangkan pemanjangan berlebihan dapat menguras cadangan energi sebelum tanaman mencapai permukaan. Gulma rawa yang berhasil menyeimbangkan pertumbuhan vertikal dan konservasi energi memperoleh keuntungan dalam kondisi muka air yang berubah-ubah (Voeselek & Bailey-Serres, 2013).

Perubahan bentuk daun, ketebalan jaringan, jumlah stomata, dan distribusi biomassa juga berkontribusi terhadap toleransi genangan. Daun baru yang terbentuk setelah stres dapat memiliki karakter lebih sesuai untuk mempertahankan fotosintesis pada kelembapan tinggi dan intensitas cahaya berubah. Sementara itu, peningkatan proporsi biomassa pada pucuk membantu tanaman memperoleh oksigen, tetapi dapat mengurangi investasi pada akar. Keberhasilan adaptasi bergantung pada kemampuan spesies menyesuaikan arsitektur tubuh secara fleksibel terhadap kedalaman dan durasi genangan (Zhou et al., 2020).

4.2. Adaptasi Fisiologis

Ketika oksigen terbatas, rantai transport elektron di mitokondria tidak dapat bekerja secara normal. Gulma toleran mengalihkan metabolisme menuju glikolisis dan fermentasi untuk menghasilkan energi minimum yang diperlukan bagi kelangsungan hidup sel. Jalur ini jauh kurang efisien dibandingkan respirasi aerob, sehingga keberhasilan adaptasi bergantung pada kemampuan menghemat energi dan mempertahankan cadangan karbohidrat. Spesies yang menggunakan gula terlalu cepat akan kehabisan substrat sebelum kondisi membaik, sedangkan spesies yang mampu mengatur laju metabolisme dapat bertahan lebih lama (Ma et al., 2020).

Fermentasi etanol melibatkan piruvat dekarboksilase dan alkohol dehidrogenase. Kedua enzim tersebut memungkinkan regenerasi koenzim yang dibutuhkan agar glikolisis tetap berlangsung ketika oksigen tidak tersedia sebagai akseptor elektron. Aktivitas enzim fermentatif biasanya meningkat pada awal hipoksia dan dikendalikan oleh regulasi gen yang peka terhadap status oksigen. Gulma yang memiliki respons enzimatik cepat mampu mempertahankan pembentukan energi, pertumbuhan embrio, dan vigor bibit pada kondisi yang menghambat spesies lain. Mekanisme ini menjadi salah satu dasar toleransi perkecambahan anaerob (Adak et al., 2023).

Fermentasi laktat dapat terjadi pada tahap awal kekurangan oksigen, tetapi akumulasi laktat menurunkan pH sitoplasma. Tanaman toleran kemudian mengarahkan metabolisme menuju fermentasi etanol yang lebih sesuai untuk mempertahankan kestabilan internal. Pengaturan jalur tersebut mencegah pengasaman berlebihan dan membantu sel bertahan selama hipoksia. Namun, etanol dan metabolit lain tetap dapat menjadi toksik apabila menumpuk dalam jaringan. Karena itu, kemampuan mengeluarkan atau menoleransi produk fermentasi turut menentukan perbedaan daya tahan antarspesies (Colmer & Voisenek, 2009).

Konservasi energi merupakan strategi yang sama pentingnya dengan peningkatan fermentasi. Pada kondisi jenuh air, gulma toleran menekan proses yang membutuhkan banyak energi, seperti sintesis biomassa cepat, transport aktif tertentu, dan pembentukan organ yang tidak mendukung kelangsungan hidup langsung. Energi dialokasikan untuk menjaga integritas

membran, fungsi meristem, dan kemampuan pulih setelah air surut. Strategi bertahan ini menyebabkan pertumbuhan tampak lambat selama genangan, tetapi individu tetap hidup dan dapat segera melanjutkan perkembangan ketika oksigen kembali tersedia (Voisenek & Bailey-Serres, 2013).

Hipoksia dan reoksigenasi meningkatkan pembentukan spesies oksigen reaktif yang dapat merusak lipid, protein, dan asam nukleat. Gulma toleran mempunyai sistem antioksidan enzimatik dan nonenzimatik yang lebih mampu menjaga keseimbangan redoks. Aktivitas superoksida dismutase, katalase, peroksidase, serta senyawa antioksidan membantu mengurangi kerusakan ketika kondisi berubah dari anaerob menuju aerob. Kemampuan mengendalikan stres oksidatif sangat penting karena banyak jaringan justru mengalami kerusakan berat pada saat air surut dan oksigen kembali masuk secara cepat (Zhou et al., 2020).

Pemulihan fotosintesis menentukan apakah gulma hanya bertahan atau kembali menjadi kompetitor aktif setelah genangan. Kerusakan stomata, klorofil, dan membran tilakoid dapat menurunkan kemampuan menangkap cahaya. Spesies toleran mampu memperbaiki sistem fotosintetik, membuka kembali stomata secara bertahap, dan memulihkan transport asimilat ke akar. Proses pemulihan yang cepat memungkinkan gulma menambah biomassa sebelum kedelai menutup kanopi. Oleh karena itu, pengamatan setelah pengeringan sama pentingnya dengan pengamatan selama genangan karena fase pemulihan dapat menentukan dominansi selanjutnya (Pan et al., 2021).

Adaptasi fisiologis tidak bekerja secara terpisah dari morfologi. Aerenkim

meningkatkan pasokan oksigen, sedangkan metabolisme fermentatif menopang jaringan yang masih mengalami kekurangan oksigen. Sistem antioksidan melindungi sel selama perubahan muka air, sementara konservasi energi memperpanjang daya tahan. Kombinasi tersebut membentuk paket sifat yang membuat spesies tertentu lebih kompetitif pada lingkungan rawa. Karena paket sifat berbeda antarspesies, respons terhadap kedalaman dan durasi genangan juga berbeda, sehingga rekomendasi pengendalian perlu mempertimbangkan identitas gulma dominan (Paiman, Ansar, et al., 2022).

4.3. Adaptasi Reproduksi

Produksi biji dalam jumlah besar meningkatkan peluang keberlanjutan populasi meskipun sebagian biji mati akibat anoksia, dimakan organisme, atau gagal berkecambah. Gulma yang menyelesaikan siklus hidup sebelum penutupan tajuk kedelai dapat menambah bank biji secara cepat. Sebagian biji langsung berkecambah, sedangkan sisanya memasuki dormansi dan menjadi cadangan untuk musim berikutnya. Strategi ini membuat pengendalian yang hanya menurunkan biomassa tanpa mencegah pembentukan biji kurang efektif dalam jangka panjang, karena populasi dapat pulih dari cadangan yang tertinggal di tanah (Hossain & Begum, 2016).

Dormansi memungkinkan embrio mempertahankan viabilitas ketika oksigen, suhu, cahaya, atau kelembapan tidak mendukung perkecambahan. Kekurangan oksigen dapat memicu dormansi sekunder sehingga biji tetap hidup selama periode tergenang. Ketika tanah kembali mendapat aerasi, sebagian biji menerima sinyal untuk berkecambah dan menghasilkan gelombang kemunculan baru. Mekanisme ini

menjelaskan mengapa lahan yang tampak bersih selama genangan dapat kembali dipenuhi gulma setelah pengeringan. Pengelolaan perlu menargetkan fase ketika dormansi pecah dan kemunculan berlangsung serempak (Adak et al., 2023).

Beberapa gulma memiliki kemampuan perkecambahan anaerob yang memungkinkan koleoptil atau pucuk tumbuh sebelum akar memperoleh oksigen memadai. Pertumbuhan awal diarahkan untuk mencapai permukaan air, kemudian jaringan fotosintetik dan akar adventif berkembang setelah akses terhadap udara meningkat. Strategi ini memberi keuntungan pada lahan yang tergenang segera setelah tanam. Kedalaman genangan tetap menjadi faktor pembatas karena bibit harus memiliki cadangan energi cukup untuk mencapai permukaan. Oleh sebab itu, pengaturan kedalaman air dapat menekan sebagian spesies, tetapi mungkin tidak efektif terhadap gulma dengan toleransi perkecambahan anaerob tinggi (Chamara et al., 2018).

Penyebaran melalui air memperluas kolonisasi gulma rawa. Biji atau propagul yang mampu mengapung dapat berpindah mengikuti aliran saluran, limpasan hujan, dan perubahan muka air. Ketika aliran melambat, propagul mengendap pada lokasi baru dan berkecambah setelah kondisi sesuai. Saluran irigasi yang tidak bersih dapat menjadi sumber masuknya biji dari petak lain, sehingga pengendalian pada satu petak tidak selalu cukup. Pengelolaan kawasan perlu mencakup pembersihan saluran, pencegahan penyebaran propagul, dan koordinasi waktu pengendalian antarpetani (Soomers et al., 2012).

Reproduksi vegetatif memberi keuntungan tambahan bagi gulma

berimpang, stolon, umbi, atau ruas batang yang mampu tumbuh kembali. Pemotongan yang tidak tuntas dapat memperbanyak fragmen dan memperluas infestasi, terutama ketika air memindahkan potongan tanaman ke lokasi lain. Organ vegetatif sering menyimpan cadangan makanan yang mendukung pembentukan akar baru setelah tekanan lingkungan. Karena itu, penyiangan mekanis harus mengangkat atau merusak organ perennasi secara menyeluruh dan dilakukan sebelum fragmen tersebar melalui aliran air (Oksari, 2017).

5. BANK BIJI GULMA DAN DINAMIKA POPULASI

Bank biji merupakan kumpulan biji hidup yang tersimpan di dalam atau di atas tanah dan berfungsi sebagai sumber regenerasi komunitas gulma. Ukuran bank biji dipengaruhi oleh produksi biji sebelumnya, mortalitas, dormansi, predasi, kedalaman penguburan, dan kondisi lingkungan. Pada lahan rawa, kejenuhan air dapat menghambat perkecambahan tetapi tidak selalu mematikan biji. Sebagian biji tetap dorman dan mempertahankan viabilitas sampai tanah memperoleh oksigen. Keberadaan cadangan tersebut membuat masalah gulma bersifat lintas musim dan membutuhkan strategi yang mengurangi masukan biji baru sekaligus menguras cadangan lama (Hossain & Begum, 2016).

Distribusi vertikal bank biji menentukan peluang kemunculan. Lapisan permukaan umumnya mengandung lebih banyak biji yang siap berkecambah karena mendapat cahaya, suhu berfluktuasi, dan oksigen lebih tinggi. Lapisan lebih dalam menyimpan biji dalam kondisi dorman dan melindunginya dari predasi atau gangguan tertentu. Pada sistem tanpa olah tanah, biji cenderung terkonsentrasi dekat permukaan,

sedangkan pengolahan intensif menyebarkan biji ke berbagai kedalaman. Pola tersebut memengaruhi efektivitas herbisida pratanam, penyiangan, dan pengaturan air (Hossain et al., 2021).

Pengolahan tanah dapat mengubur biji yang baru jatuh, tetapi juga mengangkat biji lama ke zona perkecambahan. Dampaknya bergantung pada jenis alat, kedalaman olah, waktu pelaksanaan, dan biologi spesies gulma. Pembajakan dalam mungkin menurunkan kemunculan segera, tetapi menciptakan cadangan yang dapat muncul kembali pada musim berikutnya ketika lapisan tanah terganggu. Sebaliknya, olah tanah minimal mempertahankan banyak biji di permukaan sehingga memungkinkan pengendalian serempak sebelum tanam. Keputusan pengolahan perlu dikaitkan dengan strategi pengelolaan bank biji jangka panjang (Abusteit et al., 2024).

Kondisi anaerob memengaruhi viabilitas melalui laju respirasi dan penggunaan cadangan makanan. Biji sensitif kehilangan kemampuan tumbuh apabila metabolisme tidak dapat dipertahankan, sedangkan biji toleran mengurangi aktivitas dan menunggu kondisi membaik. Durasi genangan, suhu, kualitas air, dan karakter kulit biji menentukan tingkat kematian. Oleh karena itu, genangan dapat digunakan untuk menekan sebagian bank biji, tetapi hasilnya harus dievaluasi berdasarkan spesies. Penggunaan kedalaman dan lama genangan yang sama pada semua lokasi berisiko menghasilkan respons berbeda karena komposisi bank biji tidak seragam (Paiman, Ardiyanta, et al., 2022).

Gelombang kemunculan gulma terjadi ketika kombinasi suhu, kelembapan, cahaya, dan oksigen sesuai dengan kebutuhan spesies. Pemodelan waktu

kemunculan dapat membantu menentukan kapan penyiangan atau aplikasi herbisida paling efektif. Pada budidaya jenuh air, perubahan muka air menjadi sinyal tambahan yang memicu atau menunda perkecambahan. Pengendalian yang terlalu dini mungkin tidak mengenai sebagian besar populasi, sedangkan tindakan terlambat memungkinkan gulma membentuk akar kuat dan menguasai sumber daya. Pemantauan lapangan perlu dilakukan secara berkala agar waktu pengendalian mengikuti pola kemunculan aktual (Marschner et al., 2024).

Dalam jangka panjang, tekanan genangan yang berulang menyeleksi biji dan individu yang lebih toleran terhadap hipoksia. Populasi dapat berubah bukan hanya dalam jumlah, tetapi juga dalam komposisi sifat. Spesies sensitif berkurang, sedangkan spesies dengan dormansi kuat, perkecambahan anaerob, atau kemampuan pemulihan cepat meningkat. Penggunaan herbisida berulang menambah tekanan seleksi lain dan dapat memperkuat dominansi biotipe yang sulit dikendalikan. Karena itu, rotasi metode pengendalian dan variasi pengelolaan air diperlukan untuk mencegah komunitas berkembang menuju struktur yang semakin seragam dan resisten (Rao et al., 2017).

Pengelolaan bank biji harus menekankan prinsip tidak membiarkan gulma menghasilkan biji baru. Penyiangan sebelum fase generatif, pemusnahan gulma di pematang dan saluran, penggunaan benih tanaman yang bersih, serta pencegahan perpindahan tanah terkontaminasi dapat mengurangi masukan. Pada saat yang sama, kemunculan gulma dari cadangan lama perlu ditekan melalui pengaturan air, mulsa, penutupan tajuk, dan pengendalian tepat waktu. Pendekatan ini memang tidak

menghilangkan bank biji dalam satu musim, tetapi secara bertahap menurunkan sumber infestasi dan meningkatkan efektivitas pengendalian pada tahun berikutnya (Hossain & Begum, 2016).

6. INTERAKSI GULMA DAN TANAMAN KEDELAI PADA KONDISI JENUH AIR

6.1. Kompetisi Sumber Daya

Kedelai dan gulma menggunakan sumber daya yang sama, tetapi kemampuan memperoleh sumber daya berbeda menurut kecepatan tumbuh, arsitektur akar, tinggi tanaman, dan toleransi lingkungan. Pada fase awal, gulma yang berkecambah lebih cepat dapat membentuk akar dan daun sebelum kedelai berkembang penuh. Kondisi jenuh air memperbesar ketimpangan apabila akar kedelai mengalami hipoksia sementara gulma dominan telah beradaptasi. Persaingan tersebut mengurangi pertumbuhan vegetatif, jumlah cabang, luas daun, dan pembentukan polong, sehingga pengendalian pada awal musim menjadi sangat menentukan (Efendy et al., 2020).

Kompetisi cahaya terjadi ketika tajuk gulma menutupi daun kedelai atau mengubah kualitas cahaya yang diterima tanaman. Penurunan radiasi fotosintetik mengurangi pembentukan asimilat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan akar dan pengisian biji. Gulma tinggi juga memicu respons pemanjangan pada kedelai, sehingga tanaman mengalokasikan energi untuk batang daripada pembentukan cabang dan polong. Kedelai yang memiliki vigor awal tinggi dan cepat menutup kanopi lebih mampu menekan gulma, sehingga pemilihan varietas dan kepadatan tanam dapat memperkuat pengendalian ekologis (Silva et al., 2018).

Kompetisi di bawah tanah mencakup perebutan nitrogen, fosfor, kalium, air, dan ruang perakaran. Pada kondisi hipoksia, fungsi akar kedelai menurun karena respirasi dan transport aktif terganggu. Gulma dengan akar adventif atau aerenkim tetap mampu mengeksplorasi tanah dan memperoleh hara, sehingga perbedaan toleransi memperbesar keunggulan gulma. Pemupukan yang tidak tepat dapat memperburuk keadaan karena unsur hara yang diberikan justru dimanfaatkan gulma lebih cepat. Penempatan pupuk, waktu aplikasi, dan pengendalian gulma harus disinkronkan agar investasi hara lebih banyak mendukung tanaman utama (Aanchal & Menon, 2025).

Periode kritis kompetisi merupakan rentang waktu ketika keberadaan gulma menyebabkan kehilangan hasil yang tidak dapat dipulihkan. Pada kedelai, periode tersebut umumnya berada pada beberapa minggu awal setelah tanam ketika tajuk dan sistem akar belum berkembang sempurna. Pengendalian sebelum dan selama periode kritis memberikan manfaat terbesar, sedangkan penyiangan setelah kerusakan terjadi hanya memperbaiki kondisi secara terbatas. Dalam sistem jenuh air, waktu ini harus disesuaikan dengan fase pemberian genangan agar kedelai tidak mengalami tekanan ganda dari hipoksia dan kompetisi gulma (Puspita et al., 2017).

Keberadaan gulma setelah periode kritis tetap perlu dikendalikan apabila berpotensi menghasilkan biji, mengganggu panen, atau menjadi inang organisme pengganggu. Gulma yang dibiarkan sampai matang menambah bank biji dan memperbesar biaya pengendalian pada musim berikutnya. Selain itu, biomassa tinggi dapat menghambat sirkulasi udara, meningkatkan kelembapan tajuk, dan

mempersulit operasi panen. Dengan demikian, tujuan pengelolaan bukan hanya melindungi hasil musim berjalan, tetapi juga menjaga kebersihan lahan dan menekan sumber infestasi jangka panjang (Imaniasita et al., 2020).

Kehilangan hasil merupakan hasil kumulatif dari penurunan cahaya, hara, air, dan kapasitas fisiologis tanaman. Pada infestasi berat, kedelai menghasilkan tajuk lebih kecil, nodulasi terganggu, jumlah bunga berkurang, dan pengisian biji tidak optimal. Kondisi jenuh air dapat memperbesar dampak tersebut karena akar tanaman telah menghadapi keterbatasan oksigen. Apabila gulma toleran tumbuh tanpa pengendalian, penurunan produktivitas dapat mencapai tingkat yang sangat tinggi. Fakta ini memperkuat pentingnya pencegahan dan pengendalian awal sebelum komunitas gulma membentuk dominansi yang sulit dibalikkan (Aanchal & Menon, 2025).

6.2. Alelopati Gulma Rawa

Alelopati terjadi ketika senyawa yang dilepaskan satu tumbuhan memengaruhi proses biologis tumbuhan lain. Senyawa dapat keluar melalui eksudat akar, pelindian tajuk, volatil, atau dekomposisi residu. Pada lahan rawa, air dapat melarutkan dan memindahkan alelokimia ke zona perakaran kedelai. Konsentrasi dan persistensinya dipengaruhi oleh pH, suhu, mikroorganisme, tekstur tanah, serta lama genangan. Karena itu, efek alelopati di lapangan bersifat dinamis dan dapat berbeda dari hasil uji laboratorium dengan ekstrak pekat (Cheng & Cheng, 2015).

Senyawa fenolik dan metabolit sekunder lainnya dapat menghambat perkecambahan, pemanjangan akar, pembelahan sel, sintesis protein, dan

aktivitas fotosintesis. Akar muda merupakan bagian yang sangat peka karena kontak langsung dengan larutan tanah. Kerusakan akar mengurangi penyerapan air dan hara, kemudian memengaruhi pertumbuhan tajuk. Pada kedelai yang sedang mengalami hipoksia, gangguan tambahan dari alelokimia dapat memperburuk ketidakseimbangan energi dan menurunkan kemampuan pemulihan. Interaksi tersebut menjelaskan mengapa spesies gulma tertentu memberi dampak lebih besar daripada yang diperkirakan hanya berdasarkan biomassa (Anwar et al., 2021).

Salah satu mekanisme fitotoksik adalah peningkatan spesies oksigen reaktif dan peroksidasi lipid. Ketika sistem antioksidan tanaman tidak mampu menetralkan radikal bebas, membran kehilangan integritas, kebocoran elektrolit meningkat, dan fungsi organel terganggu. Gejala tersebut dapat terlihat sebagai penurunan klorofil, penghambatan akar, dan rendahnya biomassa. Kondisi jenuh air sendiri sudah meningkatkan risiko stres oksidatif, sehingga alelokimia dapat bertindak secara sinergis dengan hipoksia. Penilaian bioherbisida perlu mempertimbangkan mekanisme ini sekaligus memastikan bahwa senyawa tidak merusak tanaman kedelai (Kostina-Bednarz et al., 2023).

Meskipun alelopati menjadi ancaman bagi kedelai, mekanisme yang sama dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan bioherbisida. Ekstrak atau senyawa alami dari tumbuhan alelopatik berpotensi menekan perkecambahan dan pertumbuhan gulma sasaran. Keunggulannya adalah peluang menggunakan bahan lokal dan mengurangi ketergantungan pada herbisida sintesis. Namun, efektivitas sangat

dipengaruhi konsentrasi, formulasi, waktu aplikasi, stabilitas bahan aktif, serta selektivitas terhadap tanaman. Pengembangan bioherbisida harus melalui pengujian lapangan agar aktivitas yang terlihat di laboratorium dapat diterjemahkan menjadi pengendalian yang konsisten dan aman (Indarwati et al., 2023).

7. Implikasi Pengelolaan Gulma

7.1. Pengelolaan Tata Air sebagai Alat Pengendalian

Tata air dapat digunakan untuk menciptakan kondisi yang menguntungkan kedelai tetapi merugikan gulma sensitif. Muka air dipertahankan pada kedalaman yang menyediakan kelembapan stabil tanpa menyebabkan anoksia berat pada akar kedelai. Penggenangan dangkal pada waktu tertentu dapat menghambat respirasi benih gulma, mengurangi kemunculan, dan menekan pertumbuhan awal. Namun, efektivitasnya harus dinilai bersama toleransi varietas kedelai, tekstur tanah, curah hujan, dan kapasitas drainase. Pengaturan yang tidak tepat dapat menekan tanaman lebih kuat daripada gulma toleran (Sagala et al., 2011).

Waktu penerapan air menentukan keberhasilan. Genangan yang diberikan sebelum gulma membentuk sistem akar adaptif lebih efektif daripada genangan setelah gulma berkembang. Fase awal setelah tanam merupakan sasaran penting, tetapi kedelai juga sensitif terhadap hipoksia pada tahap perkecambahan dan pembentukan daun pertama. Oleh sebab itu, pemberian air perlu mempertimbangkan umur tanaman, vigor bibit, dan prakiraan hujan. Penundaan singkat sampai akar kedelai cukup berkembang dapat mengurangi risiko kerusakan, kemudian kondisi jenuh dipertahankan untuk menekan

gelombang kemunculan gulma berikutnya (Abdullah et al., 2021).

Kedalaman dan durasi genangan harus disesuaikan dengan spesies sasaran. Sebagian gulma kehilangan viabilitas pada genangan dangkal, sedangkan gulma semiakuatik mampu berkecambah atau memanjangkan pucuk pada air lebih dalam. Pengamatan komunitas sebelum menentukan rezim air menjadi penting agar pengelolaan tidak justru memilih spesies yang lebih sulit dikendalikan. Variasi kedalaman atau siklus basah-kering dapat digunakan untuk menghindari tekanan seleksi yang terlalu seragam, tetapi perubahan tersebut harus tetap berada dalam batas toleransi kedelai (Rao et al., 2017).

Saluran air perlu dipelihara agar distribusi air merata dan drainase dapat dilakukan ketika curah hujan tinggi. Saluran yang tersumbat menyebabkan genangan tidak terkendali, sedangkan kebocoran membuat sebagian petak terlalu kering. Selain fungsi hidrologi, saluran dapat menjadi tempat tumbuh dan sumber propagul gulma. Pembersihan sebelum gulma menghasilkan biji mengurangi penyebaran melalui air. Pengelolaan tata air dengan demikian mencakup pengaturan muka air di petak, pemeliharaan saluran, dan pencegahan perpindahan biji dari luar areal (Soomers et al., 2012).

7.2. Strategi Pengendalian Gulma

Terpadu

Pengendalian terpadu mengombinasikan tindakan pencegahan, kultur teknis, mekanis, biologis, dan kimia sesuai kondisi lapangan. Tujuannya bukan menghilangkan seluruh gulma, melainkan menjaga populasi di bawah tingkat yang merugikan, mencegah produksi biji, dan menghambat dominansi spesies adaptif.

Pendekatan ini mengurangi ketergantungan pada satu metode dan memperlambat evolusi resistensi. Keputusan harus berdasarkan identifikasi spesies, fase pertumbuhan, kerapatan, pola sebaran, kondisi air, serta periode kritis kedelai (Rao et al., 2017).

Teknik kultur dapat meningkatkan daya saing kedelai melalui penggunaan benih bermutu, varietas bervigor awal tinggi, jarak tanam tepat, dan populasi tanaman seragam. Tajuk yang cepat menutup mengurangi cahaya di permukaan tanah dan menekan gulma yang membutuhkan intensitas tinggi. Mulsa organik menghambat kemunculan secara fisik, menjaga kelembapan, dan dapat menambah bahan organik. Namun, bahan mulsa harus bebas biji gulma dan tidak membawa propagul ke lahan. Integrasi pengelolaan tajuk dan mulsa membantu mengurangi tekanan gulma sebelum diperlukan tindakan kimia (Khamare et al., 2022).

Penyiangan mekanis efektif ketika dilakukan pada fase awal dan sebelum gulma membentuk biji. Penyiangan manual memungkinkan pemilihan gulma sasaran, tetapi membutuhkan tenaga kerja. Alat mekanis meningkatkan kapasitas kerja, namun penggunaannya harus hati-hati pada tanah jenuh agar tidak merusak akar kedelai atau memecah organ vegetatif gulma menjadi propagul baru. Gulma yang dicabut perlu dikeluarkan atau ditempatkan pada kondisi yang mencegah tumbuh kembali. Pengendalian pada tiga minggu awal umumnya memberikan manfaat besar karena bertepatan dengan periode kritis kompetisi (Efendy et al., 2020).

Herbisida selektif dapat digunakan ketika kerapatan gulma tinggi atau luas areal

tidak memungkinkan penyiangan manual. Pemilihan bahan aktif harus sesuai dengan kelompok gulma, fase tanaman, kondisi air, dan rekomendasi dosis. Tanah jenuh dapat mengubah pergerakan dan persistensi herbisida, sehingga risiko pencucian, fitotoksisitas, atau efektivitas yang tidak konsisten perlu diperhatikan. Penggunaan bahan aktif yang sama secara berulang harus dihindari karena meningkatkan tekanan seleksi terhadap biotipe resisten. Rotasi mekanisme kerja dan kombinasi dengan metode nonkimia menjadi prinsip penting (Indarwati et al., 2022).

Bioherbisida berbasis alelokimia menawarkan alternatif untuk menekan gulma dengan bahan yang relatif mudah terdegradasi. Senyawa fenolik, flavonoid, terpenoid, dan metabolit lain dapat mengganggu pembelahan sel, fotosintesis, respirasi, atau keseimbangan redoks gulma. Tantangan penerapannya meliputi variasi kandungan bahan aktif, stabilitas formulasi, kebutuhan dosis, pengaruh lingkungan, dan selektivitas terhadap kedelai. Produk yang efektif harus memiliki standar bahan baku, metode ekstraksi, formulasi, dan waktu aplikasi yang jelas. Karena itu, pengembangan bioherbisida membutuhkan kolaborasi antara penelitian fisiologi, kimia, agronomi, dan teknologi formulasi (Anwar et al., 2021).

Pemanfaatan biomassa gulma lokal sebagai bahan bioherbisida dapat mengubah limbah pengendalian menjadi sumber daya. Gulma yang diketahui memiliki aktivitas alelopati dikumpulkan sebelum menghasilkan biji, kemudian diolah menjadi ekstrak atau bahan formulasi. Pendekatan ini berpotensi mengurangi biaya dan volume biomassa di lahan. Namun, pemanfaatan harus memastikan tidak terjadi penyebaran

biji, kontaminasi, atau efek negatif terhadap organisme bukan sasaran. Uji selektivitas pada kedelai dan evaluasi residu lingkungan menjadi tahap wajib sebelum aplikasi luas (Indarwati et al., 2023).

Pengelolaan terpadu perlu disusun dalam urutan waktu. Sebelum tanam dilakukan sanitasi lahan, pengelolaan saluran, dan pengurangan bank biji permukaan. Pada awal pertumbuhan diterapkan pengaturan air dan penyiangan sesuai pola kemunculan. Setelah tajuk berkembang, fokus beralih pada pencegahan pembentukan biji serta pengendalian gulma yang lolos. Menjelang panen, gulma di pematang dan saluran harus dibersihkan agar tidak menjadi sumber infestasi. Catatan spesies dan respons pengendalian tiap musim digunakan untuk memperbaiki keputusan berikutnya (Marschner et al., 2024).

Keberhasilan strategi harus diukur melalui beberapa indikator, yaitu penurunan kerapatan dan biomassa gulma, perubahan dominansi, berkurangnya produksi biji, peningkatan pertumbuhan kedelai, hasil panen, biaya pengendalian, dan dampak lingkungan. Evaluasi hanya berdasarkan tampilan lahan yang bersih dapat menyesatkan apabila bank biji tetap tinggi atau spesies toleran mulai meningkat. Pengamatan jangka panjang membantu memastikan bahwa metode yang digunakan tidak sekadar memindahkan masalah dari satu spesies ke spesies lain. Pendekatan berbasis data lapangan merupakan dasar pengelolaan yang adaptif (Ahadiyat & Sarjito, 2022).

8. ARAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Informasi mengenai gulma pada budidaya kedelai jenuh air masih lebih terbatas dibandingkan penelitian pada padi atau sistem lahan kering. Penelitian perlu mengidentifikasi spesies dominan pada berbagai tipe rawa, kedalaman muka air, musim, dan varietas kedelai. Data tersebut penting untuk membedakan respons umum terhadap genangan dari respons yang spesifik lokasi. Survei berulang juga diperlukan untuk memantau perubahan komunitas setelah teknologi jenuh air diterapkan selama beberapa musim (Paiman, Ansar, et al., 2022).

Kajian bank biji perlu menghubungkan distribusi vertikal, viabilitas, dormansi, dan waktu kemunculan dengan praktik pengolahan tanah serta tata air. Pengambilan contoh hanya pada permukaan tidak cukup untuk menggambarkan cadangan propagul jangka panjang. Penelitian jangka panjang dapat menjelaskan laju penurunan bank biji setelah pencegahan produksi biji dan menunjukkan apakah genangan berulang benar-benar mengurangi cadangan atau hanya menunda perkecambahan. Informasi ini mendukung perencanaan pengendalian lintas musim (Hossain & Begum, 2016).

Ambang kedalaman dan durasi genangan yang menekan gulma tanpa merusak kedelai perlu ditentukan untuk spesies dan varietas yang berbeda. Eksperimen sebaiknya mengukur bukan hanya kelangsungan hidup, tetapi juga pemulihan setelah pengeringan, produksi biji, perubahan aerenkim, aktivitas enzim fermentasi, dan stres oksidatif. Pendekatan tersebut akan menghasilkan rekomendasi tata air yang lebih presisi daripada

penggunaan satu kedalaman untuk seluruh kondisi lahan (Chamara et al., 2018).

Pengembangan bioherbisida memerlukan verifikasi dari laboratorium sampai lapangan. Senyawa aktif harus diidentifikasi, distandarkan, dan diuji pada gulma sasaran serta kedelai. Formulasi perlu mempertahankan stabilitas bahan aktif dalam kondisi air, cahaya, dan suhu yang berubah. Penelitian juga harus mengevaluasi pengaruh terhadap mikroorganisme tanah, organisme perairan, dan residu. Tanpa tahapan tersebut, potensi alelopati belum dapat langsung diterjemahkan menjadi teknologi yang aman dan konsisten (Kostina-Bednarz et al., 2023).

KESIMPULAN

Budidaya kedelai jenuh air mengubah lingkungan tanah melalui penurunan oksigen dan perubahan redoks, sehingga bertindak sebagai tekanan selektif terhadap komunitas gulma. Spesies terestrial yang sensitif cenderung menurun, sedangkan gulma semiakuatik dan toleran genangan memperoleh keuntungan. Pergeseran tersebut terlihat pada perubahan komposisi, dominansi, pola pertumbuhan, dan bank biji. Karena itu, penurunan jumlah gulma tidak selalu berarti masalah selesai apabila komunitas bergeser menuju spesies yang lebih adaptif (Ikhsan et al., 2020).

Keberhasilan gulma bertahan didukung oleh kombinasi aerenkim, akar adventif, penghalang kehilangan oksigen, pemanjangan pucuk, fermentasi, konservasi energi, sistem antioksidan, dormansi, produksi biji tinggi, dan penyebaran melalui air. Sifat-sifat tersebut juga meningkatkan kemampuan bersaing dengan kedelai dan memperkuat dampak alelopati. Interaksi antara hipoksia, kompetisi, dan senyawa alelokimia dapat menurunkan pertumbuhan

serta hasil apabila tidak dikendalikan pada periode kritis (Colmer & Voesenek, 2009). Pengelolaan gulma yang berkelanjutan harus memadukan tata air yang presisi, varietas dan jarak tanam kompetitif, mulsa, penyiangan mekanis, penggunaan herbisida selektif secara bijaksana, pencegahan produksi biji, pengelolaan saluran, dan pengembangan bioherbisida. Strategi tersebut perlu disesuaikan dengan spesies dominan dan dievaluasi lintas musim menggunakan indikator populasi gulma, bank biji, hasil kedelai, biaya, dan dampak lingkungan. Pendekatan terpadu merupakan pilihan paling rasional untuk meningkatkan produktivitas kedelai sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem rawa (Rao et al., 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Aanchal, & Menon, S. (2025). Effect of weed management practices on soybean growth and yield improvement. *International Journal of Research in Agronomy*, 8(4), 691.
<https://doi.org/10.33545/2618060x.2025.v8.i4i.2847>
- Abdullah, M., Zakaria, N., Ahmad-Hamdani, M. S., & Juraimi, A. S. (2021). Water scarcity in the rice fields: A review on water and weed interaction in the lowland rice production areas. *Plant Archives*, 21(Suppl. 1), 1707–1714.
<https://doi.org/10.51470/plantarchives.2021.v21.s1.270>
- Abusteit, E. O., Absy, R., Ismail, A. M., & Hassan, A. (2024). Preliminary study on the effect of certain weeds control strategies on the seed bank of the soil. *Research Square*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4220016/v1>
- Adak, M. K., Das, A., Kundu, A., Chatterjee, M., & Hasanuzzaman, M. (2023). Molecular mechanisms in understanding anoxia tolerance in rice seeds under submergence and their implication in rice biotechnology. *Seeds*, 2(3), 246.
<https://doi.org/10.3390/seeds2030019>
- Ahadiyat, Y. R., & Sarjito, A. (2022). Pengaruh kondisi lahan kering tanpa olah tanah terhadap kelimpahan gulma. *AL-Kauniah: Jurnal Biologi*, 15(1), 16–25.
<https://doi.org/10.15408/kauniah.v15i1.15137>
- Anwar, S., Naseem, S., Karimi, S., Asi, M. R., Akrem, A., & Ali, Z. (2021). Bioherbicidal activity and metabolic profiling of potent allelopathic plant fractions against major weeds of wheat—Way forward to lower the risk of synthetic herbicides. *Frontiers in Plant Science*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.632390>
- Chamara, B. S., Marambe, B., Kumar, V., Ismail, A. M., Septiningsih, E. M., & Chauhan, B. S. (2018). Optimizing sowing and flooding depth for anaerobic germination-tolerant genotypes to enhance crop establishment, early growth, and weed management in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 9, 1654.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01654>
- Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
- Colmer, T. D., & Voesenek, L. A. C. J. (2009). Flooding tolerance: Suites of plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology*, 36(8), 665.
<https://doi.org/10.1071/FP09144>
- Efendy, D. Y., Yudono, P., & Respatie, D. W. (2020). Pengaruh metode pengendalian gulma terhadap dominansi gulma serta pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Vegetalika*, 9(3), 449–460.
<https://doi.org/10.22146/veg.44998>
- Ejiri, M., & Shiono, K. (2019). Prevention of radial oxygen loss is associated with exodermal suberin along adventitious roots of annual wild species of *Echinochloa*. *Frontiers in Plant Science*,

- 10, 254.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00254>
- Firmansyah, E. (2018). Perubahan morfologis dan anatomis kelapa sawit pada rezim air dan salinitas berbeda. *Jurnal Agro*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.15575/1963>
- Hossain, M. M., Begum, M., Hashem, A., Rahman, M. M., Ahmed, S., Hassan, M. M., Javed, T., Shabbir, R., Hadifa, A., Sabagh, A. E., & Bell, R. W. (2021). Strip tillage and crop residue retention decrease the size but increase the diversity of the weed seed bank under intensive rice-based crop rotations in Bangladesh. *Agronomy*, 11(6), Article 1164. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061164>
- Hossain, M., & Begum, M. (2016). Soil weed seed bank: Importance and management for sustainable crop production—A review. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 13(2), 221. <https://doi.org/10.3329/jbau.v13i2.28783>
- Ikhsan, Z., Hidrayani, H., Yaherwandi, Y., & Hamid, H. (2020). Keanekaragaman dan dominansi gulma pada ekosistem padi di lahan pasang surut Kabupaten Indragiri Hilir. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(2), 117–124. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v13i2.7463>
- Imaniasita, V., Liana, T., Krisyetno, K., & Pamungkas, D. S. (2020). Identifikasi keragaman dan dominansi gulma pada lahan pertanian kedelai. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.36449>
- Indarwati, I., Jili, A. Q. A., Susilo, A., & Suryaningsih, D. R. (2023). Potensi alelopati ekstrak gulma alang-alang sebagai bioherbisida. *Journal of Applied Plant Technology*, 2(1), 30. <https://doi.org/10.30742/japt.v2i1.77>
- Indarwati, I., Thohiron, M., & Triyono, M. F. (2022). Uji efektivitas herbisida pasca tumbuh pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Journal of Applied Plant Technology*, 1(1), 71–79. <https://doi.org/10.30742/japt.v1i1.32>
- Khamare, Y., Chen, J., & Marble, C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1034649. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034649>
- Kostina-Bednarz, M., Płonka, J., & Barchańska, H. (2023). Allelopathy as a source of bioherbicides: Challenges and prospects for sustainable agriculture. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(2), 471. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09656-1>
- Ma, M., Cen, W., Li, R., Wang, S., & Luo, J. (2020). The molecular regulatory pathways and metabolic adaptation in the seed germination and early seedling growth of rice in response to low O₂ stress [Review of The Molecular Regulatory Pathways and Metabolic Adaptation in the Seed Germination and Early Seedling Growth of Rice in Response to Low O₂ Stress]. *Plants*, 9(10), 1363. <https://doi.org/10.3390/plants9101363>
- Marschner, C., Colucci, I., Stup, R. S., Westbrook, A. S., Brunharo, C. A. C. G., DiTommaso, A., & Mesgaran, M. B. (2024). Modeling weed seedling emergence for time-specific weed management: A systematic review. *Weed Science*, 72(4), 313–330. <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.25>
- Murrinie, E. D., Fauzi, M., & Krestiani, V. (2023). Perubahan komposisi gulma pada pertanian okra dengan jarak tanam dan frekuensi penyiangan berbeda. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 5, 203–210. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v5i.724>
- Ningsih, A., Mansyurdin, M., & Maideliza, T. (2016). Perkembangan aerenkim akar kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) dan kangkung air (*Ipomoea aquatic* Forsk). *AL-Kauniah Jurnal Biologi*, 9(1). <https://doi.org/10.15408/kauniah.v9i1.3356>
- Oksari, A. A. (2017). Analisis vegetasi gulma pada pertanian jagung dan hubungannya dengan pengendalian gulma

- di Lambung Bukit, Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Sains Natural*, 4(2), 135–143. <https://doi.org/10.31938/jsn.v4i2.85>
- Paiman, P., Ansar, M., Ardiani, F., & Yusoff, S. F. (2022). Minimizing weed competition through waterlogging in rice (*Oryza sativa*) under various soil types. *Research on Crops*, 23(2), 1–9. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2022.roc-903>
- Paiman, P., Ardiyanta, Subeni, Kharisun, & Yusoff, S. F. (2022). Effect of waterlogging on weed seed germination and growth in lowland rice. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(6), 5397–5408. https://doi.org/10.15666/aeer/2006_53975408
- Pan, J., Sharif, R., Xu, X., & Chen, X. (2021). Mechanisms of waterlogging tolerance in plants: Research progress and prospects [Review of Mechanisms of Waterlogging Tolerance in Plants: Research Progress and Prospects]. *Frontiers in Plant Science*, 11, 627331. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.627331>
- Puspita, K. D., Respatie, D. W., & Yudono, P. (2017). Pengaruh waktu penyiangan terhadap pertumbuhan dan hasil dua kultivar kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Vegetalika*, 6(3), 24–34. <https://doi.org/10.22146/veg.28015>
- Rao, A. N., Brainard, D. C., Kumar, V., Ladha, J. K., & Johnson, D. E. (2017). Preventive weed management in direct-seeded rice. In *Advances in Agronomy* (Vol. 144, pp. 45–142). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.02.002>
- Rathika, S., Ramesh, T., & Shanmugapriya, P. (2020). Weed management in direct seeded rice: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 925. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4.f.9723>
- Sagala, D., Ghulamahdi, M., & Melati, M. (2011). Pola serapan hara dan pertumbuhan beberapa varietas kedelai dengan budidaya jenuh air di lahan rawa pasang surut. *Jurnal Agroqua*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.32663/ja.v9i1.40>
- Setiawan, A. N., & Sarjiyah, S. (2021). Keanekaragaman dan kelimpahan gulma pada tumpangsari jagung manis dengan kacang. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 7(2), 143–150. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v7i2.10814>
- Silva, D. R. O. da D., Agostinetto, D., & Vargas, L. (2018). Partition resources soil and light in competition between soybean and stages of horseweed. *Brazilian Journal of Agriculture – Revista de Agricultura*, 93(2), 112–121. <https://doi.org/10.37856/bja.v93i2.219>
- Soomers, H., Karssenberg, D., Soons, M. B., Verweij, P. A., Verhoeven, J. T. A., & Wassen, M. J. (2012). Wind and water dispersal of wetland plants across fragmented landscapes. *Ecosystems*, 16(3), 434. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9619-y>
- Susilawati, A., Wahyudi, E., & Mailina, B. (2017). Pertanian ramah lingkungan di lahan rawa pasang surut mendukung ketahanan pangan nasional. In *Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. <http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/7235>
- Utami, S. R., Murningsih, M., & Muhammad, F. (2020). Keanekaragaman dan dominansi jenis tumbuhan gulma pada perkebunan kopi di Hutan Wisata Nglimut Kendal Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 411. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.411-416>
- Voesenek, L. A. C. J., & Bailey-Serres, J. (2013). Flooding tolerance: O₂ sensing and survival strategies. *Current Opinion in Plant Biology*, 16(5), 647. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.06.008>
- Yani, I. U. K., Killa, Y. M., & Kapoe, S. K. K. L. (2022). Identifikasi jenis dan nilai penting gulma tanaman padi sawah di lahan food estate Desa Umbu Pabal Selatan, Kabupaten Sumba Tengah. *Perbal Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 291. <https://doi.org/10.30605/perbal.v10i2.1761>

Zhou, W., Feng, C., Meng, Y., Chandrasekaran, U., Luo, X., Yang, W., & Shu, K. (2020). Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed germination to maturation [Review of Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed

germination/flooding stress responses: From seed germination to maturation]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 228.

<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.020>

PENERAPAN PUPUK ORGANIK CAIR URINE KAMBING DAN LIMBAH BUAH TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN SEMANGKA

Natasya Ramadhana¹, Elrisa Ramadhani², Maya Sari³

Politeknik Pembangunan Pertanian Medan, Indonesia

Email: elrisaramadhani.new0@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya ketergantungan petani terhadap penggunaan pupuk anorganik yang berpotensi menurunkan kesuburan tanah serta belum optimalnya pemanfaatan limbah organik, seperti urine kambing, limbah kulit nenas, dan kulit pisang, sebagai pupuk organik cair (POC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian POC berbahan urine kambing, limbah kulit nenas, dan kulit pisang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman semangka (*Citrullus lanatus*), menentukan dosis perlakuan terbaik, serta mengetahui tingkat penerimaan dan penerapan petani terhadap inovasi tersebut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2026 di Kecamatan Sei Ramban, Kabupaten Serdang Bedagai menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) nonfaktorial yang terdiri atas lima perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan meliputi P0 (kontrol), P1 (50 ml + 20 ml), P2 (100 ml + 35 ml), P3 (150 ml + 50 ml), dan P4 (200 ml + 65 ml). Parameter yang diamati meliputi panjang sulur, jumlah daun, umur berbunga, berat buah, panjang buah, dan diameter buah pada umur panen 55 hari setelah tanam. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf 5%, sedangkan efektivitas penyuluhan dianalisis melalui pre-test dan post-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan dan hasil tanaman semangka. Perlakuan P4 memberikan pertumbuhan vegetatif dan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Kegiatan penyuluhan juga mampu meningkatkan pengetahuan, sikap, serta mendorong penerapan teknologi POC oleh petani. Dengan demikian, POC berbahan urine kambing, limbah kulit nenas, dan kulit pisang berpotensi menjadi alternatif pupuk organik yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam budidaya tanaman semangka.

Kata Kunci: Kulit Nanas, Kulit Pisang, Pupuk Organik Cair, Semangka, Urine Kambing.

PENDAHULUAN

Semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan termasuk komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi yang telah banyak dibudayakan di Indonesia, termasuk di Provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara (2025), produksi semangka di Sumatera Utara pada tahun 2024 mencapai 33.566 ton, dengan Kabupaten Serdang Bedagai sebagai sentra produksi terbesar. Namun, produksi semangka di Kecamatan Sei Ramban mengalami penurunan dari 6.217 ton pada tahun 2024 menjadi 2.498 ton pada tahun 2025. Penurunan tersebut diduga dipengaruhi oleh penggunaan

pupuk anorganik secara terus-menerus yang dapat menurunkan kesuburan tanah dan efisiensi penyerapan unsur hara tanaman.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui pemanfaatan pupuk organik cair (POC) urine kambing, dan limbah kulit nenas dan kulit pisang. Pupuk organik cair merupakan sumber unsur hara makro dan mikro yang berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Menurut Syahputra (2022) Urine kambing mengandung nitrogen (N) dan kalium (K) dalam jumlah relatif tinggi serta mengandung zat pengatur tumbuh yang dapat mendukung pertumbuhan

dan perkembangan tanaman. Selain itu, limbah kulit nanas mengandung berbagai nutrisi penting, termasuk air (81,72%), serat kasar (20,87%), karbohidrat (17,53%), protein (4,41%), dan unsur hara seperti C, N, Na, dan S (Sembiring *et al.*, 2024). Sedangkan kulit pisang kepok sebagai pupuk organik cair diketahui memiliki kandungan unsur hara berupa C-organik sebesar 0,55%, N-total 0,18%, P₂O₅ sebesar 0,043%, K₂O sebesar 1,137%, rasio C/N sebesar 3,06%, serta memiliki pH 4,5.

Pemanfaatan urine kambing, limbah kulit nanas dan kulit pisang sebagai bahan baku pupuk organik cair tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman semangka, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah organik yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan pupuk organik cair berbahan urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang pada tanaman semangka (*Citrullus lanatus*). Pemanfaatan kombinasi tiga limbah organik lokal sebagai sumber pupuk organik cair yang diharapkan dapat meningkatkan produktivitas semangka sekaligus mengurangi petani terhadap pupuk anorganik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2025 hingga Mei 2025 di Desa Suka Damai Kecamatan Sei Baman Kabupaten Serdang Bedagai. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, blender, pisau, ember fermentasi, pengaduk, penggaris. Sedangkan untuk bahan yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair terdiri dari urine kambing 5 liter, limbah kulit nanas dan kulit pisang masing-masing 1kg, *Efektive Microorganisme* (EM4), gula pasir atau molase, serta air bersih, dan benih semangka varietas DIVA F1 (PT. Benih Citra Asia (BCA) Jember – Indonesia).

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan sebagai plot uji coba. Adapun dosis perlakuan dalam penelitian ini

- P0 (Tanpa Perlakuan POC 0 ml),
- P1 (POC Urine Kambing 50ml + POC Kulit Buah 20ml)
- P2 (POC Urine Kambing 100ml + POC Kulit Buah 35ml)
- P3 (POC Urine Kambing 150ml + POC Kulit Buah 50ml)
- P4 (POC Urine Kambing 200ml + POC Kulit Buah 65ml).

Adapun parameter yang diamati antara lain, panjang sulur, jumlah daun, umur berbunga, berat buah, panjang buah, diameter buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang Sulur

PERLAKUAN TANAMAN	WAKTU PENGAMATAN (MST)						
	1	2	3	4	5	6	7
P0	8,26	18,82	32,00 ^a	52,42 ^a	69,46 ^a	97,20 ^a	113,28 ^a
P1	8,46	18,98	34,38 ^{ab}	54,60 ^a	78,54 ^b	106,08 ^{ab}	120,34 ^{ab}
P2	8,00	19,02	36,14 ^b	56,92 ^a	85,54 ^b	112,06 ^b	125,62 ^b
P3	8,02	19,28	41,28 ^c	78,00 ^b	109,20 ^c	129,04 ^c	150,86 ^c
P4	7,88	20,06	50,32 ^d	98,12 ^c	128,28 ^d	152,88 ^d	174,16 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel diatas terlihat bahwa panjang sulur tanaman semangka mengalami peningkatan pada seluruh perlakuan seiring bertambahnya umur tanaman, mulai dari 1 MST hingga 7 MST. Pada fase awal pertumbuhan, yaitu 1 MST dan 2 MST, panjang sulur pada seluruh perlakuan relatif tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Nilai panjang sulur pada 1 MST berkisar antara 7,88 - 8,46 cm, sedangkan pada 2 MST berkisar antara 18,82 - 20,06 cm. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian POC urine kambing yang dikombinasikan dengan POC limbah kulit nanas dan kulit pisang belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang sulur pada fase awal pertumbuhan tanaman.

Kondisi tersebut diduga karena pada fase awal pertumbuhan tanaman masih memusatkan energi hasil fotosintesis untuk pembentukan dan perkembangan sistem perakaran. Pada fase ini, akar belum berkembang secara optimal sehingga kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara yang berasal dari pupuk organik cair masih terbatas. Selain itu, pupuk organik cair memerlukan waktu untuk mengalami proses dekomposisi lanjutan dan mineralisasi oleh mikroorganisme tanah sehingga unsur

hara tersedia secara bertahap. Sejalan dengan penelitian Herman (2025) menjelaskan bahwa efektivitas pupuk organik cair terhadap pertumbuhan vegetatif umumnya mulai terlihat setelah sistem perakaran berkembang dengan baik sehingga penyerapan unsur hara berlangsung lebih optimal.

Pada pengamatan 5–6 MST, peningkatan panjang sulur semakin jelas terlihat pada perlakuan P3 dan P4. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis POC memberikan suplai unsur hara yang lebih mencukupi sehingga kebutuhan nutrisi tanaman selama fase pertumbuhan vegetatif dapat terpenuhi secara optimal. Selain nitrogen yang berasal dari urine kambing, limbah kulit pisang menyumbangkan unsur kalium (K) dalam jumlah cukup tinggi. Kalium berperan dalam aktivasi lebih dari 60 jenis enzim tanaman, mengatur keseimbangan tekanan osmotik sel, meningkatkan efisiensi penggunaan air, memperlancar translokasi hasil fotosintesis dari daun menuju jaringan yang sedang aktif tumbuh, serta mempercepat pembentukan jaringan baru pada batang dan sulur. Dengan meningkatnya dosis POC, jumlah kalium yang tersedia juga semakin tinggi sehingga proses pemanjangan batang

berlangsung lebih optimal. Hasil penelitian Adelia (2023) menyatakan bahwa pupuk organik cair berbahan kulit pisang mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman karena mengandung unsur N, P, dan K yang berperan dalam pembentukan jaringan tanaman dan mempercepat pertumbuhan batang.

Selain itu, limbah kulit nanas yang difermentasi menjadi pupuk organik cair turut memberikan kontribusi terhadap peningkatan panjang sulur. Kulit nanas mengandung berbagai senyawa organik, gula alami, asam organik, serta sejumlah unsur hara makro dan mikro yang selama proses fermentasi diuraikan menjadi bentuk yang lebih mudah diserap tanaman. Hasil fermentasi juga menghasilkan berbagai metabolit yang mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi, serta memperbesar kapasitas akar dalam menyerap air dan unsur hara. Kondisi tersebut menyebabkan proses metabolisme tanaman berlangsung lebih efisien sehingga pembelahan dan pemanjangan sel batang meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniawati (2024) yang

menyatakan bahwa pupuk organik cair berbahan limbah kulit nanas mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara serta aktivitas mikroba yang mendukung penyerapan nutrisi.

Semakin meningkat dosis POC dari P1 hingga P4, semakin besar jumlah unsur hara yang tersedia bagi tanaman, terutama nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur mikro seperti kalsium, magnesium, besi, seng, dan mangan. Unsur-unsur tersebut bekerja secara sinergis dalam mempercepat pembentukan klorofil, meningkatkan laju fotosintesis, memperbesar produksi *Adenosin Trifosfat* (ATP) sebagai sumber energi metabolisme, merangsang aktivitas hormon pertumbuhan seperti auksin dan giberelin, serta mempercepat pembelahan dan pemanjangan sel pada titik tumbuh batang. Akumulasi proses fisiologis tersebut menyebabkan sulur tanaman semangka tumbuh lebih panjang pada perlakuan dengan dosis POC yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dosis rendah maupun kontrol.

Jumlah Daun

Perlakuan Tanaman	Waktu Pengamatan Jumlah Daun MST (Helai)						
	1	2	3	4	5	6	7
P0	2,34	4,46	10,80	19,82 ^a	30,54 ^a	42,18 ^a	59,18 ^a
P1	2,48	4,60	12,26	21,06 ^a	35,50 ^b	49,08 ^b	63,00 ^b
P2	2,48	4,64	12,00	21,94 ^{ab}	35,00 ^b	49,08 ^b	63,72 ^b
P3	2,50	4,86	12,60	24,00 ^b	43,80 ^c	56,28 ^c	64,72 ^{bc}
P4	2,56	4,94	13,06	27,86 ^c	45,22 ^c	57,98 ^c	66,60 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel diatas terlihat bahwa jumlah daun tanaman semangka mengalami peningkatan pada seluruh perlakuan seiring dengan bertambahnya umur tanaman, mulai dari 1 MST hingga 7 MST. Pada fase awal pertumbuhan, yaitu 1 MST, 2 MST, dan 3 MST, jumlah daun pada seluruh perlakuan relatif tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Jumlah daun pada 1 MST berkisar antara 2,34 - 2,56 helai, pada 2 MST berkisar antara 4,46 - 4,94 helai, sedangkan pada 3 MST berkisar antara 10,80 - 13,06 helai. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian POC urine kambing yang dikombinasikan dengan POC limbah kulit nanas dan kulit pisang belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan jumlah daun pada fase awal pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini sejalan dengan Ansyori *et al.*, (2026) yang menyatakan bahwa pupuk organik cair berbahan organik belum mampu memberikan respons pertumbuhan vegetatif yang optimal pada fase awal karena unsur hara masih memerlukan waktu untuk mengalami proses dekomposisi dan mineralisasi sebelum tersedia bagi tanaman.

Pada pengamatan umur 4 MST, pengaruh pemberian POC mulai terlihat terhadap peningkatan jumlah daun tanaman semangka. Perlakuan P4 menghasilkan jumlah daun tertinggi sebesar 27,86 helai, diikuti perlakuan P3 sebesar 24,00 helai, sedangkan perlakuan P2, P1, dan P0 menghasilkan jumlah daun masing-masing sebesar 21,94 helai, 21,06 helai, dan 19,82 helai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan P4 mampu memberikan respons pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Peningkatan jumlah daun pada perlakuan tersebut

menunjukkan bahwa kombinasi POC urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara yang diperlukan tanaman, terutama unsur nitrogen yang berperan penting dalam proses pembentukan klorofil, pembelahan sel, serta pembentukan jaringan vegetatif baru. Kandungan urine kambing diketahui memiliki nitrogen yang relatif tinggi dibandingkan pupuk organik cair dari beberapa limbah lainnya. Nitrogen merupakan penyusun utama asam amino, protein, enzim, dan klorofil sehingga berperan langsung dalam pembentukan sel-sel baru pada titik tumbuh daun. Semakin tinggi kandungan klorofil, semakin besar kemampuan daun menangkap energi cahaya sehingga laju fotosintesis meningkat dan menghasilkan fotosintat yang digunakan untuk pembentukan daun baru. Penelitian ini sejalan dengan Sisinderlina (2025) yang menyatakan bahwa kombinasi pupuk organik berbahan kotoran kambing dan pupuk organik cair mampu meningkatkan jumlah daun secara nyata karena menyediakan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pembelahan sel, sintesis klorofil, dan pertumbuhan vegetatif.

Keunggulan perlakuan P4 menunjukkan bahwa kombinasi urine kambing, kulit nanas, dan kulit pisang menghasilkan komposisi unsur hara yang lebih seimbang dibandingkan perlakuan lainnya. Kombinasi tersebut mampu menyediakan nitrogen untuk pembentukan daun, fosfor untuk penyediaan energi dan perkembangan akar, serta kalium untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis dan translokasi hasil asimilasi. Selain itu, unsur mikro seperti besi (Fe), seng (Zn),

mangan (Mn), dan magnesium (Mg) yang tersedia dalam jumlah kecil juga berperan sebagai kofaktor berbagai enzim fotosintesis sehingga metabolisme tanaman berlangsung lebih efisien.

Jumlah daun yang lebih banyak menyebabkan luas kanopi tanaman meningkat sehingga penyerapan cahaya matahari menjadi lebih optimal. Kondisi tersebut meningkatkan laju fotosintesis sehingga produksi karbohidrat sebagai sumber energi juga meningkat. Fotosintat yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan kembali untuk mempertahankan pembentukan daun baru, memperkuat batang, dan mendukung perkembangan organ reproduktif menjelang pembentukan buah. Dengan demikian, peningkatan jumlah daun pada perlakuan P4 tidak hanya mencerminkan pertumbuhan vegetatif yang baik, tetapi juga menjadi indikator bahwa tanaman memiliki kapasitas fotosintesis yang lebih tinggi sehingga berpotensi menghasilkan produksi buah yang lebih optimal. Temuan ini didukung oleh penelitian Ananda dan Idris (2022) yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair berbahan limbah organik dan urine kambing mampu memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara dan perbaikan aktivitas fisiologis tanaman.

Secara keseluruhan, peningkatan jumlah daun tanaman semangka tidak hanya dipengaruhi oleh bertambahnya dosis pupuk organik cair, tetapi juga dipengaruhi oleh sinergi kandungan unsur hara yang berasal dari urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang. Semakin tinggi dosis POC yang diberikan, semakin besar ketersediaan nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur hara mikro

yang dapat dimanfaatkan tanaman untuk meningkatkan pembentukan klorofil, aktivitas fotosintesis, pembelahan sel, dan pembentukan jaringan vegetatif baru. Selain itu, bahan organik hasil fermentasi juga memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga penyerapan unsur hara berlangsung lebih efisien. Oleh karena itu, perlakuan P4 memberikan jumlah daun tertinggi karena mampu menyediakan nutrisi dalam jumlah yang paling optimal untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman semangka.

Umur Berbunga

Pengamatan Umur Berbunga	Hasil Pengamatan (HST)
P0	24,68 ^b
P1	22,68 ^a
P2	22,40 ^a
P3	22,12 ^a
P4	21,80 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan hasil pengamatan umur berbunga tanaman semangka menunjukkan bahwa pemberian POC berbahan dasar urin kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang memberikan pengaruh terhadap percepatan munculnya bunga dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan POC. Tanaman pada perlakuan tanpa pemberian POC (P0) memiliki umur berbunga paling lambat yaitu rata-rata 24,68 HST, sedangkan seluruh perlakuan yang mendapatkan aplikasi POC menunjukkan umur berbunga lebih cepat yaitu perlakuan P1 dengan rata-rata 22,68 HST, perlakuan P2 sebesar 22,40 HST, perlakuan P3 sebesar 22,12 HST, dan perlakuan P4 menunjukkan umur berbunga tercepat

yaitu 21,80 HST. Berdasarkan hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa pemberian POC mulai memberikan pengaruh terhadap fase generatif tanaman sejak menjelang fase pembungaan, yaitu sekitar minggu ke-3 setelah tanam atau sekitar umur 21–24 HST, ketika tanaman mulai melakukan transisi dari fase vegetatif menuju pembentukan bunga. Hal ini sejalan dengan penelitian Lalla *et al.*, (2024) bahwa kombinasi POC kulit nanas dan urine kambing mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara sehingga mendukung transisi menuju fase generatif.

Selain itu penelitian Rini *et.al.*, (2025) juga menyatakan bahwa pemberian pupuk organik cair urin kambing berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk peningkatan jumlah bunga dan hasil tanaman. Selain kandungan unsur hara makro yang cukup lengkap, keunggulan pupuk organik cair urine kambing, limbah kulit nanas dan kulit pisang terletak pada sifatnya yang saling melengkapi dalam menyediakan nutrisi senyawa bioaktif yang dibutuhkan tanaman. Urine kambing merupakan sumber nitrogen (N), yang relatif tinggi sehingga mampu mendukung pembentukan klorofil, sintesis protein, dan pertumbuhan awal tanaman. Sementara itu, limbah kulit pisang kaya akan kalium (K) dan fosfor (P) yang berperan penting dalam pembentukan bunga, translokasi hasil fotosintesis, aktivasi enzim, serta pengaturan keseimbangan air di dalam jaringan tanaman. Di sisi lain, limbah kulit nanas mengandung berbagai senyawa organik, gula sederhana, serta mineral yang selama proses fermentasi dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk menghasilkan pupuk organik cair dengan kandungan unsur hara yang lebih mudah

tersedia bagi tanaman. Kombinasi ketiga bahan tersebut menghasilkan pupuk organik cair yang tidak hanya menyediakan unsur hara secara lebih lengkap, tetapi juga meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi sehingga tanaman lebih cepat memasuki fase reproduktif. Hal ini sejalan dengan penelitian Lalla *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa kombinasi pupuk organik cair berbahan kulit nanas dan urin kambing mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman karena menyediakan unsur hara yang lebih seimbang serta memperbaiki efisiensi penyerapan nutrisi. Selain itu, Linda *et.al.*, (2024) menjelaskan bahwa pupuk organik cair berbahan limbah kulit pisang dan kulit nanas mengandung unsur hara makro yang mampu mendukung pertumbuhan vegetatif melalui peningkatan aktivitas metabolisme tanaman.

Keunggulan lain dari POC hasil fermentasi adalah adanya aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan berbagai metabolit seperti asam organik, enzim, vitamin, dan zat pengatur tumbuh alami, terutama kelompok auksin, giberelin, dan sitokinin. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel, mempercepat diferensiasi jaringan meristem menjadi bakal bunga, serta meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman. Aktivitas mikroorganisme juga membantu proses mineralisasi bahan organik sehingga unsur hara menjadi lebih cepat tersedia dan mudah diserap oleh akar. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan nutrisi tanaman menjelang fase pembungaan dapat terpenuhi secara optimal sehingga proses transisi dari fase vegetatif menuju fase generatif

berlangsung lebih cepat. Hal ini sejalan dengan penelitian Suma dan Karim (2024) yang menyatakan bahwa proses fermentasi pada pupuk organik cair berbahan limbah buah menghasilkan unsur hara yang lebih tersedia bagi tanaman karena aktivitas mikroorganisme selama fermentasi meningkatkan proses dekomposisi bahan organik. Penelitian Wahdi *et.al.*, (2023) juga menjelaskan bahwa penggunaan pupuk organik cair urin kambing dapat memperbaiki ketersediaan unsur hara dan meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme di dalam media tanam.

Percepatan umur berbunga pada perlakuan P4 juga menunjukkan bahwa kombinasi bahan penyusun POC mampu menciptakan keseimbangan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman semangka pada fase menjelang pembungaan. Nitrogen tetap diperlukan untuk mempertahankan aktivitas fotosintesis dan pembentukan daun sebagai sumber fotosintat, sedangkan fosfor berperan dalam pembentukan ATP sebagai sumber energi untuk proses inisiasi bunga. Kalium berfungsi meningkatkan translokasi karbohidrat hasil fotosintesis dari daun menuju titik tumbuh dan organ reproduktif sehingga pembentukan bunga berlangsung lebih cepat dan lebih seragam. Keseimbangan ketiga unsur tersebut menyebabkan akumulasi fotosintat di dalam tanaman menjadi lebih tinggi sehingga energi yang tersedia untuk pembentukan bunga juga meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramdani dan Saleh (2024) yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan klorofil dan luas daun berhubungan erat dengan meningkatnya

akumulasi fotosintat yang selanjutnya dimanfaatkan untuk pembentukan organ reproduktif tanaman.

Selain meningkatkan ketersediaan unsur hara, aplikasi POC juga mampu memperbaiki sifat biologis media tanam melalui peningkatan populasi mikroorganisme yang menguntungkan di daerah perakaran (*rizosfer*). Mikroorganisme tersebut membantu dekomposisi bahan organik, meningkatkan ketersediaan fosfor, serta memperbaiki aktivitas perakaran sehingga kemampuan akar menyerap air dan unsur hara menjadi lebih efisien. Sistem perakaran yang berkembang dengan baik memungkinkan tanaman memperoleh nutrisi secara optimal selama fase kritis menjelang pembungaan. Dengan demikian, tanaman mampu mencapai kematangan fisiologis lebih cepat sehingga umur berbunga menjadi lebih singkat dibandingkan tanaman yang tidak memperoleh aplikasi POC. Hal ini sejalan dengan penelitian Nisa *et al.*, (2024) juga menjelaskan bahwa fermentasi limbah kulit pisang dan kulit nanas menghasilkan pupuk organik cair yang mampu memperbaiki kualitas media tanam dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Secara fisiologis, percepatan pembungaan pada tanaman semangka juga berkaitan dengan meningkatnya akumulasi hasil fotosintesis sebagai akibat dari pertumbuhan vegetatif yang lebih baik pada fase sebelumnya. Jumlah daun yang lebih banyak dan kondisi daun yang sehat meningkatkan luas bidang fotosintesis sehingga produksi karbohidrat sebagai sumber energi tanaman semakin besar. Akumulasi fotosintat tersebut kemudian ditranslokasikan menuju titik tumbuh untuk mendukung pembentukan primordia

bunga. Oleh karena itu, pemberian POC berbahan urin kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang tidak hanya berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif, tetapi juga mampu mempercepat transisi menuju fase generatif melalui peningkatan efisiensi fotosintesis, keseimbangan nutrisi, serta aktivitas fisiologis tanaman. Menurut penelitian Ramdani dan Saleh *et.al.*, (2024) bahwa peningkatan fotosintesis berkontribusi terhadap pembentukan organ generatif melalui translokasi hasil fotosintesis menuju titik tumbuh dan organ reproduktif.

Berat Buah

Pengamatan Berat Buah	Hasil Pengamatan (Kg)
P0	2,32 ^a
P1	2,76 ^b
P2	2,60 ^{ab}
P3	2,66 ^b
P4	3,18 ^c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap parameter berat buah tanaman semangka yang dilakukan pada umur panen 55 hari setelah tanam (HST) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) yang berasal dari kombinasi urin kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang mampu meningkatkan berat buah dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa pemberian POC. Tanaman pada perlakuan P0 menghasilkan rata-rata berat buah terendah yaitu sebesar 2,32 kg, sedangkan tanaman yang mendapatkan aplikasi POC menunjukkan peningkatan hasil, yaitu P1 sebesar 2,76 kg, P2 sebesar 2,60 kg, P3

sebesar 2,66 kg, dan P4 menghasilkan berat buah tertinggi sebesar 3,18 kg. Peningkatan berat buah tersebut menunjukkan bahwa penambahan bahan organik cair dapat memperbaiki ketersediaan unsur hara selama fase generatif tanaman, terutama pada saat pembentukan dan pembesaran buah. Selain menyediakan unsur hara makro, kombinasi POC yang digunakan pada penelitian ini juga memiliki keunggulan karena mampu menyediakan berbagai senyawa organik hasil fermentasi, seperti asam amino, vitamin, enzim, dan metabolit mikroba yang berperan dalam meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman. Senyawa-senyawa tersebut membantu memperbaiki efisiensi penyerapan unsur hara oleh sistem perakaran sehingga proses pembentukan dan pengisian buah berlangsung lebih optimal. Unsur hara yang tersedia secara berkelanjutan selama fase generatif menyebabkan tanaman mampu mengalokasikan hasil fotosintesis secara lebih efektif ke organ buah, sehingga berat buah meningkat. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Utami *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk organik cair berbahan urine kambing dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman melalui penyediaan unsur hara yang lebih mudah diserap oleh tanaman serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan hasil fotosintesis selama fase generatif. Selain itu, penelitian Santoso *et al.*, (2024) juga menyatakan bahwa pupuk organik cair berbahan urine kambing memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan hasil tanaman melalui perbaikan ketersediaan unsur hara dan aktivitas biologis tanah.

Perbedaan berat buah antar perlakuan diduga berkaitan dengan perbedaan

jumlah POC yang diberikan. Pada perlakuan P1 dengan dosis 50 ml POC urin kambing dan 20 ml POC campuran kulit nanas serta kulit pisang, unsur nitrogen (N) yang berasal dari urin kambing berperan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman dan pembentukan senyawa hasil fotosintesis. Sementara itu, kandungan kalium (K) dan fosfor (P) dari limbah kulit pisang dan kulit nanas membantu proses pengangkutan hasil fotosintesis menuju buah sehingga pembentukan biomassa buah menjadi lebih baik. Penelitian Sitompul *et.al.*, (2023) menyatakan bahwa POC kulit pisang mengandung unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan magnesium yang berpotensi meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman.

Pada perlakuan P2 dan P3 dengan pemberian POC urin kambing masing-masing sebanyak 100 ml dan 150 ml yang dikombinasikan dengan POC kulit nanas dan kulit pisang sebanyak 35 ml dan 50 ml menghasilkan berat buah semangka berturut-turut sebesar 2,60 kg dan 2,66 kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis POC memberikan tambahan suplai unsur hara yang lebih tersedia bagi tanaman, meskipun respons peningkatan berat buah juga dipengaruhi oleh keseimbangan konsentrasi hara, aktivitas mikroorganisme hasil fermentasi, serta kemampuan akar dalam menyerap nutrisi. Kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang terdapat pada POC berbahan limbah kulit nanas berperan dalam menunjang proses fisiologis tanaman, mulai dari pembentukan jaringan tanaman, metabolisme energi, hingga translokasi hasil fotosintesis ke organ penyimpanan seperti buah. Penelitian

Yeyen *et.al.*, (2024) menjelaskan bahwa pupuk organik cair yang dihasilkan dari mikroorganisme lokal (MOL) berbahan kulit nanas memiliki kualitas yang baik sebagai sumber bahan organik dan nutrisi tanaman setelah melalui proses fermentasi. Keberadaan unsur hara makro dan senyawa organik hasil fermentasi dalam POC kulit nanas dapat membantu memperbaiki ketersediaan unsur hara serta mendukung aktivitas metabolisme tanaman, sehingga berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, termasuk pada fase pembentukan dan pengisian buah.

Perlakuan P4 dengan pemberian 200 ml POC urin kambing yang dikombinasikan dengan 65 ml POC kulit nanas dan kulit pisang menghasilkan berat buah tertinggi yaitu 3,18 kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian dosis POC yang lebih tinggi mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah yang lebih mencukupi untuk mendukung proses pengisian buah. Pada fase ini, unsur kalium berperan penting dalam proses translokasi karbohidrat dari daun menuju buah sehingga akumulasi bahan kering dan bobot buah meningkat. Selain itu, keberadaan fosfor mendukung proses transfer energi dalam sel tanaman yang berhubungan dengan pembentukan hasil. Penelitian Sitompul *et.al.*, (2023) menjelaskan bahwa POC dari limbah kulit pisang mengandung kalium yang relatif tinggi, yaitu mencapai mencapai 3,01%, sehingga berpotensi mendukung peningkatan produksi tanaman melalui proses pembentukan dan pengisian hasil.

Secara keseluruhan, pemberian kombinasi POC urin kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang memberikan respons positif terhadap peningkatan berat

buah semangka. Peningkatan hasil paling optimal diperoleh pada perlakuan P4 karena kombinasi dosis 200 ml POC urin kambing dan 65 ml POC limbah buah mampu menyediakan unsur hara makro dalam jumlah yang lebih seimbang untuk menunjang proses pembentukan, pembesaran, dan pengisian buah. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis POC hingga tingkat tertentu dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi oleh tanaman sehingga menghasilkan berat buah yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dosis rendah maupun tanpa pemberian POC.

Panjang Buah

Pengamatan Panjang Buah	Hasil Pengamatan (cm)
P0	23,86 ^a
P1	25,63 ^a
P2	23,88 ^a
P3	25,34 ^a
P4	35,46 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan hasil pengamatan panjang buah tanaman semangka menunjukkan bahwa pemberian POC urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang memberikan pengaruh terhadap peningkatan panjang buah. Perlakuan P4 menghasilkan panjang buah tertinggi yaitu 35,46 cm, sedangkan perlakuan P0, P1, P2, dan P3 masing-masing menghasilkan panjang buah sebesar 23,86 cm, 25,63 cm, 23,88 cm, dan 25,34 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan P4 mampu memberikan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya dalam mendukung perkembangan buah semangka. Hal ini

mengindikasikan bahwa kombinasi bahan organik dalam POC pada perlakuan tersebut mampu menyediakan unsur hara yang lebih optimal untuk proses pembentukan dan pembesaran buah.

Peningkatan panjang buah pada perlakuan P4 diduga terjadi karena kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang tersedia dari kombinasi bahan organik urine kambing, kulit nanas, dan kulit pisang. Unsur nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil serta meningkatkan aktivitas fotosintesis sehingga menghasilkan fotosintat yang digunakan dalam pertumbuhan dan perkembangan buah. Fosfor berperan dalam proses transfer energi dan pembentukan jaringan baru, sedangkan kalium memiliki peranan penting dalam translokasi hasil fotosintesis menuju organ generatif termasuk buah sehingga ukuran buah dapat meningkat. Hal ini didukung oleh penelitian Sakti dan Rosmawaty (2022) menyatakan bahwa pemberian POC urine kambing memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman, karena mengandung unsur hara makro yang mampu meningkatkan proses fisiologis tanaman seperti pembelahan sel dan pembesaran organ tanaman.

Selain itu, limbah kulit nanas sebagai bahan penyusun POC juga berkontribusi terhadap peningkatan panjang buah karena mengandung bahan organik dan unsur hara yang dapat memperbaiki kondisi tanah serta meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Bahan organik hasil fermentasi kulit nanas dapat membantu aktivitas mikroorganisme tanah sehingga penyerapan unsur hara oleh akar menjadi lebih efektif. Penelitian oleh Kurniawati (2024) menyatakan bahwa aplikasi POC

kulit nanas memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman karena mampu menambah ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman selama fase pertumbuhan hingga pembentukan hasil. Kandungan kulit pisang dalam POC juga memberikan peranan terhadap peningkatan ukuran buah semangka, terutama karena mengandung kalium yang cukup tinggi. Unsur kalium sangat diperlukan tanaman pada fase generatif karena berfungsi mengatur pembentukan karbohidrat, meningkatkan translokasi gula dari daun ke buah, serta membantu proses pengisian buah sehingga menghasilkan ukuran buah yang lebih besar. Hal tersebut didukung oleh penelitian Kartana *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa pemberian POC kulit pisang mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman melalui ketersediaan unsur hara yang berasal dari bahan organik kulit buah pisang.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P4 merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan panjang buah tanaman semangka dibandingkan perlakuan lainnya. Keberhasilan perlakuan tersebut diduga berasal dari kombinasi kandungan hara yang seimbang antara POC urine kambing sebagai sumber nitrogen dan unsur hara lainnya, kulit nanas sebagai penyedia bahan organik yang meningkatkan aktivitas mikroba, serta kulit pisang sebagai sumber kalium yang berperan penting dalam pembesaran buah. Ketersediaan unsur hara yang cukup menyebabkan proses fotosintesis dan distribusi fotosintat menuju buah berlangsung lebih optimal sehingga pertumbuhan panjang buah semangka meningkat.

Diameter Buah

Pengamatan Diameter Buah	Hasil Pengamatan (cm)
P0	43,28 ^a
P1	44,32 ^a
P2	45,48 ^{ab}
P3	47,80 ^{bc}
P4	48,86 ^c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan POC berpengaruh terhadap peningkatan diameter buah semangka. Diameter buah tertinggi terdapat pada perlakuan P4 yaitu 48,86 cm, diikuti P3 (47,8 cm), P2 (45,48 cm), P1 (44,32 cm), dan terendah P0 (43,28 cm). Secara umum terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi POC urine kambing yang dikombinasikan dengan limbah kulit nanas dan kulit pisang, maka diameter buah cenderung meningkat.

Peningkatan diameter buah pada perlakuan P4 diduga disebabkan oleh kandungan unsur hara makro terutama kalium (K) dan fosfor (P) yang lebih tersedia dari hasil fermentasi bahan organik tersebut. Kalium berperan penting dalam proses translokasi fotosintat ke bagian buah, meningkatkan pengisian sel buah, serta memperbesar ukuran buah secara keseluruhan. Sementara fosfor berfungsi dalam transfer energi yang mendukung pembelahan dan pembesaran sel buah. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Syamsia dan Idhan (2023) yang menyatakan bahwa POC berbasis limbah organik seperti buah nanas dapat meningkatkan kandungan hara terutama P yang berperan dalam pertumbuhan

generatif tanaman. Selain itu, urine kambing juga mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam bentuk yang mudah diserap tanaman sehingga mampu meningkatkan aktivitas metabolisme tanaman. Menurut, Ananda dan Idris (2022) pemberian POC urine kambing berpengaruh terhadap peningkatan hasil tanaman karena kandungan nitrogen didalamnya berperan dalam pembentukan jaringan vegetatif yang selanjutnya mendukung perkembangan organ generatif seperti buah. Selanjutnya, limbah kulit pisang dan kulit nanas juga berkontribusi dalam penyediaan unsur hara tambahan. Kulit pisang diketahui mengandung kalium yang cukup tinggi, sedangkan kulit nanas mengandung enzim dan unsur mikro yang membantu proses dekomposisi serta meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Hal ini didukung oleh penelitian Mustika *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa kulit pisang mengandung unsur K dan P yang cukup tinggi sehingga berpotensi meningkatkan kualitas pupuk organik cair.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) berbahan urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang terhadap pertumbuhan tanaman semangka. Bahwa Dosis perlakuan POC terbaik adalah Perlakuan P4 (POC Urine Kambing 200 ml/L dan POC Limbah Kulit Nanas dan Kulit Pisang 65 ml/L) memberikan hasil pertumbuhan terbaik pada sebagian besar parameter pengamatan seperti panjang sulur yang mulai menunjukkan perbedaan nyata pada 3 MST hingga 7 MST dengan

menghasilkan panjang sulur mencapai 174,16 cm dan jumlah daun berpengaruh nyata pada 4 MST sampai 7 MST dengan jumlah daun sebanyak 66,60 helai. Pada fase generatif, pemberian POC juga berpengaruh nyata terhadap umur berbunga tercepat yaitu 21,80 HST, berat buah sebesar 3,18 kg, panjang buah sebesar 35,46 cm, dan diameter buah sebesar 48,86 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi POC mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif maupun hasil produksi tanaman semangka dibandingkan perlakuan tanpa POC.

Saran

Pemberian pupuk organik cair berbahan baku urine kambing, limbah kulit nanas, dan kulit pisang dapat direkomendasikan sebagai dosis yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman semangka.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, S. (2023). Sebagai Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Agrisaintifika*, 7(1), 212–217.
- Ananda, L. P., & M. Idris. (2022). Pemberian Poc Urine Kambing Dan Jarak Tanam Terhadap Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Gambas (*Luffa acutangula*). *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains Volume*, 5(2), 401–409.
- Ansyori, Lamdo, H., Anissa, N., Putri, T. L., & Latifathul, D. (2026). Comparative Effects of Plant and Animal Liquid Organic Fertilizers on Soil Fertility, Nutrient Uptake, and Shallot Yield in Ultisols. *Agricultural Journal*, 9(1), 197–213.
- Herman, M. (2025). Pengaruh Konsentrasi Poc Bonggol Pisang Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Semangka (*Chitrulus vulgaris* Schrad

-). *Agrotekbis*, 13(1), 1–7.
- Kartana, S. N., Putriwani, & Fitriani, dan B. (2023). Pengaruh Pupuk Organik Cair Kulit Buah Pisang terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *PIPER*, 19(1), 1–6.
- Kurniawati, H. (2024). Pemanfaatan Kulit Nanas Sebagai Pupuk Organik Cair Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa*). *Jurnal Unka*, 20(2), 229–235.
- Lalla, M., Sudiarta, I. M., Said, S., & Ngoiyo, Y. (2024). Potensi Hasil Kacang Tanah yang Diaplikasi Pupuk Organik Cair Kulit Nenas dan Urin Kambing Potential Peanut Yields Applying Liquid Organic Fertilizer From Pineapple Skin and Goat Urine. *Agrisistem*, 20(2), 52–59.
- Linda, Damayanti, F., & Aryanto, S. (2024). Aplikasi Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Kepok dan Kulit Nanas terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Keriting. *Edubiologia*, 4(1), 27–32.
- Mustika, N., Sahara, S., & Anggriyani, R. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Sebagai Pupuk Organik Cair (POC). *Prosiding SEMNAS BIO 2023*, 959–970.
- Nisa, K., Rizkyani, A., Ivana, C. F., & Puspita, A. D. (2024). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang dan Kulit Nanas sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC). *JOURNAL OF SURIMI*, 4(261), 8–13.
- Ramdani, D., & Saleh, I. (2024). Hubungan Kandungan Klorofil , Luas Daun , dan Hasil Tanaman Padi Gogo Akibat Pengaturan Jarak Tanam dan Pemberian Pupuk Kompos. *Jurnal Triton*, 15(2), 388–399.
- Rini, D. S., Fahmi, A., & Akbar, N. M. (2025). Efektivitas Penggunaan Pupuk Organik Cair Urin Kambing Terhadap Pertumbuhan Tanaman Terong Ungu (*Solanum mengolena* L.). *Kambium*, 1(2), 88–97.
- Sakti, E. P., & Rosmawaty, T. (2022). Aplikasi Urine Kambing dan Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq .) pada Media Gambut di Main Nursery. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis Dan Akuakultur*, 2(2), 146–153.
- Santoso, U., Saputra, R. A., & Septiana, N. (2024). Pupuk Organik Cair plus Urine Kambing terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame Organik. *Agrotechnology Research Journal*, 8(1), 11–17.
- Sisinderlina, Y., Raisawati, T., Sari, D. N., Parwito. (2025). Respon Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L .) Terhadap Pemberian Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Kepok. *Technology and Agriculture Journal*, 6(1), 53–62.
- Sitompul, H. S., Maulina, I. S. (2023). Analisis Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair dari Limbah Pisang (*Musa paradisiaca*) Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 3(2), 198–204.
- Suma, J., & Karim, N. (2024). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Penambahan Kulit Buah Nanas , Eceng Gondok Dan Em4. *JAMBURA JOURNAL OF HEALTH SCIENCE AND RESEARCH*, 6(4), 443–458.
- Syahputra, B. S. A. (2022). Potensi Poc Urin Kambing Dalam Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sayuran. *Agrium*, 25(1), 52–59.
- Syamsia, S., & Idhan, A. (2023). “ Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan ” Peningkatan Kualitas

- Pupuk Organik Cair (POC) Urine Sapi Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) Nenas. 7(1), 182–188.
- Utami, R. S., Fransisko, E., & Handika, C. (2022). Aplikasi Pupuk Organik Cair Urine Kambing Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Mentimun. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Tanaman (JURRIT)*, 1(2), 78–89.
- Wahdi, A., Syarifuddin, N. A., Rizqiana, S., (2023). Pertumbuhan Bibit Indigofera zollingeriana pada Berbagai Dosis Pupuk Organik Cair Urin Kambing. *Jurnal Penelitian Peternakan Lahan Basah*, 3(1), 1–7.
- Yeyen, Akhmad Rizali, N. K. (2024). Uji Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) dari Mikroorganisme Lokal (MOL) Kulit Nanas. *Agroekotek View*, 7(2), 14–21.

PENGARUH KONSENTRASI DAN FREKUENSI APLIKASI PUPUK BIONANOFERTILIZER PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS DETAP-1

Lenny Dwi Sekar Arum^{1*}, Palupi Puspitorini², Army Dita Serdani³, Tri Endrawati⁴,
Agung Setya Wibowo⁵

¹²³⁴⁵Program Studi Agroteknologi, Universitas Islam Balitar, Kota Blitar, Indonesia

*Corresponding author : dwilenny103@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi, frekuensi aplikasi, dan interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas Detap-1. Permasalahan penelitian difokuskan pada upaya meningkatkan produktivitas kedelai melalui penerapan pupuk bionanofertilizer dengan konsentrasi dan frekuensi aplikasi yang tepat. Penelitian dilaksanakan di Desa Rejowinangun, Kecamatan Kademangan, Kabupaten Blitar pada Juni–November 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi pupuk bionanofertilizer (6, 9, dan 12 ml l⁻¹) serta frekuensi aplikasi (1, 2, dan 3 minggu sekali). Setiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi dan frekuensi aplikasi memengaruhi pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil tanaman kedelai. Kombinasi konsentrasi 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali memberikan respons terbaik terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah polong, berat polong, jumlah biji, bobot biji, dan bobot 100 biji. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi tersebut berpotensi menjadi strategi pemupukan yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai.

Kata Kunci: bionanofertilizer; frekuensi; konsentrasi_bionanofertilizer; kedelai

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu komoditas pangan strategis di Indonesia karena menjadi sumber protein nabati utama yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk pangan, seperti tempe, tahu, susu kedelai, kecap, serta berbagai produk olahan lainnya. Kandungan protein kedelai yang mencapai sekitar 37–42%, disertai kandungan lemak tidak jenuh, karbohidrat, vitamin, dan mineral menjadikan komoditas ini memiliki nilai gizi tinggi serta berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Selain dimanfaatkan sebagai bahan

pangan, kedelai juga digunakan sebagai bahan baku industri pakan ternak dan berbagai industri pangan lainnya sehingga permintaannya terus meningkat setiap tahun (Pratiwi, Dewi, and Hayati 2024; Wahyudi et al. 2022).

Meskipun kebutuhan kedelai terus mengalami peningkatan, kemampuan produksi nasional masih relatif rendah dibandingkan tingkat konsumsinya. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi kedelai nasional belum mampu memenuhi kebutuhan domestik sehingga Indonesia masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan industri maupun konsumsi masyarakat. Kondisi tersebut

menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas kedelai masih menjadi tantangan utama dalam pembangunan sektor pertanian. Rendahnya produktivitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya penggunaan varietas, kondisi lingkungan, kesuburan tanah, serta penerapan teknologi budidaya yang belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi budidaya yang mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara sekaligus mendukung peningkatan hasil tanaman secara berkelanjutan (Nazirah and Puspita 2026; Sjamsijah and Pristiawati 2024).

Salah satu permasalahan yang banyak dihadapi dalam budidaya kedelai adalah menurunnya kualitas dan kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dalam jangka panjang. Pemupukan kimia yang dilakukan tanpa mempertimbangkan kebutuhan tanaman dapat menyebabkan ketidakseimbangan unsur hara, penurunan aktivitas mikroorganisme tanah, menurunnya kandungan bahan organik, serta berkurangnya efisiensi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Dampak tersebut tidak hanya menurunkan produktivitas lahan, tetapi juga meningkatkan risiko pencemaran lingkungan akibat hilangnya unsur hara melalui pencucian maupun penguapan. Kondisi ini mendorong perlunya penerapan sistem pemupukan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan mampu memperbaiki kualitas tanah secara berkelanjutan (Febrianny et al. 2025; Zafar et al. 2024)

Inovasi yang berkembang dalam teknologi pemupukan salah satunya

adalah penggunaan bionanofertilizer, yaitu pupuk hayati berbasis teknologi nano yang mengombinasikan mikroorganisme bermanfaat dengan material berukuran nano sebagai media penghantar unsur hara. Teknologi nano memungkinkan unsur hara dilepaskan secara bertahap (*slow release*) sehingga kehilangan nutrisi akibat pencucian maupun penguapan dapat diminimalkan. Selain meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, bionanofertilizer juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah melalui aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, penguraian bahan organik, serta produksi hormon pertumbuhan tanaman. Dengan mekanisme tersebut, penggunaan bionanofertilizer berpotensi meningkatkan efisiensi pemupukan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik sehingga lebih mendukung sistem pertanian berkelanjutan (Nawadkar et al. 2024; Dutta and Bera 2021)

Keberhasilan aplikasi bionano - fertilizer tidak hanya ditentukan oleh kandungan pupuk, tetapi juga dipengaruhi oleh ketepatan konsentrasi dan frekuensi aplikasinya. Konsentrasi yang terlalu rendah berpotensi menyebabkan unsur hara yang tersedia tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan pupuk dan meningkatkan biaya produksi. Demikian pula, frekuensi aplikasi yang tidak sesuai dapat menyebabkan ketidakseimbangan ketersediaan unsur hara selama fase pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, pengaturan konsentrasi dan frekuensi

aplikasi menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan penggunaan bionanofertilizer pada budidaya kedelai. Pengaturan kedua faktor tersebut diharapkan mampu menyediakan unsur hara secara berkesinambungan sesuai kebutuhan tanaman pada fase vegetatif maupun generatif sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman dapat dicapai secara optimal.

Perkembangan penelitian mengenai pupuk berbasis nano menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan pada berbagai komoditas pertanian. Tiara Cinta et al., (2023) melaporkan bahwa aplikasi pupuk nano yang dikombinasikan dengan media tanam tertentu mampu meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, serta komponen hasil melalui peningkatan efisiensi penyerapan unsur hara. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Wibowo et al., (2025) yang menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk nano dan frekuensi aplikasinya memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif maupun produktivitas tanaman okra. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan teknologi nano tidak hanya bergantung pada jenis pupuk yang digunakan, tetapi juga dipengaruhi oleh strategi aplikasinya, terutama dalam menentukan konsentrasi dan interval pemberian pupuk yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman.

Pada tanaman kedelai, beberapa penelitian juga menunjukkan kecenderungan hasil yang serupa. Yusuf et al., (2024) melaporkan bahwa pemberian pupuk organik cair dengan konsentrasi 6 ml L⁻¹ mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif serta komponen hasil kedelai

dibandingkan konsentrasi lainnya. Penelitian Sulastri dan Nazara (2024) memperlihatkan bahwa konsentrasi tersebut berpengaruh terhadap peningkatan biomassa tanaman, sedangkan Yusuf et al., (2024) melaporkan adanya peningkatan jumlah polong dan bobot biji setelah aplikasi pupuk organik cair pada konsentrasi yang sama. Selain itu Firmansyah & Islami, (2023) menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi pupuk organik cair dan frekuensi aplikasi memberikan peningkatan hasil biji kedelai dibandingkan perlakuan tanpa pupuk, sedangkan Kiik et al., (2023) menemukan bahwa pengaturan frekuensi aplikasi pupuk hayati juga berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif maupun hasil tanaman kedelai. Berbagai hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa efektivitas pupuk hayati maupun pupuk berbasis nano sangat dipengaruhi oleh kombinasi strategi aplikasi yang diterapkan sehingga diperlukan pengelolaan pemupukan yang lebih tepat untuk memperoleh produktivitas tanaman secara optimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai November 2025 di Desa Rejowinangun, Kecamatan Kademangan, Kabupaten Blitar, Jawa Timur, pada ketinggian ±167 mdpl dengan koordinat 8°13' LS dan 112°22' BT. Wilayah penelitian memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata berkisar antara 28–33°C sehingga sesuai untuk budidaya tanaman kedelai. Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi benih kedelai varietas Detap-1, pupuk bionanofertilizer, media tanam berupa

campuran blotong dan arang sekam dengan perbandingan 2:1, EM4, air, serta pestisida dan fungisida apabila diperlukan.

Peralatan yang digunakan meliputi polybag ukuran 40 × 40 cm, cangkul, gelas ukur, gembor, timbangan digital, pH meter, meteran, jangka sorong, kamera digital, dan alat tulis.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk bionanofertilizer yang terdiri atas tiga taraf, yaitu 6 mL L⁻¹ (B1), 9 mL L⁻¹ (B2), dan 12 mL L⁻¹ (B3). Faktor kedua adalah frekuensi aplikasi pupuk yang terdiri atas tiga taraf, yaitu satu minggu sekali (S1), dua minggu sekali (S2), dan

tiga minggu sekali (S3). Kedua faktor tersebut menghasilkan sembilan kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas dua tanaman sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kedelai

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan frekuensi aplikasi pupuk bionanofertilizer memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada seluruh waktu pengamatan. Rata-rata tinggi tanaman pada masing-masing kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Tinggi Tanaman Kedelai pada Konsentrasi dan Frekuensi Bionanofertilizer

Kombinasi Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
B1S1	12,83 b	24,50 a	33,02 c	38,50 c	55,17 c
B1S2	9,50 a	15,67 a	23,25 ab	28,17 ab	47,67 a
B1S3	9,67 a	16,92 a	24,45 ab	30,00 ab	49,50 ab
B2S1	9,83 a	16,07 a	26,80 b	32,38 b	48,83 ab
B2S2	10,67 a	17,20 a	24,75 ab	32,25 b	53,50 bc
B2S3	10,00 a	15,93 a	24,90 ab	29,00 ab	49,50 ab
B3S1	10,00 a	17,02 a	26,45 b	30,83 ab	48,83 ab
B3S2	9,90 a	17,42 a	24,58 ab	29,92 ab	49,33 ab
B3S3	8,67 a	14,93 a	19,68 a	27,33 a	45,33 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Berdasarkan hasil pengamatan, kombinasi perlakuan B1S1 (konsentrasi

bionanofertilizer 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali)

menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman kedelai yang paling baik dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Perbedaan pertumbuhan mulai terlihat sejak minggu ketiga setelah tanam dan semakin jelas hingga akhir periode pengamatan. Sebaliknya, perlakuan B3S3 (12 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi tiga minggu sekali) menghasilkan tinggi tanaman terendah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk tidak selalu diikuti oleh peningkatan pertumbuhan apabila frekuensi pemberiannya kurang sesuai. Pada fase awal pertumbuhan, tanaman masih mengandalkan cadangan makanan dalam kotiledon sehingga pengaruh perlakuan belum terlihat nyata. Setelah sistem perakaran berkembang, kemampuan tanaman menyerap unsur hara meningkat sehingga respons terhadap aplikasi pupuk mulai tampak.

Keberhasilan perlakuan B1S1 diduga karena konsentrasi 6 mL L⁻¹ telah mampu memenuhi kebutuhan hara tanaman tanpa menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi. Sebaliknya, pemberian pupuk dengan konsentrasi yang lebih tinggi belum tentu meningkatkan pertumbuhan karena tanaman hanya menyerap unsur hara sesuai kebutuhan fisiologisnya. Selain itu, frekuensi aplikasi setiap satu minggu sekali menjaga ketersediaan unsur hara tetap stabil selama fase vegetatif, sehingga proses pembelahan sel, pemanjangan sel, pembentukan klorofil, dan fotosintesis dapat berlangsung secara optimal. Temuan ini sejalan dengan Sarida et al. (2021) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk pada dosis yang tepat mampu

meningkatkan efisiensi serapan unsur hara, serta didukung oleh (Kiik, 2021) yang melaporkan bahwa aplikasi pupuk secara teratur dapat memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman.

Respons pertumbuhan yang lebih tinggi pada perlakuan B1S1 juga diduga berkaitan dengan karakteristik bionanofertilizer yang memadukan teknologi nano dan mikroorganisme menguntungkan. Ukuran partikel yang sangat kecil memperluas luas permukaan pupuk sehingga unsur hara lebih mudah tersedia dan diserap oleh akar. Di sisi lain, mikroorganisme di dalam pupuk berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor melalui proses fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, serta dekomposisi bahan organik. Sinergi kedua mekanisme tersebut menciptakan kondisi perakaran yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Berliana et al. (2025) yang menjelaskan bahwa pupuk hayati mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah, sedangkan Prakoso et al. (2024) menyatakan bahwa teknologi nano dapat meningkatkan efisiensi pemupukan melalui mekanisme pelepasan unsur hara secara bertahap (*slow release*).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas bionanofertilizer tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pupuk, tetapi juga oleh ketepatan frekuensi aplikasinya. Kombinasi konsentrasi 6 mL L⁻¹ dengan aplikasi setiap satu minggu sekali terbukti mampu menyediakan unsur hara secara berkelanjutan sehingga mendukung aktivitas fisiologis tanaman, meningkatkan fotosintesis, serta

menghasilkan fotosintat yang cukup untuk pembentukan jaringan baru. Hasil penelitian ini memperkuat pendapat Nurfadilah et al. (2024) bahwa ketersediaan unsur hara yang memadai selama pertumbuhan vegetatif merupakan faktor penting dalam meningkatkan pembentukan biomassa dan pertumbuhan tanaman secara optimal.

Diameter batang

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan frekuensi aplikasi pupuk bionanofertilizer memberikan pengaruh nyata terhadap diameter batang tanaman kedelai pada seluruh waktu pengamatan. Rata-rata diameter batang pada setiap kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Diameter Batang Tanaman Kedelai pada Konsentrasi dan Frekuensi Bionanofertilizer

Kombinasi Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
B1S1	24,17 b	28,96 c	48,58 c	59,33 d	74,00 b
B1S2	16,08 a	23,17 ab	31,50 ab	39,33 ab	56,67 a
B1S3	17,33 a	24,33 ab	40,00 b	48,83 c	60,17 a
B2S1	16,67 a	25,67 ab	39,17 b	46,17 abc	60,33 a
B2S2	16,33 a	24,00 ab	36,50 ab	48,17 bc	63,33 a
B2S3	16,17 a	23,33 ab	35,83 ab	45,58 abc	60,92 a
B3S1	17,67 a	24,50 ab	36,00 ab	45,50 abc	60,83 a
B3S2	16,33 a	24,17 ab	37,17 b	45,67 abc	59,67 a
B3S3	15,17 a	20,67 a	28,33 a	38,83 a	56,17 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DM RT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, kombinasi perlakuan B1S1 (konsentrasi bionanofertilizer 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali) menghasilkan diameter batang tertinggi selama periode pengamatan, sedangkan perlakuan B3S3 (12 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi tiga minggu sekali) menunjukkan diameter batang terendah. Perbedaan antarperlakuan

mulai terlihat sejak minggu pertama setelah tanam dan semakin jelas hingga minggu kelima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan batang secara lebih optimal. Diameter batang merupakan salah satu indikator pertumbuhan vegetatif karena mencerminkan

perkembangan jaringan vaskular yang berfungsi menyalurkan air, unsur hara, dan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman.

Diameter batang yang lebih besar pada perlakuan B1S1 menunjukkan bahwa konsentrasi 6 mL L⁻¹ telah mampu memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman secara optimal. Ketersediaan nutrisi yang seimbang mendukung proses pembelahan dan pembesaran sel sehingga pembentukan jaringan batang berlangsung lebih baik. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi hingga 9 mL L⁻¹ dan 12 mL L⁻¹ tidak memberikan peningkatan diameter batang yang berarti, yang mengindikasikan bahwa efektivitas pemupukan lebih dipengaruhi oleh ketepatan dosis dibandingkan banyaknya pupuk yang diberikan. Hasil ini sejalan dengan (Wahyudi, 2022) yang menyatakan bahwa dosis pupuk yang sesuai lebih efektif

Jumlah Polong

Perbedaan konsentrasi dan frekuensi aplikasi bionanofertilizer menghasilkan respons yang berbeda terhadap pembentukan polong tanaman kedelai. Nilai rata-rata jumlah polong pada setiap kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Jumlah Polong per Tanaman Kedelai pada Konsentrasi dan Frekuensi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman daripada pemberian pupuk secara berlebihan.

Kombinasi Perlakuan	Jumlah Polong
B1S1	352,83 e
B1S2	180,5 ab
B1S3	246 bcd
B2S1	245,5 bcd
B2S2	269,33 cd
B2S3	303,33 de
B3S1	235,5 abcd
B3S2	221,17 abc
B3S3	171 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Selain konsentrasi, frekuensi aplikasi pupuk juga berpengaruh terhadap perkembangan diameter batang. Aplikasi setiap satu minggu sekali mampu menjaga ketersediaan unsur hara tetap stabil selama fase vegetatif sehingga tanaman memperoleh pasokan nutrisi secara berkelanjutan. Kondisi tersebut mendukung pembentukan jaringan vaskular, meningkatkan pembentukan klorofil, memperlancar fotosintesis, dan menghasilkan fotosintat yang digunakan untuk pembentukan batang. Sebaliknya, interval aplikasi yang lebih panjang menyebabkan ketersediaan unsur hara menjadi kurang stabil sehingga pertumbuhan batang berlangsung kurang optimal. Temuan ini sejalan dengan (Kiik, 2021) yang melaporkan bahwa frekuensi pemupukan yang lebih teratur mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara dan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman.

Keberhasilan perlakuan B1S1 juga diduga berkaitan dengan karakteristik bionanofertilizer yang

mengombinasikan teknologi nano dan mikroorganisme menguntungkan. Teknologi nano memungkinkan pelepasan unsur hara berlangsung secara bertahap (controlled release), sedangkan mikroorganisme meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor melalui proses fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, serta dekomposisi bahan organik. Sinergi kedua mekanisme tersebut meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara sehingga pembentukan batang menjadi lebih besar dan kokoh. Selain itu, nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil, fosfor mendukung transfer energi, dan kalium membantu translokasi hasil fotosintesis menuju jaringan yang sedang tumbuh. Hasil ini sejalan dengan penelitian Jumiono et al. (2025) yang menjelaskan bahwa pupuk hayati mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah dan ketersediaan unsur hara, serta Madzokere et al. (2021) yang menyatakan bahwa teknologi nano meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk melalui pelepasan unsur hara secara lebih terkendali.

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, kombinasi perlakuan B1S1 (konsentrasi bionanofertilizer 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali) menghasilkan jumlah polong tertinggi dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan B3S3 (12 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi tiga minggu sekali) menunjukkan jumlah polong terendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi yang tepat mampu meningkatkan pembentukan polong tanaman kedelai secara lebih optimal. Jumlah polong merupakan salah satu komponen hasil

yang sangat menentukan produktivitas tanaman karena dipengaruhi oleh keberhasilan pembungaan, pembentukan bakal buah (pod set), serta kemampuan tanaman mempertahankan bunga dan polong hingga fase pengisian biji. Proses tersebut sangat bergantung pada kecukupan unsur hara, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang berperan dalam pembentukan jaringan reproduktif, transfer energi, dan translokasi hasil fotosintesis.

Tingginya jumlah polong pada perlakuan B1S1 menunjukkan bahwa konsentrasi 6 mL L⁻¹ mampu menyediakan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman selama fase reproduktif. Ketersediaan nutrisi yang seimbang mendukung pembentukan bunga dan meningkatkan keberhasilan perkembangan bunga menjadi polong. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi pupuk hingga 12 mL L⁻¹ tidak memberikan peningkatan jumlah polong secara konsisten, yang mengindikasikan bahwa efektivitas pemupukan lebih ditentukan oleh ketepatan dosis dibandingkan jumlah pupuk yang diberikan. Selain itu, frekuensi aplikasi setiap satu minggu sekali mampu menjaga ketersediaan unsur hara tetap stabil sehingga tanaman tidak mengalami kekurangan nutrisi pada fase pembungaan dan pembentukan polong. Temuan ini sejalan dengan (Yusuf, 2024) yang menyatakan bahwa interval pemupukan yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman dan mendukung pembentukan bunga serta polong pada tanaman legum.

Peningkatan jumlah polong pada penelitian ini juga diduga dipengaruhi oleh karakteristik bionanofertilizer yang

mengombinasikan teknologi nano dengan pupuk hayati. Ukuran partikel yang sangat kecil memungkinkan unsur hara tersedia secara bertahap dan lebih mudah diserap oleh akar, sehingga efisiensi penyerapan nutrisi dan aktivitas fotosintesis meningkat. Fotosintat yang dihasilkan kemudian ditranslokasikan menuju organ reproduktif untuk mendukung pembentukan dan perkembangan polong. Selain itu, mikroorganisme yang terkandung dalam bionanofertilizer berperan dalam fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, dan meningkatkan aktivitas biologis tanah sehingga unsur hara lebih mudah tersedia bagi tanaman. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan vegetatif sekaligus meningkatkan keberhasilan pembentukan organ reproduktif. Hasil ini sejalan dengan (Sari, 2022) yang melaporkan bahwa pupuk berbasis nano mampu meningkatkan efisiensi serapan unsur hara, aktivitas fotosintesis, dan produktivitas tanaman.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali merupakan perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan jumlah polong per tanaman kedelai. Kombinasi tersebut mampu menyediakan unsur hara secara berkelanjutan sesuai kebutuhan fisiologis tanaman selama fase reproduktif sehingga pembentukan polong berlangsung lebih optimal. Sebaliknya, frekuensi aplikasi yang terlalu jarang dan konsentrasi pupuk yang lebih tinggi belum mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan aplikasi bionanofertilizer tidak hanya ditentukan

oleh besarnya dosis pupuk, tetapi juga oleh ketepatan frekuensi pemberiannya sehingga produktivitas tanaman kedelai dapat ditingkatkan secara maksimal.

Akumulasi Bobot Polong Tanaman Kedelai

Jumlah polong merupakan salah satu komponen hasil yang menentukan tingkat produktivitas tanaman kedelai. Rata-rata jumlah polong pada setiap kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi bionanofertilizer disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Berat polong Kedelai Pada Perlakuan Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Pupuk Bionanofertilizer.

Kombinasi Perlakuan	Berat Polong (gram)
B1S1	361,08 d
B1S2	282,94 bc
B1S3	269,04 bc
B2S1	254,56 ab
B2S2	318,63 cd
B2S3	304,00 bc
B3S1	273,50 bc
B3S2	307,63 bc
B3S3	206,25 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Kombinasi perlakuan B1S1 menghasilkan berat polong tertinggi, sedangkan kombinasi B3S3 memberikan berat polong terendah (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian bionanofertilizer dengan konsentrasi 6 mL L⁻¹ dan frekuensi aplikasi satu minggu sekali mampu meningkatkan akumulasi biomassa pada organ reproduktif secara lebih optimal dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Sebaliknya, peningkatan

konsentrasi pupuk yang disertai interval aplikasi lebih panjang tidak menghasilkan peningkatan berat polong yang sebanding.

Berat polong dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menghasilkan dan mentranslokasikan fotosintat menuju organ reproduktif selama fase pengisian polong. Semakin tinggi efisiensi fotosintesis, semakin besar pula jumlah karbohidrat dan senyawa hasil metabolisme yang dialokasikan ke polong. Oleh karena itu, tanaman yang memperoleh suplai unsur hara secara cukup dan berkelanjutan cenderung menghasilkan polong dengan bobot yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang mengalami keterbatasan nutrisi selama fase generatif.

Keunggulan kombinasi B1S1 diduga berkaitan dengan kemampuan bionanofertilizer dalam menyediakan unsur hara secara bertahap (slow release) sehingga kebutuhan nutrisi tanaman tetap terpenuhi selama proses pembentukan dan pengisian polong. Teknologi nano meningkatkan luas permukaan partikel pupuk sehingga unsur hara lebih mudah tersedia dan diserap oleh akar tanaman. Kondisi tersebut mendukung peningkatan pembentukan klorofil, aktivitas fotosintesis, serta efisiensi metabolisme tanaman sehingga akumulasi bahan kering pada polong menjadi lebih tinggi. Mandal & Lalrinchani, (2021) melaporkan bahwa penggunaan pupuk berbasis nano mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis dan aktivitas enzim tanaman yang berperan dalam proses pengisian polong.

Selain teknologi nano, keberadaan mikroorganisme dalam

bionanofertilizer juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan berat polong. Aktivitas mikroorganisme membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, dan dekomposisi bahan organik sehingga tanaman memperoleh nutrisi secara lebih efisien. Sinergi antara pelepasan unsur hara secara bertahap dan aktivitas mikroorganisme menciptakan kondisi perakaran yang lebih baik sehingga mendukung pembentukan polong secara optimal.

Frekuensi aplikasi pupuk juga menjadi faktor penting dalam menentukan berat polong. Aplikasi setiap satu minggu sekali mampu menjaga ketersediaan unsur hara selama fase reproduktif yang merupakan periode dengan kebutuhan nutrisi relatif tinggi. Sebaliknya, interval aplikasi yang lebih panjang menyebabkan ketersediaan unsur hara menjadi kurang stabil sehingga proses pengisian polong tidak berlangsung secara maksimal. Madzokere et al., (2021) menyatakan bahwa pemberian pupuk dengan interval yang sesuai mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis dan akumulasi bahan kering pada tanaman, yang pada akhirnya meningkatkan hasil panen.

Menariknya, peningkatan konsentrasi pupuk hingga 9 mL L⁻¹ maupun 12 mL L⁻¹ tidak selalu menghasilkan berat polong yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 6 mL L⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas bionanofertilizer lebih dipengaruhi oleh keseimbangan antara dosis dan frekuensi aplikasi daripada besarnya dosis semata. Apabila unsur hara tersedia melebihi kebutuhan

tanaman, efisiensi pemanfaatannya cenderung menurun sehingga peningkatan hasil tidak berlangsung secara proporsional. Temuan ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk secara tepat lebih penting dibandingkan pemberian pupuk dalam jumlah yang lebih besar.

Hasil penelitian ini memperlihatkan pola yang konsisten dengan parameter pertumbuhan sebelumnya, yaitu kombinasi B1S1 selalu memberikan respons terbaik terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah polong, maupun berat polong. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan vegetatif yang optimal selama fase awal berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tanaman menghasilkan fotosintat yang selanjutnya dialokasikan ke organ reproduktif. Dengan demikian, peningkatan berat polong pada perlakuan B1S1 merupakan konsekuensi dari pertumbuhan vegetatif yang lebih baik serta efisiensi pemanfaatan unsur hara yang lebih tinggi selama proses pembentukan hasil.

Komponen Hasil Tanaman Kedelai

Keberhasilan pembentukan biji merupakan indikator utama produktivitas tanaman kedelai karena mencerminkan efektivitas proses pembungaan, pembentukan polong, hingga pengisian biji selama fase generatif. Selain jumlah biji, bobot biji dan bobot 100 biji juga digunakan sebagai parameter untuk menilai kualitas hasil panen. Rata-rata jumlah biji, bobot biji, dan bobot 100 biji pada setiap kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi bionanofertilizer disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata Hasil Tanaman Kedelai pada Konsentrasi dan Frekuensi Aplikasi Bionanofertilizer

Kombinasi Perlakuan	Jumlah Biji	Bobot Biji (g)	Bobot 100 Biji (g)
B1S1	572,33 d	81,50 d	25,00 d
B1S2	278,33 ab	57,67 ab	17,67 ab
B1S3	416,00 c	72,67 cd	22,00 cd
B2S1	401,33 bc	65,33 bc	19,00 bc
B2S2	378,50 abc	62,50 abc	18,67 bc
B2S3	356,83 abc	61,33 abc	21,00 bc
B3S1	402,00 bc	67,33 bc	20,00 bc
B3S2	373,00 abc	60,67 abc	19,00 bc
B3S3	265,00 a	50,17 a	14,67 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil pada Tabel 5, kombinasi perlakuan B1S1 (konsentrasi bionanofertilizer 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali) menghasilkan jumlah biji, bobot biji, dan bobot 100 biji tertinggi dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan B3S3 (12 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi tiga minggu sekali) menunjukkan nilai terendah pada ketiga parameter tersebut. Hasil ini mengindikasikan bahwa kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi yang tepat mampu mendukung pembentukan serta pengisian biji secara lebih optimal. Jumlah biji yang tinggi mencerminkan keberhasilan tanaman dalam membentuk bunga, mempertahankan polong, dan mendukung perkembangan biji hingga fase generatif. Ketersediaan nitrogen berperan dalam pembentukan protein dan pertumbuhan jaringan, sedangkan fosfor mendukung proses transfer energi yang dibutuhkan selama pembelahan sel

dan perkembangan embrio biji sehingga pembentukan hasil berlangsung lebih baik.

Tingginya jumlah biji pada perlakuan B1S1 diduga berkaitan dengan kemampuan bionanofertilizer menyediakan unsur hara secara bertahap sehingga kebutuhan nutrisi tanaman tetap terpenuhi selama fase reproduktif. Ketersediaan unsur hara yang stabil meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, memperlancar aktivitas fotosintesis, serta mendukung pembentukan dan perkembangan polong hingga proses pengisian biji. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi pupuk tanpa diimbangi frekuensi aplikasi yang sesuai belum mampu meningkatkan produktivitas tanaman secara maksimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Sari, 2022) yang menyatakan bahwa pupuk berbasis nano dapat meningkatkan efisiensi serapan unsur hara, aktivitas metabolisme, dan produktivitas tanaman melalui penyediaan nutrisi yang lebih efektif.

Selain meningkatkan jumlah biji, kombinasi perlakuan B1S1 juga menghasilkan bobot biji dan bobot 100 biji yang lebih tinggi. Kedua parameter tersebut menggambarkan keberhasilan proses pengisian biji (seed filling), yaitu fase ketika hasil fotosintesis ditranslokasikan menuju biji untuk membentuk cadangan makanan. Efisiensi fotosintesis dan distribusi fotosintat yang baik memungkinkan akumulasi karbohidrat, protein, dan lemak berlangsung lebih optimal sehingga menghasilkan biji yang lebih bernas. Kondisi tersebut didukung oleh karakteristik bionanofertilizer yang melepaskan unsur hara secara terkendali

(controlled release), sehingga nutrisi tetap tersedia selama fase pengisian biji. Temuan ini sejalan dengan (Hidayati 2024) yang menjelaskan bahwa pupuk nano mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara selama pembentukan hasil, serta didukung oleh (Endrawati, T., & Sekar Sarjani 2024) yang melaporkan bahwa pupuk nano dapat meningkatkan distribusi asimilat menuju organ generatif sehingga hasil panen menjadi lebih tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi 6 mL L⁻¹ dengan frekuensi aplikasi satu minggu sekali merupakan perlakuan paling efektif dalam meningkatkan komponen hasil tanaman kedelai. Ketersediaan unsur hara yang berkesinambungan mendukung pembentukan biji, meningkatkan proses pengisian biji, serta menghasilkan bobot biji dan bobot 100 biji yang lebih tinggi. Selain unsur hara makro, unsur mikro seperti seng (Zn) berperan sebagai aktivator enzim dalam sintesis protein, sedangkan kalium membantu translokasi hasil fotosintesis menuju biji sehingga akumulasi bahan kering meningkat. Hasil penelitian ini sejalan dengan Wibowo et al. (2025) yang menyatakan bahwa pupuk berbasis nano mampu meningkatkan ukuran dan bobot biji melalui peningkatan efisiensi fotosintesis dan penyerapan unsur hara, serta didukung oleh Saputra et al. (2021) yang melaporkan bahwa pupuk nano mampu memperbaiki proses pengisian biji sehingga menghasilkan biji yang lebih besar, seragam, dan berkualitas tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi dan frekuensi aplikasi pupuk bionanofertilizer berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas Detap-1. Aplikasi bionanofertilizer dengan konsentrasi 6 mL L⁻¹ yang diberikan setiap satu minggu sekali memberikan respons paling optimal terhadap pertumbuhan vegetatif, yang ditunjukkan melalui peningkatan tinggi tanaman dan diameter batang, serta meningkatkan komponen hasil meliputi jumlah polong, berat polong, jumlah biji, bobot biji, dan bobot 100 biji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan bionanofertilizer tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi pupuk yang diberikan, tetapi juga oleh ketepatan frekuensi aplikasinya sehingga ketersediaan unsur hara dapat dipertahankan sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Dengan demikian, kombinasi konsentrasi 6 mL L⁻¹ dan frekuensi aplikasi satu minggu sekali berpotensi menjadi alternatif strategi pemupukan yang lebih efisien untuk mendukung peningkatan produktivitas tanaman kedelai. Meskipun demikian, penelitian ini masih dilakukan pada skala budidaya dalam polibag sehingga diperlukan penelitian lanjutan pada kondisi lapang untuk menguji konsistensi efektivitas aplikasi bionanofertilizer pada berbagai kondisi agroekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Dutta, Debashis, and Anurag Bera. 2021. "Nano Fertilizer on Sustainable Agriculture- A Review." *International Journal of Environment and Climate Change* 11 (8): 1–5. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2021/v11i830451>.
- Endrawati, T., & Sekar Sarjani, A. 2024. "KOMBINASI KONSENTRASI PUPUK MAJEMUK BERTEKNOLOGI NANO DAN TRICHODERMA SP. TERHADAP PENINGKATAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCOY (*Bassica Rapa* L.). VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian, 18(2), 115–122. <https://doi.org/10.35457/Viabel.V18i2.4041>."
- Febrianny, Princessa Nandita, Annisa Azzahra, Syarifah Salsabila, Niken Agustin, Aqilla Kalyca Tamalia, Ajeng Distya Anjani, Junairiah, and Fatimah. 2025. "Evaluation of Biofertilizer on Growth and Productivity of *Solanum Lycopersicum* L." *Jurnal ILMU DASAR* 26 (2): 107–17. <https://doi.org/10.19184/jid.v26i2.53696>.
- Firmansyah, Fasal, and Titiek Islami. 2023. "Pengaruh Konsentrasi Dan Frekuensi Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L.) Varietas Anjasmoro." *Produksi Tanaman* 011:887–97. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2023.011.12.02>.
- Hidayati. 2024. "Efektivitas Pupuk Nano Terhadap Nutrisi Tanaman Gandum. Paradigma: Jurnal Filsafat, Sains, Teknologi, Dan Sosial Budaya, 30(5), 29–38."
- Kiik, Karlus, Andreas Kefi, and Aloysius Rusae. 2021. "Pengaruh Bahan Mikroorganisme Lokal (MOL) Dan Frekuensi

- Pemberiannya Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai.' Buletin Agrohorti 11:266-76.
<https://doi.org/10.29244/Agrob.V11i2.47162>."
- Madzokere, T C, L T Murombo, and H Chiririwa. 2021. "Nano-Based Slow Releasing Fertilizers for Enhanced Agricultural Productivity." *Materials Today: Proceedings* 45:3709-15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.674>.
- Mandal, Debashis, and Lalrinchhani. 2021. "Nanofertilizer and Its Application in Horticulture." *Journal of Applied Horticulture* 23 (1): 70-77.
<https://doi.org/10.37855/jah.2021.v23i01.14>.
- Nawadkar, Anuja, Jyotsna Chaskar, Abhishekh Tiwari, and Atul Chaskar. 2024. "Controlled Release of Nanofertilizers: A Promising Approach for Efficient Delivery of Nutrients in Plants." *Journal of Crop Improvement* 38 (3): 189-218.
<https://doi.org/10.1080/15427528.2024.2336259>.
- Nazirah, Laila, and Adelya Puspita. 2026. "Respon Pertumbuhan Dan Hasil Beberapa Varietas Kedelai (Glycine Max L . Merr) Terhadap Pemberian Pupuk Hayati Rhizobium The Growth and Yield Response of Several Soybean Varieties." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK* 5 (2): 438-43.
- Pratiwi, Syal sabilla, Candra Dewi, and Nur Hayati. 2024. "Pengaruh Pemberian Pestisida Nabati Terhadap Intensitas Serangan Hama Penting Pada Tiga Varietas Tanaman Kedelai (Glycine Max (L.) Merrill)." *Jurnal Agroplasma* 09 (1): 101-10.
- Sari, R. M., Maharani, A. I., Wulan, H., Kanaya, O. N., & Violita. 2022. "Respon Perkecambahan Kedelai (Glycine Max L.) Terhadap Kondisi Cekaman Kekeringan Dengan Menggunakan PEG (Polyethylene Glycol) 8000. Prosiding Seminar Nasional Biologi, 1(2), 423-432.
<https://Semnas.Biologi.Fmipa.Unp.Ac.Id/Index.Php/Prosiding/Article/View>."
- Sjamsijah, Nurul, and Ayilia Pristiawati. 2024. "Aplikasi Pupuk Kandang Dan Hormon Giberelin Terhadap Produksi Benih Kedelai (Glycine Max (L .) Merrill) Varietas Dena 1 Application of Manure and Gibberellin Hormone Treatment on Production of Soybean Seeds (Glycine Max (L .) Merrill) Dena 1 Variety." *AGROPROSS National Conference Proceedings of Agriculture*, 646-54.
- Tiara Cinta, Septi, Widiwurjani Widiwurjani, and Nora Augustien K. 2023. "Respon Pupuk N, P, K Dan Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (Glycine Max (L.) Merrill)." *Jurnal Agrium* 20 (1 SE-Articles): 42-50.
<https://doi.org/10.29103/agrium.v20i1.10663>.
- Wahyudi, Anung, Muhamad Syukur, Nazirwan Nazirwan, Subandi Subandi, Akbar Hidayatullah Zaini, Yohanes Hendrianto, Wahid Rifan Gustoro, et al. 2022. "Performa Karakter Agronomi Dan Produktivitas Tujuh Varietas Kacang Tunggak Generasi Kedua." *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 22 (2): 169-76.
<https://doi.org/10.25181/jppt.v22i2.2205>.

- Wibowo, Agung Setya, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, and Palupi Puspitorini. 2025. "EFEKTIFITAS BIOMATRICONDITIONING BENIH DENGAN BAKTERI INDIGENOUS DAN BIONANOFERTILIZER UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (Glycine Max (L.) Merr.)." *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian* 20 (2): 65–78.
- Yusuf, Muhamad, Muhammad Rafli, Muhammad Yusuf Nurdin, Nelly Fridayanti. 2024. . ". 'Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Dua Varietas Kedelai (Glycine Max (L.) Merr.).' Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi 3 (1): 1–5."
- Zafar, Sadia, Maria Bilal, Muhammad Fraz Ali, Athar Mahmood, Jureerat Kijssomporn, Ling Shing Wong, Harshini M, Vikas Kumar, and Saqer S. Alotaibi. 2024. "Nano-Biofertilizer an Eco-Friendly and Sustainable Approach for the Improvement of Crops under Abiotic Stresses." *Environmental and Sustainability Indicators* 24 (April): 100470. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100470>.

PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI PAKCOY (*Brassica rapa* L.) DENGAN PEMBERIAN PUPUK AB MIX DAN PUPUK ORGANIK CAIR SECARA HIDROPONIK

Tedy Martadela¹, Evriani Mareza*², dan Ummi Kalsum³

¹⁻³ Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas IBA

Email: *evriani_mareza@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pupuk AB mix adalah nutrisi anorganik kandungan hara yang lengkap, sehingga dapat memenuhi kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik. Pemakaian pupuk anorganik yang tinggi dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia serta lingkungan. Sehingga perlu adanya nutrisi yang dapat menekan penggunaan pupuk anorganik seperti pupuk organik cair (POC). Penelitian ini bertujuan untuk menguji: 1) POC mensubstitusi pupuk AB Mix, dan 2) konsentrasi POC dan pupuk AB Mix terbaik untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik rakit apung. Penelitian dilaksanakan di *greenhouse* The Zafarm Palembang dari bulan April – Mei 2025, menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas 5 perlakuan, yaitu P0 (100% AB Mix), P1 (75% AB Mix + 25% POC), P2 (50% AB Mix + 50% POC), P3 (25% AB Mix + 75% POC), dan P4 (100% POC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa POC 100% belum bisa menggantikan peran pupuk AB Mix sebagai nutrisi bagi tanaman pakcoy yang dibudidayakan secara hidroponik. Perlakuan P0 (AB Mix 100%) menghasilkan panjang daun, jumlah daun, luas daun, volume akar, bobot basah tajuk, bobot basah akar, bobot kering tajuk dan bobot kering akar terbaik.

Kata Kunci: Hidroponik rakit apung; Pupuk anorganik, Pupuk Organik Cair Komersial

PENDAHULUAN

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) adalah sayuran yang kaya gizi yang dapat dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan gizi penduduk Indonesia. Menurut Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian (2023), konsumsi sayuran pakcoy di Indonesia meningkat sebesar 0.72% dari 2 812 kg.kapita⁻¹.tahun⁻¹ pada tahun 2022, menjadi 2 832 kg.kapita⁻¹.tahun⁻¹ pada tahun 2023. Namun menurut Dirjen Hortikultura (2024), produksi sayuran pakcoy di Indonesia justru mengalami penurunan dari 760 608 t pada tahun 2022 menjadi 686 876 t pada tahun 2023. Salah satu penyebab permasalahan ini adalah semakin berkurangnya luas lahan untuk budidaya sayuran karena digunakan untuk

pemukiman dan kawasan industri sebagai akibat dari peningkatan populasi penduduk (Abimayu, 2024).

Kebutuhan konsumsi sayur, mengharuskan penduduk Indonesia melakukan budidaya tanaman di lahan yang semakin sempit. Menurut Suhandoko *et al.* (2018), inovasi terhadap ketersediaan lahan yang terbatas untuk melakukan budidaya tanaman yaitu menerapkan sistem pertanian lahan sempit dengan sistem hidroponik.

Menurut Pasaribu *et al.* (2020), salah satu sistem hidroponik adalah sistem rakit apung yang pengaplikasiannya mudah, dapat diterapkan di area sempit, menengah maupun luas. Selain itu, sistem rakit apung juga memiliki kelebihan lain yaitu tanaman

mampu tumbuh lebih cepat, pembuatannya lebih sederhana, tidak terlalu bergantung pada listrik, dan biaya relatif murah (Garindaru *et al.*, 2022).

Budidaya sistem hidroponik pada umumnya bergantung pada air dan nutrisi yang menggantikan fungsi tanah dalam menyediakan hara bagi tanaman. Pupuk yang biasa dipakai pada budidaya tanaman hidroponik yaitu pupuk AB mix, yakni pupuk anorganik dengan kandungan hara yang lengkap, sehingga dapat memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman. Kandungan hara AB Mix yaitu 9.90% NO₃, 0.48% NH₄, 4.83% P₂O₅, 16.50% K₂O, 11.48% CaO, 3.81% SO₃, 0.015% Zn, 0.002% Cu, 0.025% Mn, 0.037% Fe, 0.003% Mo, 0.013% B, dan 2.83% MgO (Indriani, 2021).

Menurut Jihad *et al.* (2023), pemakaian pupuk anorganik yang tinggi dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia serta lingkungan. Sehingga perlu adanya nutrisi dari pupuk organik untuk menurunkan pemakaian pupuk anorganik. Pupuk organik cair (POC) merupakan nutrisi tanaman yang dihasilkan dari fermentasi bahan-bahan alami. Pupuk organik cair dapat diperoleh melalui produksi mandiri atau pembelian secara komersial. Dibandingkan pupuk organik cair buatan sendiri, produk komersial seperti POC Nasa lebih praktis dan memiliki kandungan yang sudah terstandarisasi. Menurut PT. Natural Indonesia (2024), POC Nasa mengandung C-Organik 9.69%, N 4.15%, P₂O₅ 4.45%, K₂O 5.66%, Ca 0.98%, S 0.12%, Zn 41.04 ppm, Cu 8.43 ppm, Mn 8.40 ppm, Fe 0.45 ppm, Mo 2.30 ppm, Co 2.54 ppm, NaCl 60.40 ppm, lemak 0.44%, protein 0.72%, dan kandungan lain seperti asam humat, vulvat dan zat perangsang tumbuh (ZPT).

Hasil penelitian Dewi (2023), pemberian pupuk AB Mix yang dikombinasikan dengan POC berpengaruh signifikan pada tinggi tanaman, bobot basah akar, jumlah daun, bobot basah tanaman, dan mempengaruhi rasa tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). Perlakuan AB Mix 75% + POC 25% menghasilkan pertumbuhan tanaman selada terbaik yang dibudidayakan secara hidroponik sistem *wick*. Hasil penelitian Nurhidayati *et al.* (2024), pemberian pupuk AB Mix 5 ml.l⁻¹ yang dikombinasikan dengan POC Nasa 6 ml.l⁻¹ memiliki pengaruh yang nyata pada panjang akar tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada hidroponik sistem *wick*.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji: 1) POC mensubstitusi pupuk AB Mix, 2) konsentrasi pupuk AB Mix dan POC Nasa terbaik untuk pertumbuhan dan produksi pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik rakit apung.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di *greenhouse* The Zafarm Palembang dari bulan April 2025 – Mei 2025.

Bahan-bahan pada penelitian yaitu benih pakcoy Varietas Nauli F1, nutrisi AB mix, POC Nasa, dan rockwool. Alat-alat pada penelitian yaitu nampan, *box styrofoam*, *aerator*, selang *aerator*, airston, sambungan T selang *aerator*, keran pembagi oksigen, ember, selang air, gelas ukur, tusuk gigi, *cutter*, *hand sprayer*, neraca analitik, alat ukur ppm/TDS (*Total Dissolved Solid*), pH meter, stiker label, pena, buku dan kamera.

Penelitian memakai Rancangan Acak Kelompok dengan 5 perlakuan yang diulang 5 kali, menghasilkan total 25 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 4 tanaman pakcoy, sehingga total

tanaman yang diamati berjumlah 100. Variasi perlakuan yang diujikan meliputi: P0 (100% AB Mix), P1 (75% AB Mix + 25% POC), P2 (50% AB Mix + 50% POC), P3 (25% AB Mix + 75% POC), dan P4 (100% POC).

Data yang didapat dari penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam. Kemudian, diuji lanjut BNJ 5% untuk melihat perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis keragaman perlakuan konsentrasi pupuk AB Mix dan POC berpengaruh signifikan terhadap seluruh peubah yang diamati, kecuali panjang akar (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis keragaman pada semua peubah yang diamati

Peubah yang diamati	F. Hitung	KK (%)
Panjang daun 7 hst	6.76 n	7.30
Panjang daun 14 hst	28.33 n	8.97
Panjang daun 21 hst	44.32 n	9.37
Panjang daun 28 hst	80.35 n	8.35
Panjang daun panen	71.04 n	9.26
Jumlah daun 7 hst	6.18 n	5.45
Jumlah daun 14 hst	26.71 n	4.81
Jumlah daun 21 hst	107.83 n	5.46
Jumlah daun 28 hst	107.48 n	7.01
Jumlah daun panen	111.57 n	7.59
Luas daun	93.12 n	9.51
Panjang akar	1.45t n	19.55
Volume akar	34.06 n	19.49
Bobot basah tajuk	68.51 n	18.62
Bobot basah akar	57.68 n	17.47
Bobot kering tajuk	69.06 n	17.20
Bobot kering akar	82.03 n	15.00
Rasio tajuk/akar	4.57 n	16.30

Keterangan: n = berpengaruh signifikan ; KK = Koefisien Keragaman

1. Panjang daun

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada panjang daun hari ke 7, 14, 21, 28 dan saat panen (Tabel 1). Panjang daun mulai hari ke 7 hingga panen

menunjukkan pola yang sama, yaitu panjang daun terpanjang terdapat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4. Daun terpendek pada perlakuan P4 (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata panjang daun pakcoy pada hari ke 7, 14, 21, 28 dan panen pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata panjang daun (cm) pada hari ke				
	7	14	21	28	Panen
P0	7.16 c	11.50 c	15.22 c	18.48 c	19.25 c
P1	7.03b c	10.92 c	13.91 c	17.41 c	17.97 c
P2	6.70 abc	11.04 c	13.62 c	17.22 c	18.89 c
P3	6.15 ab	8.56 b	10.68 b	13.77 b	14.29 b
P4	5.86 a	6.63 a	6.82 a	6.48 a	6.44 a
BNJ 5% =	0.93	1.69	2.19	2.37	2.76

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

2. Jumlah daun

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada jumlah daun hari ke 7, 14, 21, 28 dan saat panen (Tabel 1). Jumlah daun hari ke 7 terbanyak pada perlakuan P0 dan P2, berbeda signifikan dengan perlakuan P4. Pada pengamatan hari ke 14 hingga panen, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4 yang memiliki daun paling sedikit. Namun, berbeda tidak signifikan dengan perlakuan P1 dan P2 (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata jumlah daun pakcoy pada hari ke 7, 14, 21, 28 dan panen pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun (helai) pada hari ke				
	7	14	21	28	Panen
P0	5.05 b	7.90 c	13.60 c	18.90 c	21.80 c
P1	5.00 b	7.90 c	12.85 c	18.00 c	20.20 c
P2	5.05 b	7.60 bc	13.20 c	18.25 c	20.95 c
P3	4.65 ab	6.95 b	11.10 b	14.80 b	16.45 b
P4	4.40 a	6.00 a	6.55 a	6.90 a	6.80 a
BNJ 5% =	0.51	0.68	1.21	2.09	2.53

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

3. Luas daun

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada luas daun (Tabel 1). Luas daun tanaman pakcoy terbesar terdapat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4 yang memiliki daun paling kecil. Namun, berbeda tidak signifikan dengan perlakuan P1 dan P2 (Tabel 4).

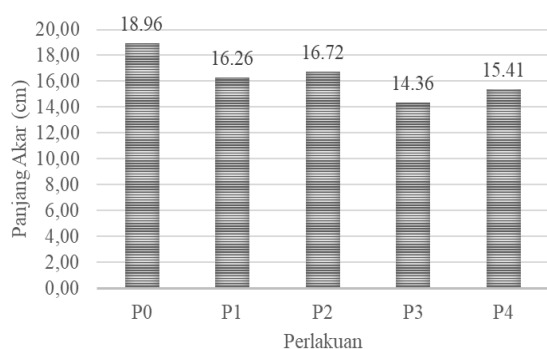
Tabel 4. Rata-rata luas daun pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata luas daun (cm ²)
P0	290.42 c
P1	279.02 bc
P2	285.00 bc
P3	244.02 b
P4	64.96 a
BNJ 5% =	42.85

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

4. Panjang akar

Kedua perlakuan berpengaruh tidak signifikan pada panjang akar (Tabel 1). Secara tabulasi, akar terpanjang terdapat pada perlakuan P0, sedangkan akar terpendek pada perlakuan P3. Rata-rata panjang akar konsentrasi pupuk AB Mix dan POC terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh kedua perlakuan terhadap panjang akar

5. Volume akar

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada volume akar (Tabel 1). Volume akar tanaman pakcoy terbesar terdapat pada P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4 yang memiliki volume akar paling kecil. Namun, berbeda tidak signifikan dengan perlakuan P1 dan P2 (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-rata volume akar pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata volume akar (ml)
P0	7.10 c
P1	6.00 c
P2	6.65 c
P3	3.50 b
P4	1.20 a
BNJ 5% =	1.85

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

6. Bobot Basah Tajuk

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada bobot basah tajuk (Tabel 1). Bobot basah tajuk tanaman pakcoy terberat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4. Namun, berbeda tidak signifikan dengan perlakuan P1 dan P2 (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata bobot basah tajuk pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata bobot basah tajuk (g)
P0	90.31 c
P1	82.49 c
P2	86.51 c
P3	27.17 b
P4	3.39 a
BNJ 5% =	20.91

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

7. Bobot basah akar

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada bobot basah akar tanaman pakcoy (Tabel 1). Bobot basah akar terberat terdapat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P3 dan P4. Namun, berbeda tidak signifikan dengan perlakuan P1 dan P2 (Tabel 7).

Tabel 7. Rata-rata bobot basah akar pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata bobot basah akar (g)
P0	7.26 c
P1	6.45 c
P2	6.49 c
P3	2.77 b
P4	0.79 a
BNJ 5% =	1.61

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

8. Bobot kering tajuk

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada bobot kering tajuk tanaman pakcoy (Tabel 1). Bobot kering tajuk terberat terdapat pada perlakuan P0, berbeda signifikan dengan perlakuan P2, P3 dan P4 yang merupakan bobot kering tajuk paling ringan (Tabel 8).

Tabel 8. Rata-rata bobot kering tajuk pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata bobot kering tajuk (g)
P0	5.69 c
P1	5.40 bc
P2	4.31 b
P3	1.76 a
P4	0.59 a
BNJ 5% =	1.18

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

9. Bobot kering akar

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada bobot kering akar tanaman pakcoy (Tabel 1). Bobot kering akar terberat terdapat pada P0, berbeda signifikan dengan semua perlakuan, kecuali perlakuan P1. Bobot kering akar paling ringan terdapat pada perlakuan P4 (Tabel 9).

Tabel 9. Rata-rata bobot kering akar pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata bobot kering akar (g)
P0	0.66 c
P1	0.60 c
P2	0.47 b
P3	0.21 a
P4	0.09 a
BNJ 5% =	0.12

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

10. Rasio tajuk/akar

Kedua perlakuan berpengaruh signifikan pada rasio tajuk/akar (Tabel 1). Rasio tajuk/akar tanaman pakcoy terbesar terdapat pada P1, berbeda tidak signifikan dengan semua perlakuan, kecuali dengan perlakuan P4 yang memiliki rasio tajuk/akar paling kecil (Tabel 10).

Tabel 10. Rata-rata rasio tajuk/akar pada kedua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata rasio tajuk
P0	9.06 ab
P1	9.82 b
P2	9.39 b
P3	8.91 ab
P4	6.36 a
BNJ 5%=	2.75

Keterangan: Perbedaan notasi pada rata-rata dalam satu kolom menandakan bahwa berbeda signifikan pada hasil uji BNJ 5%

Pembahasan

Perlakuan AB Mix 100% menghasilkan pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy terbaik, karena pupuk AB Mix mengandung unsur hara yang lengkap, yaitu NO₃ 9.90%, NH₄ 0.48%, P₂O₅ 4.83%, K₂O 16.50%, CaO 11.48%, SO₃ 3.81%, Zn 0.015%, Cu 0.002%, Mn 0.025%, Fe 0.037%, Mo 0.003%, B 0.013%, dan MgO 2.83% (Indriani, 2021).

Pertumbuhan panjang dan jumlah daun pada tanaman pakcoy mencerminkan peran esensial unsur hara N yang tersedia di dalam larutan AB Mix dengan kadar yang cukup dan juga dalam bentuk ionik yang *readily available* bagi tanaman. Menurut Megasari dan Asmuliani (2020), unsur hara N memiliki peranan krusial dalam proses metabolisme dasar tumbuhan, terutama dalam produksi asam amino, protein, dan klorofil, yang selanjutnya menentukan keberhasilan pembentukan jaringan vegetatif, termasuk perkembangan morfologi daun.

Kontribusi N terhadap panjang dan jumlah daun, secara simultan berpengaruh terhadap peningkatan luas daun. Semakin panjang dan banyak daun, maka luas daun cenderung akan meningkat. Luas daun dapat dihasilkan melalui peningkatan luas permukaan tiap helai daun, yang mencerminkan pertumbuhan sel yang optimal pada jaringan daun. Menurut Wenno dan Sinay (2019), selain unsur N, unsur hara P yang diambil oleh tanaman berperan dalam proses asimilasi, proses membelahnya sel, dan pertumbuhan jaringan meristem, sehingga memengaruhi pembuatan daun baru dan luas daun.

Pertumbuhan akar, baik dari segi panjang maupun volumenya, memperlihatkan dinamika yang menarik.

Panjang akar tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan karena seluruh akar berada dalam kondisi terendam air, sehingga gerak tumbuhnya tidak tergantung pada rangsangan akar yang disebabkan oleh air, gravitasi bumi dan unsur hara. Menurut Dewi (2023), akar yang selalu terendam air dan selalu berada dekat dengan unsur hara, tidak akan dipengaruhi gerak hidrotropisme, geotropisme dan kemotropisme. Jika dilihat dari volume akar, perlakuan AB Mix 100% menunjukkan volume akar tertinggi. Kondisi ini diduga disebabkan oleh pembentukan akar yang lebih banyak sebagai respons dari suplai fotosintat yang optimal dari tajuk serta ketersediaan hara P yang cukup. Unsur P berperan merangsang pembuatan akar baru, perkembangan akar lateral dan penyerapan nutrisi lain (Kajarina dan Juniarsih, 2024). Perlakuan POC menghasilkan pertumbuhan akar yang terhambat, diduga karena hara esensial yang kurang seperti K, N dan Ca dalam komposisi POC dibandingkan dengan nutrisi AB Mix. Menurut Fauziah (2021), peran unsur K bagi tanaman yaitu 1) mengatur keseimbangan osmotik sel, yang berdampak pada tekanan turgor sel, 2) sebagai aktivator berbagai enzim yang ikut berperan pada sintesis protein dan pati. Peran unsur N bagi tanaman yaitu menyusun protein dan enzim. Sedangkan peran unsur Ca yaitu sebagai komponen kalsium pektat penyusun dinding sel. Ketika unsur K meningkat, maka akan memacu air untuk masuk ke dalam sel. Masuknya air ke dalam sel menyebabkan tekanan turgor meningkat, sehingga dinding sel merenggang dan volume sel meningkat (pembesaran sel). Namun, kondisi pada tanaman pakcoy dengan perlakuan POC mengalami defisiensi unsur K, membuat

tekanan turgor sel berkurang, sehingga proses ekspansi sel terhambat dan menyebabkan ukuran dan panjang sel akar menjadi lebih kecil. Kondisi ini juga disebabkan oleh defisiensi unsur N, sehingga tanaman kekurangan protein yang merupakan blok bangunan sel dan pembelahan sel terganggu. Selain itu, tanaman pakcoy mengalami defisiensi unsur Ca yang berdampak pada lemahnya dinding sel karena terganggunya pembentukan kalsium pektat pada sel, sehingga pada akhirnya menyebabkan struktur jaringan akar menjadi kurang kokoh. Hal ini sejalan dengan pendapat Pradita (2018), komposisi hara pada POC yang lebih rendah dibanding AB Mix, membuat pertumbuhan dan hasil tanaman menjadi kurang optimal.

Perlakuan P0 (AB Mix 100%) menghasilkan bobot basah tajuk tanaman pakcoy tertinggi, sedangkan perlakuan P4 (POC Nasa 100%) menghasilkan bobot basah tajuk terendah. Perbedaan bobot basah tajuk tersebut karena perbedaan karakter morfologi tanaman, seperti panjang daun, jumlah daun, dan luas daun, yang lebih besar pada perlakuan P0 dibandingkan dengan P4. Menurut hasil penelitian Suarsana *et al.* (2019), bahwa peningkatan luas daun, panjang daun dan jumlah daun secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan bobot basah tajuk, karena akan menambah kandungan air pada daun.

Perlakuan AB Mix 100% memiliki bobot basah akar lebih tinggi dibanding perlakuan POC 100%. Perbedaan tersebut diduga oleh panjang dan volume akar pada perlakuan AB Mix 100% lebih besar dibanding perlakuan POC 100%. Menurut hasil penelitian Dammitri *et al.* (2024),

panjang dan volume akar berkontribusi dalam peningkatan bobot basah akar.

Bobot kering tajuk dan bobot kering akar tanaman pakcoy memberikan hasil yang sama, yaitu perlakuan AB Mix 100% memiliki bobot kering lebih tinggi dibanding perlakuan POC 100%. Akumulasi senyawa organik dari fotosintesis tanaman berdampak pada bobot kering tanaman. Menurut Dewi (2019) bobot kering menunjukkan kemampuan penyerapan hara, produktivitas daun dalam fotosintesis, dan efisiensi distribusi hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman.

Perlakuan 75% AB Mix + 25% POC menghasilkan rasio tajuk/akar tertinggi, menunjukkan pertumbuhan bagian atas tanaman lebih dominan dibanding perakaran. Hal ini diduga oleh kandungan nutrisi dalam perlakuan yang memenuhi kebutuhan tanaman, sehingga tanaman dapat mengurangi perluasan sistem perakaran dan meningkatkan pertumbuhan tajuk. Menurut Rhasita *et al.* (2021), rasio tajuk/akar dipengaruhi oleh total nutrisi tersedia dalam larutan. Ketika nutrisi tersedia dalam jumlah yang dibutuhkan, pertumbuhan akar tidak akan massif untuk menemukan unsur hara. Hasil dari pertumbuhan tanaman akan di fokuskan untuk memperluas tajuk.

Perlakuan POC 100% menghasilkan pertumbuhan dan produksi paling rendah pada semua peubah yang diamati. Menurut PT. Natural Indonesia (2024), POC Nasa mengandung C-Organik 9.69%, N 4.15%, P₂O₅ 4.45%, K₂O 5.66%, Ca 0.98%, S 0.12%, Zn 41.04 ppm, Cu 8.43 ppm, Mn 8.40 ppm, Fe 0.45 ppm, Mo 2.30 ppm, Co 2.54 ppm, NaCl 60.40 ppm, lemak 0.44%, protein 0.72%, asam humat, vulvat dan zat perangsang tumbuh (ZPT). Meskipun komposisi nutrisinya tergolong lengkap,

namun konsentrasi unsur hara dalam larutan POC 100% lebih rendah dibanding konsentrasi unsur hara pupuk AB Mix, sehingga diduga belum mampu mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman pakcoy secara optimal. Sesuai hasil penelitian Lestari dan Putri (2022), penggunaan POC mandiri tanpa pupuk AB Mix belum mampu mendukung pertumbuhan tanaman hidroponik karena POC bersifat *slow release*.

KESIMPULAN

1. Pupuk organik cair (POC) belum bisa mensubstitusi peran pupuk AB Mix terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy yang dibudidayakan secara hidroponik sistem rakit apung.
2. Pupuk AB Mix 100% menghasilkan pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimayu, A. 2024. Analisis dampak alih fungsi lahan pertanian ke industri terhadap hasil produksi tanaman pangan di Cilegon. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*. 1(2): 26-34.
- Dammitri, I.M., M.D. Sukmasari, dan D.R. Nugraha. 2024. Uji pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan pemberian pupuk organik cair pada sistem hidroponik. *Jurnal of Agronomy Science*. 1(2): 11-20.
- Dewi, F.M. 2023. Pertumbuhan dan Produksi Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.) Menggunakan Kombinasi Pupuk Organik Cair Komersial dan AB Mix pada Hidroponik Sistem Wick. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Dewi, T.K. 2019. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Varietas Nauli F1 Dengan Pemberian Pupuk Organik Cair. *Jurnal Agrotek*. 6(2): 77-92.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2024. Angka Tetap Hortikultura Tahun 2023. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 285 hal.
- Fauziah, A. 2021. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Biru Atmajaya: Tulungagung, Jawa Timur. 254 hal.
- Garindaru, K., A.A Muayyadi, dan G.B. Satrya. 2022. Pemantauan dan pengendalian tanaman hidroponik rakit apung berbasis IoT. Dalam e-Proceeding of Engineering. Hal. 3356-3369.
- Indriani, S. 2021. Efektivitas Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Kelinci dan Air Cucian Beras terhadap Pertumbuhan Sawi (*Brassica juncea* L.). Karya Tulis Ilmiah. Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Bengkulu.
- Jihad, M., Firmansyah, R.T. Hutasoit, S.H. Amrullah, dan St. Chadijah. 2023. Efektivitas pupuk organik terhadap produksi padi inpari 36. Dalam Prosiding Seminar Nasional Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan. Hal. 89-96.
- Kajarina, S. dan T. Juniarsih. 2024. Pengaruh pemberian nutrisi ab mix dan poc urine kelinci terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) sistem hidroponik wick. *Agrobun: Jurnal Ilmu Pertanian*. 1(1): 17-29.

- Lestari, I.P. dan D.N. Putri. 2022. Efikasi aplikasi komposisi AB Mix, ecoenzym dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil kangkung pada sistem hidroponik statis. Prosiding seminar nasional hasil penelitian agribisnis VI. 6(1): 248-254.
- Megasari, R. dan R. Asmuliani. 2020. Uji pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan pemberian nutrisi AB Mix dan POC pada sistem hidroponik. Musamus Journal of Agrotechnology Research. 2(2): 45-51.
- Nurhidayati, E., Rahmiati, R. Hayati. 2024. Pengaruh konsentrasi poc nasa dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada hidroponik sistem wick. Jurnal Agriflora, 8(1) : 72-80.
- Pasaribu, P.O., R. Indrayanti, Adisyahputra, R.K. Asharo, R. Priambodo, V. Rizkawati, dan Y. Irnidayanti. 2020. Pelatihan budidaya pakcoy dengan sistem hidroponik rakit apung sebagai upaya memanfaatkan pekarangan sempit di Rawamangun, Jakarta Timur. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat (SNPPM-2020), 108-118.
- Pradita, N. 2018. Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem NFT. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- PT. Natural Nusantara, 2024. Kandungan POC NASA. <https://stockistnasa.com/shop/pocnasa/> Diakses pada 16 November 2024.
- Rhasita S., Sumarsono dan Fuskhah. 2021. Pengaruh pembenah tanah terhadap pertumbuhan dan produksi tiga varietas padi pada tanah asal karanganyar berbasis pupuk organik bio-slurry. Jurnal Buana Sains. 21(1): 65-76.
- Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2023. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 130 hal.
- Suarsana, I.M., I.P. Parmila, dan K.A. Gunawan. 2019. Pengaruh konsentrasi nutrisi AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan hidroponik sistem sumbu (*wick system*). Jurnal Agro Bali. 2(2): 98-105.
- Suhandoko, A.A., S. Sumarson, dan E.D. Purbajanti. 2018. Produksi selada (*Lactuca Sativa* L.) dengan penyinaran lampu led merah dan biru di malam hari pada teknologi hidroponik sistem terapung termodifikasi. Journal Of Agro complex. 2(1): 79-85.
- Wenno, S. J., dan H. Sinay. 2019. Kadar klorofil daun pakcoy (*Brassica chinensis* L.) setelah perlakuan pupuk kandang dan ampas tahu sebagai bahan ajar mata kuliah fisiologi tumbuhan. Biopendix. 5(2): 130-139

PENGARUH PEMBERIAN JENIS ZPT ALAMI DAN KONSENTRASI PADA SELADA MERAH (*Lactuca sativa* var. *crispa*)

Habiburahman^{*1}, Fiana Podesta², Dwi Fitriani³, Usman⁴, Isnin Kurnia Safitri⁵, Zeti Druvada⁶
Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Kota Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author : habiburahman@umb.ac.id

ABSTRAK

Keterbatasan lahan pertanian di perkotaan mendorong masyarakat mengembangkan sistem hidroponik sebagai alternatif budidaya tanaman, termasuk selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*). Pertumbuhan selada merah secara hidroponik dapat dioptimalkan melalui pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang berasal dari bawang merah, air kelapa, tauge, dan pisang. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh jenis ZPT alami, konsentrasi, dan interaksi keduanya terhadap pertumbuhan selada merah. Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Pasar Bengkulu, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu, menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial. Faktor pertama terdiri atas empat jenis ZPT alami, sedangkan faktor kedua terdiri atas konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Sebanyak 20 kombinasi perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 60 unit percobaan dengan total 120 tanaman. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa jenis ZPT dan konsentrasi secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter. Namun, interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada 37 hari setelah tanam dan berpengaruh sangat nyata terhadap berat basah. Air kelapa konsentrasi 20% merupakan perlakuan terbaik, terutama pada parameter berat basah yaitu 63,50 g yang merupakan nilai berat basah tertinggi, dengan memiliki jumlah daun 11,83 helai.

Kata Kunci: Hidroponik, Selada Merah, ZPT alami

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi besar pada sektor pertanian. Perkembangan pertanian tidak hanya berlangsung di wilayah perdesaan, tetapi juga mulai diterapkan di kawasan perkotaan. Keterbatasan lahan menjadi salah satu kendala utama dalam pengembangan pertanian perkotaan. Kondisi tersebut mendorong masyarakat untuk memanfaatkan lahan sempit melalui penerapan sistem budidaya hidroponik. Hidroponik merupakan sistem budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam dan dapat diterapkan pada lahan yang terbatas. Sistem ini juga mampu menghasilkan sayuran yang lebih bersih, higienis, serta memiliki umur panen yang relatif singkat (Magdalena & Santoso, 2020).

Sayuran hidroponik memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat perkotaan karena umumnya dipasarkan dalam kondisi yang masih segar. Tanaman yang dibudidayakan secara hidroponik cenderung memiliki daun yang lebih lebar, tekstur yang renyah, serta tingkat kebersihan yang lebih baik dibandingkan sayuran yang dibudidayakan secara konvensional. Hal tersebut disebabkan media tanam hidroponik tidak menggunakan tanah sehingga hasil panen relatif terbebas dari pasir, tanah, cacing, keong, dan organisme lain yang biasanya menempel pada sayuran. Selain itu, pengelolaan budidaya hidroponik yang tepat dapat mengurangi penggunaan pestisida sehingga menghasilkan sayuran yang lebih aman untuk dikonsumsi.

Salah satu jenis sayuran yang dapat dibudidayakan menggunakan sistem

hidroponik adalah selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*). Selada merah merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi dan daya tarik visual karena warna merah pada bagian daunnya. Warna tersebut berasal dari kandungan antosianin yang berperan sebagai antioksidan. Antosianin diketahui memiliki manfaat bagi kesehatan, antara lain membantu mencegah gangguan hati, kanker usus, stroke, diabetes, serta mendukung fungsi otak (Hidayanti, 2017). Karakteristik tersebut menjadikan selada merah sebagai salah satu sayuran yang berpotensi dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen terhadap produk pangan sehat dan berkualitas.

Pertumbuhan selada merah dalam sistem hidroponik memerlukan pengelolaan yang tepat, terutama dalam penyediaan unsur hara dan pemberian perlakuan tambahan yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Salah satu perlakuan yang dapat diterapkan adalah pemberian zat pengatur tumbuh. Zat pengatur tumbuh merupakan senyawa yang dapat memengaruhi proses fisiologis tanaman, seperti pembelahan sel, pemanjangan sel, pembentukan akar, dan pertumbuhan daun. Zat pengatur tumbuh yang digunakan dalam budidaya tanaman umumnya berasal dari bahan sintetis. Namun, penggunaan bahan alami sebagai alternatif ZPT perlu dikembangkan karena lebih mudah diperoleh, relatif murah, dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis.

Beberapa bahan alami yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber ZPT antara lain bawang merah, air kelapa, tauge, dan pisang. Bahan-bahan tersebut tidak hanya mengandung unsur hara yang dibutuhkan

tanaman, tetapi juga mengandung hormon alami yang berperan dalam pertumbuhan. Air kelapa mengandung sitokinin, auksin, giberelin, mineral, dan senyawa organik yang dapat merangsang pembelahan serta pertumbuhan sel. Bawang merah diketahui mengandung auksin dan vitamin yang dapat mendukung pembentukan akar. Tauge memiliki kandungan auksin dan nutrisi yang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, sedangkan pisang mengandung karbohidrat, mineral, vitamin, dan senyawa pengatur tumbuh yang berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan alami tersebut dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Tiwery (2014) melaporkan bahwa pemberian air kelapa dengan dosis 250 ml per tanaman mampu meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun sawi. Rahman et al. (2023) dan Novita et al. (2022) menyatakan bahwa POC dan ekstrak pisang dapat memengaruhi tinggi dan pertumbuhan akar tanaman dengan signifikan. Syfandy (2017) menemukan bahwa ekstrak bawang merah dengan konsentrasi 4% dan 6% berpengaruh nyata terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman sawi. Sementara itu, pemberian ekstrak tauge dengan konsentrasi 60 ml/L dilaporkan memberikan pengaruh nyata terhadap berat basah tanaman kailan (Nawawi, Sholiha, & Banu, 2021).

Meskipun penggunaan berbagai jenis ZPT alami telah diteliti pada beberapa tanaman, informasi mengenai perbandingan pengaruh bawang merah, air kelapa, tauge, dan pisang pada selada merah yang dibudidayakan secara hidroponik masih terbatas. Perbedaan jenis

dan konsentrasi ZPT alami diduga dapat menghasilkan respons pertumbuhan yang berbeda karena setiap bahan memiliki kandungan hormon dan unsur hara yang tidak sama. Konsentrasi yang terlalu rendah belum tentu mampu memberikan respons pertumbuhan yang optimal, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menghambat proses fisiologis tanaman. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk menentukan jenis dan konsentrasi ZPT alami yang sesuai bagi pertumbuhan selada merah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis ZPT alami, tingkat konsentrasi, serta interaksi antara kedua faktor tersebut terhadap pertumbuhan tanaman selada merah yang dibudidayakan secara hidroponik. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, berat basah, dan panjang akar. Penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh kombinasi jenis dan konsentrasi ZPT alami yang cenderung memberikan pertumbuhan terbaik pada selada merah.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat ilmiah dan praktis. Secara ilmiah, penelitian ini dapat menambah informasi mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai sumber zat pengatur tumbuh pada tanaman hortikultura. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan bagi petani hidroponik dan masyarakat dalam memanfaatkan bawang merah, air kelapa, tauge, atau pisang sebagai alternatif ZPT yang mudah diperoleh dan relatif ekonomis. Penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung pengembangan budidaya

selada merah yang lebih efisien dan ramah lingkungan di kawasan perkotaan.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Oktober hingga November 2025 di Jalan Enggano RT 07, Kelurahan Pasar Bengkulu, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Alat yang digunakan meliputi wadah persegi, plastik, tripleks, gelas plastik, TDS meter, solder, bor, mata bor holesaw, dan gelas ukur. Bahan penelitian terdiri atas benih selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*), bawang merah (*Allium cepa* L.), tauge, pisang, air kelapa, nutrisi AB Mix, dan rockwool.

Penelitian ini menggunakan sistem hidroponik dengan konsentarsi pupuk ab mix 300 ppm pada umur 0-7 hst, 600 ppm pada umur 7 – 14 hst, > 600 ppm pada umur lebih dari 14 hst. Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis zat pengatur tumbuh alami, yaitu ekstrak bawang merah (P1), air kelapa (P2), ekstrak tauge (P3), dan ekstrak pisang (P4). Faktor kedua adalah konsentrasi ZPT alami yang terdiri atas 5% (K1), 10% (K2), 15% (K3), 20% (K4), dan 25% (K5). Kombinasi kedua faktor menghasilkan 20 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali dan setiap unit percobaan terdiri atas dua tanaman. Dengan demikian, terdapat 60 unit percobaan dengan jumlah keseluruhan 120 tanaman.

Variabel pengamatan terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tanaman, lebar daun, dan panjang akar. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam atau analysis

of variance pada taraf signifikansi 5%. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, analisis dilanjutkan menggunakan Duncan's Multiple Range Test pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam untuk masing-masing perlakuan dan interaksi terhadap semua parameter pengamatan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian jenis ZPT alami dan konsentrasi pada selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*).

Parameter	F-hitung			KK (%)
	ZPT	Konsentrasi	Interaksi	
Tinggi Tanaman 9 HST	0.76 tn	1.77 tn	0.74 tn	8.31
Tinggi Tanaman 16 HST	1.00 tn	0.65 tn	0.54 tn	9.68
Tinggi Tanaman 23 HST	0.14 tn	0.36 tn	0.32 tn	11.33
Tinggi Tanaman 30 HST	0.20 tn	0.38 tn	0.72 tn	11.68
Tinggi Tanaman 37 HST	0.27 tn	0.18 tn	1.23 tn	12.65
Jumlah Daun 9 HST	0.38 tn	0.86 tn	0.38 tn	4.30
Jumlah Daun 16 HST	0.92 tn	1.69 tn	0.83 tn	9.27
Jumlah Daun 23 HST	1.14 tn	1.69 tn	1.03 tn	10.53
Jumlah Daun 30 HST	0.96 tn	0.58 tn	0.75 tn	14.79
Jumlah Daun 37 HST	1.18 tn	1.42 tn	2.28 *	13.13
Berat Basah Tanaman	1.60 tn	0.71 tn	3.02 **	23.85
Lebar Daun	1.03 tn	1.51 tn	1.55 tn	13.57
Panjang Akar	0.87 tn	1.53 tn	1.30 tn	16.84

Keterangan : tn : Berpengaruh tidak nyata
 * : Berpengaruh nyata
 ** : Berpengaruh sangat nyata
 KK : Koefisien keragaman

Tabel 1 menunjukkan adanya interaksi antara jenis dan konsentrasi ZPT yang berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada umur 37 HST serta berpengaruh sangat nyata terhadap berat basah tanaman. Interaksi yang berpengaruh nyata menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap suatu jenis ZPT bergantung pada konsentrasi yang diberikan, atau sebaliknya, sehingga pengaruh masing-

masing faktor tidak dapat dijelaskan secara terpisah. Oleh karena itu, hasil analisis sidik ragam yang menunjukkan interaksi nyata atau sangat nyata perlu ditindaklanjuti dengan uji lanjut. Uji lanjut tersebut dilakukan untuk mengetahui kombinasi jenis dan konsentrasi ZPT yang berbeda nyata serta menentukan kombinasi perlakuan yang memberikan hasil terbaik.

Tinggi Tanaman

Tabel 2. Pengaruh jenis ZPT dan konsentrasi terhadap tinggi tanaman umur 9-37 HST.

Faktor	Jenis dan Konsentrasi	9 HST	16 HST	23 HST	30 HST	37 HST
Jenis ZPT alami	Bawang merah	6,67	11,08	15,08	17,15	20,97
	Air kelapa	6,39	11,42	14,74	16,71	19,48

	Tauge	6,61	11,76	14,88	17,2	19,99
	Pisang	6,61	11,57	14,73	17,16	19,89
	5	6,81	11,43	15,08	17,2	19,98
	10	6,77	11,58	14,99	17,18	19,7
Konsentrasi (%)	15	6,44	11,28	14,61	17,15	19,76
	20	6,5	11,82	15,13	17,3	20,28
	25	6,33	11,17	14,49	16,42	20,68

Tinggi tanaman selada merah pada tabel 2 belum menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan statistik. Perlakuan jenis dan konsentrasi ZPT yang diberikan menghasilkan nilai rata – rata tinggi tanaman yang relatif cukup sama pada masing - masing kombinasi perlakuan dari umur 9 hingga 37 hst pada tanaman selada

Jumlah Daun

Tabel 3. Pengaruh jenis ZPT, dan konsentrasi terhadap jumlah daun umur tanaman 37 HST.

Konsentrasi ZPT Alami (%)	Jenis ZPT				Pengaruh Konsentrasi
	Bawang Merah	Air Kelapa	Tauge	Pisang	
5	10,83 b	10,50 a	10,17 a	10,83 b	10,62
10	12,33 b	8,00 a	10,33 a	10,83 b	10,37
15	10,00 a	11,17 b	9,17 a	10,50 a	10,16
20	11,00 b	11,83 b	10,83 b	8,83 a	10,62
25	10,00 a	9,75 a	10,00 a	8,17 a	9,38
Pengaruh Jenis ZPT Alami	10,61	10,24	10,13	9,93	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5 %.

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi ZPT alami memberikan respons yang berbeda terhadap jumlah daun selada merah. Pada ekstrak bawang merah, konsentrasi 10% menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu 12,33 helai, tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 5% dan 20%. Pada air kelapa, konsentrasi 20% menghasilkan jumlah daun tertinggi sebesar 11,83 helai dan tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 15%. Ekstrak tauge konsentrasi 20% menghasilkan jumlah daun tertinggi sebesar 10,83 helai serta berbeda nyata dibandingkan konsentrasi lainnya. Sementara itu, pada ekstrak

merah. Perbedaan nilai rata – rata secara numerik belum dapat diartikan akibat dari perlakuan yang diberikan. Perbedaan yang tidak signifikan tersebut diduga karena kebutuhan nutrisi tanaman telah tercukupi dari pemupukan dasar dan perlakuan belum dapat memberikan dampak yang signifikan untuk tinggi tanaman selada merah.

pisang, konsentrasi 5% dan 10% menghasilkan jumlah daun tertinggi dengan nilai yang sama, yaitu 10,83 helai. Berdasarkan rata-rata konsentrasi, perlakuan 5% dan 20% menunjukkan nilai tertinggi sebesar 10,62 helai, sedangkan konsentrasi 25% menghasilkan nilai terendah sebesar 9,38 helai. Secara keseluruhan, ekstrak bawang merah memberikan rata-rata jumlah daun tertinggi, yaitu 10,61 helai.

Berat Basah Tanaman

Hasil tabel sidik ragam menunjukkan bahwa pada parameter berat basah terjadi

interaksi yang sangat berbeda nyata antara ZPT dan konsentrasi tanaman.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan Jenis ZPT, dan konsentrasi terhadap berat basah tanaman umur 37 HST

Konsentrasi ZPT Alami (%)	Jenis ZPT				Pengaruh Konsentrasi
	Bawang Merah	Air Kelapa	Tauge	Pisang	
5	48,17 b	37,67 a	40,00 a	43,17 a	42,40
10	43,33 a	27,50 a	40,00 a	48,00 b	40,54
15	37,83 a	43,83 a	35,17 a	39,33 a	38,43
20	40,83 a	63,50 c	39,00 a	26,33 a	42,16
25	44,83 b	39,75 a	36,83 a	25,67 a	36,51
Pengaruh Jenis ZPT Alami	42,42	42,21	38,57	36,84	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5 %.

Berdasarkan tabel 4, setiap jenis ZPT alami menunjukkan respons yang berbeda terhadap berat basah selada merah pada berbagai konsentrasi. Pada ekstrak bawang merah, konsentrasi 5% menghasilkan berat basah tertinggi sebesar 48,17 g dan tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 25% sebesar 44,83 g. Air kelapa konsentrasi 20% memberikan hasil tertinggi sebesar 63,50 g serta berbeda nyata dibandingkan konsentrasi lainnya. Pada ekstrak tauge, berat basah tertinggi diperoleh pada konsentrasi 5% dan 10%,

masing-masing sebesar 40,00 g, tetapi seluruh konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan nyata. Sementara itu, ekstrak pisang konsentrasi 10% menghasilkan berat basah tertinggi sebesar 48,00 g dan berbeda nyata dibandingkan konsentrasi lainnya. Secara keseluruhan, kombinasi air kelapa konsentrasi 20% menunjukkan hasil berat basah terbaik.

Lebar Daun

Berdasarkan hasil tabel analisis sidik ragam bahwa jenis ZPT, dan konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Tabel 5. Pengaruh perlakuan Jenis ZPT, dan konsentrasi terhadap lebar daun tanaman umur 37 HST.

Konsentrasi ZPT Alami (%)	Jenis ZPT				Pengaruh Konsentrasi
	Bawang Merah	Air Kelapa	Tauge	Pisang	
5	12,55	10,97	11,20	11,30	11,50
10	11,45	10,68	9,60	12,56	11,07
15	9,42	11,72	11,35	11,18	10,92
20	11,40	10,50	11,28	9,50	10,67
25	12,04	9,58	10,10	9,05	10,19
Pengaruh Jenis ZPT Alami	11,37	10,69	10,71	10,72	

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan jenis ZPT alami dan konsentrasi ZPT tidak memberikan pengaruh nyata terhadap lebar daun tanaman selada merah pada umur 37 HST.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa lebar daun pada seluruh perlakuan secara statistik relatif sama. Oleh karena itu, perbedaan nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 5, baik antarjenis ZPT alami

maupun antarkonsentrasi, tidak dapat diinterpretasikan sebagai akibat dari perlakuan yang diberikan.

Panjang Akar

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa jenis ZPT alami,

Tabel 6. Pengaruh jenis ZPT, dan konsentrasi pada panjang akar umur 37 HST

Konsentrasi ZPT Alami (%)	Jenis ZPT				Pengaruh Konsentrasi
	Bawang Merah	Air Kelapa	Tauge	Pisang	
5	10.13	10.35	9.53	9.20	9.80
10	9.92	12.28	10.10	12.04	11.08
15	8.16	10.57	10.42	10.72	9.97
20	12.22	10.96	10.38	9.60	10.79
25	10.02	10.65	11.57	9.85	10.52
Pengaruh Jenis ZPT Alami	10.09	10.96	10.40	10.28	

Hal ini menunjukkan bahwa respons pertumbuhan akar pada seluruh kombinasi perlakuan secara statistik relatif sama. Oleh karena itu, perbedaan nilai rata-rata panjang akar yang tercantum pada tabel 6 tidak dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh dari jenis ZPT, konsentrasi, maupun interaksi kedua faktor tersebut.

Pembahasan

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh utama jenis ZPT alami dan konsentrasi tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, panjang akar, dan bobot basah selada merah. Namun, interaksi antara jenis ZPT alami dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada umur 37 HST serta berpengaruh sangat nyata terhadap bobot basah tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap konsentrasi ZPT alami bergantung pada jenis bahan yang digunakan. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi tidak selalu menghasilkan respons pertumbuhan yang sama pada setiap jenis ZPT alami.

Tidak adanya perbedaan nyata pada sebagian besar parameter tidak menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman pada perlakuan ZPT alami tergolong rendah. Seluruh kombinasi perlakuan

konsentrasi ZPT, dan interaksi antara keduanya tidak memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman selada merah pada umur 37 HST.

menghasilkan nilai rata-rata pertumbuhan yang relatif berdekatan dan menunjukkan perkembangan tanaman yang cukup seragam. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa berbagai jenis dan konsentrasi ZPT alami yang digunakan masih mampu mendukung berlangsungnya pertumbuhan tanaman dalam kisaran yang relatif sama. Perbedaan nilai rata-rata antarkombinasi perlakuan belum cukup besar dibandingkan keragaman data di dalam perlakuan sehingga secara statistik belum dapat dinyatakan berbeda nyata.

Keseragaman respons tanaman diduga berkaitan dengan adanya dukungan yang saling melengkapi antara larutan nutrisi AB Mix dan senyawa pengatur tumbuh yang berasal dari bahan alami. Larutan AB Mix diberikan secara seragam kepada seluruh tanaman sebagai sumber unsur hara makro dan mikro, sedangkan ekstrak bawang merah, air kelapa, tauge, dan pisang berpotensi menyediakan senyawa pengatur tumbuh yang berperan dalam proses pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel. Dalam kondisi nutrisi yang tersedia secara memadai, penambahan ZPT alami diduga lebih berperan dalam mendukung kestabilan proses fisiologis tanaman daripada menghasilkan perbedaan pertumbuhan yang besar antarkombinasi perlakuan.

Meskipun demikian, kontribusi langsung ZPT alami terhadap peningkatan pertumbuhan belum dapat dipisahkan secara pasti dari pengaruh larutan AB Mix apabila penelitian tidak menggunakan perlakuan pembanding tanpa penambahan ZPT alami. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih tepat diinterpretasikan bahwa seluruh jenis dan konsentrasi ZPT alami yang diuji menghasilkan respons pertumbuhan yang relatif seragam dan berada pada kisaran yang baik. Hasil tidak berbeda nyata menunjukkan kesetaraan respons antarkombinasi perlakuan, bukan menunjukkan bahwa tanaman tidak mengalami pertumbuhan atau bahwa ZPT alami tidak memiliki potensi fisiologis.

Parameter tinggi tanaman umur 9 hingga 37 HST, jenis dan konsentrasi ZPT alami tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman berlangsung relatif seragam pada seluruh perlakuan. Perbedaan nilai rata-rata yang terdapat dalam tabel merupakan variasi numerik dan tidak dapat digunakan untuk menetapkan bahwa satu jenis atau konsentrasi ZPT lebih baik daripada perlakuan lainnya. Keseragaman tinggi tanaman diduga menunjukkan bahwa seluruh kombinasi perlakuan masih dapat mendukung proses pembelahan dan pemanjangan sel dalam tingkat yang relatif sama.

Ekstrak bawang merah mengandung senyawa pengatur tumbuh, terutama auksin dan giberelin, yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel. Manurung et al. (2021) menyatakan bahwa pemberian ekstrak bawang merah dapat mendukung pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy. Namun, respons tanaman terhadap ZPT dipengaruhi oleh jenis tanaman, konsentrasi, kondisi lingkungan, metode ekstraksi, dan keseimbangan hormon endogen. Hal tersebut dapat menjelaskan mengapa pada penelitian ini perbedaan jenis dan konsentrasi ZPT belum menghasilkan tinggi tanaman yang berbeda

nyata, meskipun seluruh perlakuan tetap menunjukkan pertambahan tinggi selama periode pengamatan.

Parameter lebar daun, jenis ZPT alami, konsentrasi, dan interaksi keduanya juga tidak memberikan pengaruh nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pembesaran daun berlangsung relatif seragam pada seluruh kombinasi perlakuan. Seluruh tanaman memperoleh ketersediaan air dan nutrisi yang sama serta menerima tambahan ZPT alami sesuai perlakuan, sehingga perkembangan jaringan daun dapat berlangsung dalam kisaran yang hampir sama. Dengan demikian, perbedaan angka rata-rata lebar daun tidak dapat diinterpretasikan sebagai keunggulan salah satu jenis atau konsentrasi ZPT.

Parameter panjang akar, jenis ZPT alami, konsentrasi, dan interaksi kedua faktor tidak memberikan pengaruh nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh kombinasi perlakuan menghasilkan perkembangan akar yang relatif sebanding. Pertumbuhan akar tidak hanya dipengaruhi oleh ZPT, tetapi juga oleh ketersediaan oksigen, air, unsur hara, dan kondisi lingkungan perakaran. Dukungan nutrisi AB Mix dan pemberian ZPT alami diduga menciptakan kondisi pertumbuhan akar yang relatif seragam sehingga perbedaan antarkombinasi perlakuan tidak cukup besar untuk dinyatakan berbeda secara statistik.

Hasil penelitian Prihatini (2017) menunjukkan bahwa air kelapa pada konsentrasi 10–15% dapat mendukung pertumbuhan akar *Andrographis paniculata*. Susianti (2021) juga melaporkan pertumbuhan akar yang baik pada tanaman pakcoy yang memperoleh air kelapa pada media rockwool. Perbedaan hasil antarpenelitian dapat disebabkan oleh perbedaan spesies tanaman, komposisi nutrisi, kondisi media, umur tanaman, konsentrasi bahan, dan karakteristik air kelapa yang digunakan. Dalam penelitian ini, air kelapa tetap menghasilkan

pertumbuhan akar yang sebanding dengan ZPT alami lainnya, tetapi belum menunjukkan keunggulan yang nyata secara statistik.

Berbeda dengan tinggi tanaman, lebar daun, dan panjang akar, interaksi jenis dan konsentrasi ZPT alami berpengaruh nyata terhadap jumlah daun serta berpengaruh sangat nyata terhadap bobot basah tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembentukan daun dan akumulasi bobot basah lebih responsif terhadap kesesuaian antara jenis bahan dan konsentrasi yang diberikan. Dengan demikian, pengaruh kedua faktor pada parameter tersebut harus dibahas berdasarkan kombinasi perlakuan dan hasil uji lanjut, bukan hanya berdasarkan nilai rata-rata pengaruh utama.

Interaksi pada jumlah daun berkaitan dengan peran hormon dalam pembelahan dan diferensiasi sel pada jaringan meristem. Sitokinin berperan dalam merangsang pembelahan sel dan pembentukan tunas, sedangkan auksin berperan dalam pertumbuhan serta diferensiasi jaringan. Keseimbangan antara kedua hormon tersebut menentukan respons pembentukan daun. Pamungkas dan Puspitasari (2019) menyatakan bahwa konsentrasi hormon yang tidak seimbang dapat memengaruhi proses diferensiasi dan pembentukan organ tanaman. Oleh karena itu, suatu konsentrasi yang sesuai pada satu jenis ZPT belum tentu memberikan respons yang sama pada jenis ZPT lainnya.

Perlakuan ekstrak bawang merah, respons jumlah daun dan bobot basah berbeda menurut konsentrasi yang diberikan. Ekstrak bawang merah mengandung senyawa yang berperan sebagai auksin dan giberelin sehingga berpotensi mendukung aktivitas pembelahan, pembesaran, dan pemanjangan sel (Marfirani, Rahayu, & Ratnasari, 2014). Akan tetapi, respons tanaman terhadap hormon tidak bersifat linier. Konsentrasi yang semakin tinggi tidak selalu menghasilkan pertumbuhan

yang semakin besar karena efektivitas ZPT ditentukan oleh kesesuaiannya dengan kebutuhan fisiologis tanaman (Lovinci, Kastono, & Putra, 2014).

Kombinasi air kelapa konsentrasi 20% menunjukkan respons yang baik pada jumlah daun dan bobot basah tanaman. Respons tersebut diduga berkaitan dengan kandungan sitokinin dan auksin di dalam air kelapa. Kristina dan Syahid (2012) melaporkan bahwa air kelapa mengandung kinin, zeatin, dan auksin yang berperan dalam pembelahan serta diferensiasi sel. Pada konsentrasi yang sesuai, senyawa tersebut dapat mendukung pembentukan daun dan pertumbuhan jaringan tanaman.

Jumlah daun yang lebih banyak dapat meningkatkan bidang fotosintesis dan mendukung pembentukan fotosintat. Hasil fotosintesis selanjutnya digunakan untuk membentuk jaringan baru dan meningkatkan akumulasi biomassa. Rugayah et al. (2021) menyatakan bahwa peningkatan jumlah daun dapat mendukung peningkatan kapasitas fotosintesis dan pembentukan biomassa tanaman. Dengan demikian, respons bobot basah pada kombinasi air kelapa konsentrasi 20% diduga berkaitan dengan kesesuaian kandungan hormon pada konsentrasi tersebut dalam mendukung pembentukan daun dan jaringan tanaman.

Perlakuan ekstrak tauge, konsentrasi 20% memberikan respons yang baik terhadap jumlah daun berdasarkan hasil uji lanjut. Respons tersebut diduga berkaitan dengan kandungan sitokinin, giberelin, dan auksin di dalam ekstrak tauge. Sitokinin berperan dalam pembelahan sel dan pembentukan tunas, sedangkan giberelin mendukung pertumbuhan batang dan perkembangan daun (Admaja, Sulistiyowati, & Sarbino, 2015; Walida et al., 2019). Meskipun demikian, respons tersebut tidak diikuti oleh perbedaan nyata pada tinggi tanaman, lebar daun, panjang akar, dan bobot basah. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan jumlah daun tidak selalu diikuti oleh

peningkatan ukuran organ dan biomassa secara langsung.

Perlakuan ekstrak pisang, respons tanaman juga bergantung pada konsentrasi yang diberikan. Ekstrak pisang mengandung senyawa yang berperan sebagai auksin dan giberelin serta unsur kalium yang mendukung aktivitas fisiologis tanaman. Pratomo et al. (2019) menyatakan bahwa auksin dan giberelin dapat mendukung pembesaran dan pemanjangan sel apabila tersedia dalam konsentrasi yang sesuai. Kalium juga berperan dalam pengaturan keseimbangan air, aktivitas enzim, fotosintesis, dan translokasi karbohidrat (Hadrival, Latifa, & Idwan, 2014).

Secara visual, tanaman pada ekstrak pisang konsentrasi 5% tampak lebih rimbun dan memiliki warna daun yang lebih merah. Namun, pengamatan tersebut harus ditafsirkan secara hati-hati karena tingkat kerimbunan dan warna daun tidak diukur secara kuantitatif. Warna merah daun selada berkaitan dengan kandungan antosianin yang dapat dipengaruhi oleh faktor genetik, cahaya, suhu, unsur hara, dan kondisi fisiologis tanaman. Oleh karena itu, hubungan antara pemberian ekstrak pisang dan peningkatan warna merah daun belum dapat dipastikan tanpa pengukuran antosianin atau warna daun secara objektif.

Keseragaman pertumbuhan pada sebagian besar parameter juga dapat dipengaruhi oleh variasi kandungan senyawa aktif dalam bahan alami. Kandungan hormon dan unsur hara pada bawang merah, air kelapa, tauge, dan pisang dapat berbeda menurut varietas, umur bahan, tingkat kematangan, kondisi penyimpanan, dan metode ekstraksi. Akibatnya, konsentrasi larutan yang sama belum tentu memiliki kandungan senyawa aktif yang sama. Variasi tersebut dapat menyebabkan respons antartanaman tidak sepenuhnya seragam dan memperbesar keragaman data di dalam perlakuan.

Kondisi lingkungan selama penelitian turut menentukan respons tanaman terhadap pemberian ZPT alami. Suhu tinggi dapat meningkatkan laju transpirasi dan kehilangan air sehingga memengaruhi tekanan turgor, pembelahan sel, serta pembesaran jaringan. Jamila dan Bukhari (2022) melaporkan bahwa pemberian naungan memengaruhi pertumbuhan selada karena kondisi lingkungan yang lebih teduh dapat mendukung aktivitas auksin dan pembesaran sel. Oleh karena itu, respons tanaman dalam penelitian ini merupakan hasil interaksi antara ketersediaan nutrisi, penambahan ZPT alami, kondisi lingkungan, dan kemampuan fisiologis tanaman.

Secara keseluruhan, seluruh kombinasi jenis dan konsentrasi ZPT alami menghasilkan pertumbuhan selada merah yang relatif seragam dan berada pada kisaran yang baik. Tidak adanya perbedaan nyata pada tinggi tanaman, lebar daun, dan panjang akar menunjukkan bahwa berbagai kombinasi perlakuan memberikan respons yang sebanding, bukan menunjukkan pertumbuhan yang buruk. Sementara itu, interaksi yang nyata pada jumlah daun dan sangat nyata pada bobot basah menunjukkan bahwa parameter tertentu lebih responsif terhadap kesesuaian jenis dan konsentrasi ZPT alami. Kombinasi air kelapa konsentrasi 20% memberikan respons yang baik pada jumlah daun dan bobot basah, tetapi penetapan kombinasi terbaik tetap harus didasarkan pada hasil uji lanjut. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan ZPT alami berpotensi mendukung pertumbuhan selada merah, tetapi efektivitasnya ditentukan oleh jenis bahan, konsentrasi, kondisi nutrisi dasar, dan lingkungan pertumbuhan.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, jenis ZPT alami dan tingkat konsentrasi secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, lebar daun, dan panjang akar selada merah

(*Lactuca sativa* var. *crispa*). Namun, interaksi antara jenis ZPT alami dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada umur 37 HST serta berpengaruh sangat nyata terhadap berat basah tanaman. Dari seluruh kombinasi perlakuan, air kelapa konsentrasi 20% cenderung memberikan hasil terbaik, terutama pada parameter berat basah selada merah.

Air kelapa konsentrasi 20% direkomendasikan sebagai perlakuan utama karena memberikan respons terbaik terhadap bobot basah tanaman serta mudah diperoleh dan relatif murah. Penelitian selanjutnya perlu menguji konsentrasi di sekitar 20% dengan interval yang lebih rapat, misalnya 18%, 20%, 22%, dan 24%, untuk menentukan konsentrasi optimum ZPT alami pada budidaya selada merah hidroponik.

Daftar Pustaka

- Admaja, W., Sulistyowati, H. and Sarbino, S., 2015. Pengaruh Campuran Hormon Organik dan Pupuk Organik Cair terhadap Peningkatan Daya Tumbuh Bibit Stum Mata Tidur Tanaman Karet. *Perkebunan dan Lahan Tropika*, 4(2), pp.18-21. (<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/perkebunan/article/viewFile/9371/9265>)
- Hendrival, H., Latifah, L. and Idawati, I., 2014. Pengaruh Pemupukan Kalium terhadap Perkembangan Populasi Kutu Daun (*Aphis glycines* Matsumura) dan Hasil Kedelai. *Jurnal Floratek*, 9(2), pp.83-92. (<http://e-repository.unsyiah.ac.id/floratek/article/download/2005/1948>)
- Hidayanti, P., 2017. Keragaman Pertumbuhan dan Hasil tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Pada Dataran Tinggi. Skripsi, diterbitkan. Malang: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. (<http://repository.ub.ac.id/6540/1.hasli%20ghatboxThumbnailVersion/Putri%20Hidayanti.pdf>)
- Jamilah, J. and Bukhari, B., 2022. Pengaruh Naungan dan Kandungan Nutrisi Good-Plant terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) secara Hidroponik. *Jurnal Real Riset*, 4(1), pp.67-78. (<https://journal.unigha.ac.id/index.php/JRR/article/download/552/551>)
- Kristina, N.N. and Syahid, S.F., 2012. Pengaruh air kelapa terhadap multiplikasi tunas in vitro, produksi rimpang, dan kandungan xanthorrhizol temulawak di lapangan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 18(3), pp.125-134. (<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jptip/article/download/2152/1881>)
- Leovici, H., Kastono, D. dan Putra, E.T.S., 2014. Pengaruh Macam dan Konsentrasi Bahan Organik Sumber Zat Pengatur Tumbuh Alami terhadap Pertumbuhan Awal Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Vegetalika*, 3(1), pp.22-34. (<https://doi.org/10.22146/veg.4012>)
- Magdalena, H. dan Santoso, H., 2020. Decisions Support System Urban Farming di Lahan Sempit Kota Pangkalpinang dengan Hidroponik Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process. *Fountain of Informatics Journal*, 6(1), pp.1-12. (<http://dx.doi.org/10.21111/fij.v6i1.4662>)
- Manurung, E.F., Idham, I. and Nuraeni, N., 2021. Pengaruh Pemberian Ekstrak Bawang Merah terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.). *AGROTEKBIS: E-Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(5), pp.1204-1210. (<http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/1092/1090>)

- Marfirani, M., Rahayu, Y.S. and Ratnasari, E., 2014. Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi filtrat umbi bawang merah dan Rootone-F terhadap pertumbuhan stek melati 'Rato Ebu'. *Lentera Bio*, 3(1), pp.73-76. (<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/7093>)
- Nawawi, N., Sholihah, S.M. and Banu, L.S., 2021. Penggunaan Pupuk Organik Cair Tauge pada Budidaya Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) Sistem Vertikultur. *Jurnal Ilmiah Respati*, 12(2), pp.188-198.
- Novita, A., Prasetya, W. E., & Barus, W. A. (2022). Root induction of *Phalaenopsis amabilis* with various types and concentration of banana extract by in vitro. *Jurnal Natural*, 22(3), 130-134.
- Pamungkas, S.S.T. and Puspitasari, R., 2019. Pemanfaatan Bawang Merah (*Allium cepa* L.) sebagai Zat Pengatur Tumbuh Alami terhadap Pertumbuhan Bud Chip Tebu pada Berbagai Tingkat Waktu Rendaman. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 14(2). (<https://www.jurnal.unikal.ac.id/index.php/biofarm/article/view/791/614>)
- Pratomo, B., Aji, S. dan Agustina, L.T., 2019. Respon Ekstrak Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) dan Bubur Pisang sebagai ZPT Hayati pada Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Pre Nursery. *Agroprimatech*, 3(1), pp.37-45. (<http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/Agroprimatech/article/view/822/598>)
- Prihatini, R., 2017. Pemanfaatan air kelapa untuk meningkatkan pertumbuhan akar stek tunas aksilar *Andrographis paniculata* Nees. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp.62-68. (<https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/54>)
- Rahman, F., Ode, S. L., Robiatul, A., Gusti, I. R. S., Waode, S. A. H., & Andi, N. (2023). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Kulit Pisang Kepok Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Pulut (*Zea mays ceratina* Kulesh). *Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 30-37.
- Rugayah, R., Suherni, S., Karyanto, A. and Ginting, Y., 2021. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Merah dan Tomat pada Pertumbuhan Seedling Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(1), pp.42-50. (<http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/36766>)
- Susianti, S., 2021. Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada Berbagai Jenis Media Tanam dan Konsentrasi Air Kelapa Fermentasi dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. Skripsi. Universitas Hasanuddin. (<http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/7586>)
- Syfandy, I., 2017. Pengaruh Ekstrak Limbah Bawang Merah (*Allium cepa* L.) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) secara Hidroponik sebagai Penunjang Praktikum Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan. Skripsi. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Tiwery, R.R., 2014. Pengaruh penggunaan air kelapa (*Cocos nucifera*) terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, 1(1), pp.86-94. (<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/biopendix/article/view/924/782>)
- Walida, H., Surahman, E., Harahap, F.S. and Mahardika, W.A., 2019. Respon pemberian larutan MOL rebung bambu terhadap pertumbuhan dan produksi cabai merah (*Capsicum annum* L.) Jenggo F1. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(3), pp.424-429. (<https://talenta.usu.ac.id/jpt/article/download/3189/2401>)

**PENGARUH JARAK TANAM DAN DOSIS PUPUK ANORGANIK
TERHADAP PRODUKSI TERONG UNGU**

***EFFECT OF CROP SPACING AND INORGANIC FERTILIZER DOSAGE ON
PURPLE EGGPLANT PRODUCTION***

Dora Fatma Nurshanti^{*1}, Etha Widya Pramesti Aldha², Yulhasmir³

1,2,3 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Baturaja,
Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan, Indonesia

^{*}Corresponding author, Email: dora161273@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L.) adalah tanaman sayuran tergolong dalam keluarga *Solanaceae*. Pengaturan jarak tanam dan penggunaan pupuk anorganik NPK yang cukup dan berimbang merupakan teknik budidaya yang dapat mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu. Penelitian ini dilaksanakan pada November 2025 - Januari 2026. Bahan yang digunakan: benih terong ungu Varietas Yupita F1, dan pupuk NPK. Menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama 3 taraf jarak tanam: J1 = Jarak tanam 50 x 70 cm, J2 = Jarak tanam 60 x 70 cm dan J3 = Jarak tanam 70 x 70 cm. Faktor kedua 3 dosis pupuk NPK: P1 = 100 kg/ha, P2 = 200 kg/ha, P3 = 300 kg/ha. Peubah yang diamati meliputi waktu keluar bunga, berat basah tajuk, berat kering tajuk, berat buah per tanaman, panjang buah per tanaman, jumlah buah per tanaman. Data dianalisis dengan uji F uji BNT taraf 5%. Jarak tanam 60 cm x 70 cm merupakan perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu. Dosis pupuk NPK 200 kg/ha merupakan dosis terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu.

Kata Kunci: air, hara, kompetisi, sinar matahari, tanaman

ABSTRACT

*The purple eggplant (*Solanum melongena* L.) is a vegetable crop belonging to the *Solanaceae* family. Managing planting spacing and applying adequate, balanced inorganic NPK fertilizer are cultivation techniques that can support plant growth and production. This study was conducted at the Experimental Garden of the Faculty of Agriculture, University of Baturaja, Ogan Komering Ulu Regency, from November 2025 to January 2026. The materials used were 'Yupita F1' variety purple eggplant seeds and NPK fertilizer. A Factorial Randomized Block Design (RBD) with two factors was employed. The first factor consisted of three planting spacing levels: J1 = 50 x 70 cm, J2 = 60 x 70 cm, and J3 = 70 x 70 cm. The second factor consisted of three NPK fertilizer dosages: P1 = 100 kg/ha, P2 = 200 kg/ha, and P3 = 300 kg/ha. Observed variables included time to flowering, shoot fresh weight, shoot dry weight, fruit weight per plant, fruit length per plant, and number of fruits per plant. Data were analyzed using the F-test and the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% level. A planting spacing of 60 x 70 cm was the best treatment for purple eggplant growth and production. An NPK fertilizer dosage of 200 kg/ha was the best dosage for purple eggplant growth and production.*

Keyword: water, nutrients, competition, sunlight, plants

PENDAHULUAN

Tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L.) adalah tanaman tahunan yang tergolong dalam keluarga *Solanaceae*. Sayuran ini sangat terkenal dan banyak disukai oleh banyak orang karena cita rasanya yang lezat, selain itu terong juga kaya akan nutrisi, terutama vitamin A dan fosfor sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai penyumbang terhadap keanekaragaman bahan sayuran bergizi bagi masyarakat (Muldiana & Rosdiana, 2018). Tanaman terong ungu ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, sehingga permintaan pasar terhadap tanaman ini selalu mengalami peningkatan (Hasnidar *et al.*, 2022).

Teknik Budidaya sangat berpengaruh pada budidaya tanaman, salah satunya adalah pengaturan jarak tanam. Jarak tanam adalah pola pengaturan jarak antar tanaman dalam bercocok tanam yang meliputi jarak antar baris dan deret. Jarak tanam akan berpengaruh terhadap produksi tanaman karena berkaitan dengan ketersediaan unsur hara, cahaya matahari serta ruang bagi tanaman (Santosa & Metri, 2024). Jarak tanam berhubungan erat dengan populasi tanaman. Jika jarak tanam antar barisan tetap dan jarak tanam dalam barisan sempit, jumlah populasi tanaman akan tinggi. Sebaliknya, populasi tanaman akan rendah jika jarak tanam yang digunakan dalam barisan yang terlalu lebar (Wachid & Lesmana, 2020).

Pengaturan jarak tanam dilakukan untuk mengurangi kompetisi antar tanaman, salah satunya dalam

mendapatkan unsur hara. Selain itu, jarak tanam yang terlalu rapat dapat mengakibatkan persaingan baik cahaya matahari, penyerapan air dan unsur hara yang dapat berdampak pada produksi tanaman terong (Sahputra *et al.*, 2019). Selain itu, penentuan jarak tanam juga diperlukan agar pertumbuhan tanaman lebih seragam, distribusi nutrisi dapat merata. Penggunaan lahan lebih efektif, memudahkan dalam melakukan perawatan, mengurangi resiko terkena hama dan penyakit, serta mengetahui kebutuhan jumlah benih pada saat proses penanaman (Bolly, 2020). Jarak tanam yang tidak tepat dapat mengakibatkan turunnya hasil produksi suatu tanaman. Hal ini terjadi karena tanaman saling berkompetisi untuk mendapatkan unsur hara, cahaya, air dan mineral, serta berkompetisi dalam pertumbuhan dan masih banyak lagi kerugian bagi petani jika menggunakan jarak tanam yang kurang tepat dan tidak benar (Piliang & Rahmadiana, 2023).

Selain jarak tanam, media tanam yang baik juga berperan penting dalam mengoptimalkan hasil tanaman karena mampu menyediakan nutrisi yang cukup sehingga mendukung pertumbuhan, perkembangan, dan produksi secara maksimal. Peningkatan produksi terong dapat dicapai melalui pemilihan media tanam yang kaya akan bahan organik yang dipadukan dengan pemupukan sesuai dosis yang tepat (Febriani *et al.*, 2021). Hasil optimal akan tercapai apabila penggunaan pupuk anorganik yang cukup dan berimbang.

Pupuk NPK adalah salah satu jenis pupuk tanaman yang banyak digunakan oleh petani. Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang memiliki 3 unsur hara makro, yaitu Nitrogen (N) 16%, Fosfor (P) 16% dan Kalium (K) 16% dengan unsur hara mikro yaitu Magnesium (Mg) 0,5% dan Kalsium (Ca) 6%. Nitrogen (N) juga berperan penting membentuk zat hijau daun sehingga warnanya menjadi semakin hijau serta sangat berguna dalam proses fotosintesis. Fosfor (P) berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah. Sementara unsur kalium (K) berperan dalam pembelahan sel, proses asimilasi, serta mempercepat pembungaan dan pemasakan biji dan buah (Hardiyanti *et al.*, 2022).

Menurut Darsiah *et al.*, (2018), penambahan pupuk NPK pada budidaya jagung dapat meningkatkan produksi pada dosis yang optimal. NPK mutiara (16:16:16) adalah pupuk dengan komposisi unsur hara yang seimbang dan dapat larut secara perlahan-lahan sampai akhir pertumbuhan. Keuntungan lain dari pupuk majemuk adalah bahwa unsur hara yang dikandung telah lengkap sehingga tidak perlu menyediakan atau mencampurkan berbagai pupuk tunggal. Dengan demikian, penggunaan pupuk NPK akan menghemat biaya pengangkutan dan tenaga kerja dalam penggunaannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak tanam dan pemberian dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu Provinsi Sumatera Selatan. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada November 2025 - Januari 2026.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih terong ungu Varietas Yupita F1, pupuk kotoran ayam, pupuk NPK Mutiara 16:16:16, *Curacron*, *Regent*, *Trichoderma* sp, *Antracol*. Alat yang digunakan meliputi timbangan digital *Acas SF-200C*, polibag semai ukuran 10 x 15, oven *Memmert*, waring dan kamera HP sebagai alat dokumentasi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama perbedaan jarak tanam dengan 3 taraf (J): J1 = Jarak tanam 50 x 70 cm, J2 = Jarak tanam 60 x 70 cm dan J3 = Jarak tanam 70 x 70 cm. Faktor kedua menggunakan pupuk NPK terdiri dari 3 ulangan (P): P1 = 100 kg/ha (21 g/perpetak), P2 = 200 kg/ha (42 g/perpetak), P3 = 300 kg/ha (63 g/perpetak). Terdapat 9 kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 unit perlakuan.

Peubah yang diamati meliputi waktu keluar bunga (hst), berat basah tajuk (g), berat kering tajuk (g), berat buah per tanaman (g), panjang buah per tanaman (cm), jumlah buah per tanaman (buah). Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (uji F), apabila hasil sidik ragam berpengaruh nyata maka pengujian dengan analisis

nilai tengah perlakuan dengan uji BNT 5% (Hanafiah, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha merupakan perlakuan terbaik karena menghasilkan nilai rerata berat basah tajuk tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya yaitu 337,64 g.

Berdasarkan nilai hasil rerata, kombinasi perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha memberikan hasil terbaik pada pertumbuhan. Sedangkan kombinasi perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 200 kg/ha memberikan hasil terbaik pada produksi tanaman terong ungu (Tabel 1).

Tabel 1. Kombinasi Pemberian Jarak Tanam dan Dosis Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Terong Ungu (*Solanum melongena* L).

Peubah						
Perlakuan	Berat basah tajuk (g)	Berat kering tajuk (g)	Waktu keluar bunga (hst)	Berat buah per tanaman (g)	Panjang buah per tanaman (cm)	Jumlah buah per tanaman (buah)
J1P1	197,94 a	56,16	38,80	871,46	16,73	9,27
J3P1	218,35 ab	67,57	33,00	1206,62	17,54	12,11
J1P2	232,39 abc	65,25	38,80	984,22	17,40	9,60
J2P1	239,90 bc	64,86	35,17	1141,84	17,09	10,83
J1P3	264,91 cd	71,71	38,73	653,43	17,21	9,13
J2P2	302,79 de	72,38	35,42	1559,68	18,54	13,25
J3P2	319,01 e	77,78	32,78	1486,481	18,01	13,33
J2P3	337,64 e	75,14	35,25	1290,29	17,66	9,50
J3P3	277,88 d	83,10	32,67	1423,71	18,27	12,89
BNT 5%	40,75					

Keterangan : J1 : Jarak tanam 50 x 70 cm, J2 : Jarak tanam 60 x 70 cm, J3 : Jarak tanam 70 x 70 cm. P1 : NPK 100 kg/ha (21 g/petakan), P2 : NPK 200 kg/ha (42g/petakan), P3: NPK 300 kg/ha (63 g/petakan).

Pemberian jarak tanam yang optimal dan disertai pemberian unsur hara yang cukup mampu meningkatkan produksi tanaman terong ungu. Menurut Hardiyanti *et al.* (2022) pengaturan jarak tanam yang tepat dapat memperkecil persaingan tanaman dalam hal pengambilan unsur hara, air, cahaya matahari dan ruang tumbuh tanaman.

Waktu keluar bunga perlakuan jarak tanam 70 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha menghasilkan

waktu berbunga tercepat yaitu 32,67 HST sedangkan, perlakuan jarak tanam 50 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 100 kg/ha dan jarak tanam 50 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 200 kg/ha menunjukkan waktu berbunga paling lambat yaitu 38,80 HST. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh pengaruh ketersediaan ruang tumbuh dan unsur hara yang lebih lebar menyebabkan persaingan antar tanaman terhadap cahaya, air, dan unsur hara menjadi lebih

rendah sehingga proses pembentukan bunga berlangsung lebih cepat. Selain itu, unsur fosfor dan kalium dalam pupuk NPK berperan penting dalam pembentukan bunga dan mempercepat fase generatif tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Qibtiyah *et al.*, (2025), bahwa pengaturan jarak tanam dan dosis pupuk NPK yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman terong ungu.

Berat basah tajuk perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha menghasilkan nilai tertinggi yaitu 337,64 g sedangkan pada berat kering tajuk perlakuan jarak tanam 70 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha menghasilkan nilai tertinggi yaitu 83,10 g. Tingginya berat tajuk menunjukkan bahwa kombinasi jarak tanam dan pupuk NPK mampu meningkatkan aktivitas fotosintesis sehingga akumulasi biomassa tanaman meningkat. Menurut Oktaviani *et al.* (2017), unsur hara N sangat penting pada masa pembentukan daun seperti pembentukan sel-sel baru dan pemanjangan sel yang diperlukan oleh tanaman untuk pembentukan klorofil dan merangsang pertumbuhan vegetatif seperti batang, cabang dan daun. Hal ini sejalan dengan penelitian Murjiono *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa tingginya berat kering dan berat basah tajuk disebabkan oleh pemberian perlakuan yang juga tinggi sehingga dapat mencukupi kebutuhan hara yang dibutuhkan tanaman membuat pertumbuhan tajuk tanaman, batang, cabang, dan daun tumbuh dengan baik.

Berat buah per tanaman perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 200 kg/ha menghasilkan nilai tertinggi yaitu 1559,68 g sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan jarak tanam 50 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha yaitu 653,43 g. Tingginya hasil pada perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 200 kg/ha menunjukkan bahwa jarak tanam 60 x 70 cm mampu memberikan ruang tumbuh yang optimal tanpa menyebabkan persaingan berlebihan antar tanaman. Selain itu, dosis pupuk NPK 200 kg/ha sudah dapat memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman. Jika jarak tanam terlalu rapat maka persaingan cahaya dan unsur hara meningkat sehingga pembentukan buah menjadi kurang optimal. Sebaliknya, jarak tanam terlalu lebar dapat menyebabkan pemanfaatan lahan menjadi kurang efisien.

Panjang buah dan jumlah buah per tanaman, perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 200 kg/ha memberikan hasil tertinggi yaitu 18,54 cm pada panjang buah per tanaman dan jumlah buah per tanaman yaitu 13,25 buah. Pemberian pupuk NPK dalam jumlah optimal mampu meningkatkan pembentukan dan perkembangan buah. Selain itu pengaturan jarak tanam yang sesuai memungkinkan distribusi cahaya matahari lebih merata sehingga proses fotosintesis berlangsung secara optimal. Menurut Farida & Puryani (2021), jarak tanam yang sesuai dapat meningkatkan jumlah buah dan berat buah karena tanaman memperoleh ruang tumbuh yang

lebih baik dan kompetisi antar tanaman lebih rendah.

Pemberian jarak tanam memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh peubah yang diamati, baik pada pertumbuhan vegetatif (berat basah tajuk

(g) dan berat kering tajuk (g) maupun produksi (waktu keluar bunga (hst), berat buah per tanaman (g), panjang buah per tanaman (cm), dan jumlah buah per tanaman (buah) tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L) (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L) pada semua peubah yang diamati.

Peubah	Perlakuan			BNT 5%
	J1	J2	J3	
A. Pertumbuhan				
Berat basah tajuk (g)	231,75 a	293,24 b	308,66 b	23,25
Berat kering tajuk (g)	64,38 a	70,79 b	76,15 c	5,00
B. Produksi				
Waktu keluar bunga (hst)	38,78 b	35,28 b	32,81 a	0,28
Berat buah per tanaman (g)	836,37 a	1330,60 b	1372,27 b	172,13
Panjang buah per tanaman (cm)	17,11 a	17,76 b	17,94 b	0,49
Jumlah buah per tanaman (buah)	9,33 a	11,19 b	12,78 b	1,44

Keterangan : J1 = 50 cm x 70 cm, J2 = 60 cm x 70cm, J3 = 70 cm x 70cm.

Perlakuan jarak tanam memberikan pengaruh nyata terhadap peubah pertumbuhan tanaman yang meliputi berat basah tajuk dan berat kering tajuk. Secara umum, perlakuan 70 cm x 70 cm menghasilkan nilai pertumbuhan tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Meskipun pada beberapa peubah tidak berbeda nyata dengan perlakuan 60 cm x 70 cm. Peningkatan pertumbuhan pada jarak tanam yang lebih lebar diduga terjadi karena berkurangnya kompetisi antar tanaman dalam memperoleh cahaya matahari, air, unsur hara, dan ruang perakaran. Kondisi ini memungkinkan tanaman melakukan proses fotosintesis secara lebih optimal sehingga menghasilkan akumulasi fotosintat yang lebih besar. Fotosintat yang dihasilkan kemudian digunakan untuk pembentukan dan perkembangan organ vegetatif seperti batang, daun, dan

cabang yang ditunjukkan melalui peningkatan berat basah maupun berat kering tajuk. Selain itu, pada jarak tanam 70 cm x 70 cm rendahnya populasi per satuan luas mampu meminimalisir terjadinya pembayangan silang (*mutual shading*), sehingga setiap helai daun dapat menerima intensitas cahaya matahari secara optimal. Menurut Purba *et al.* (2024) pengaturan jarak tanam yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman terong ungu melalui peningkatan luas daun dan efisiensi penangkapan cahaya matahari. Hasil penelitian Iwuagwu *et al.* (2021) menunjukkan bahwa tanaman terong yang ditanam pada jarak lebih lebar cenderung menghasilkan diameter batang lebih besar karena kompetisi cahaya dan unsur hara lebih rendah. Hal ini sejalan dengan Al Hadi, (2018) yang menyatakan bahwa penanaman dengan

jarak tanam yang lebih lebar maka pertumbuhannya akan baik karena kebutuhan tanaman tercukupi, namun demikian apabila jarak tanam yang terlalu lebar maka tidak efisien dalam memanfaatkan ruang tumbuh/lahan.

Sementara pada hasil produksi perlakuan jarak tanam 70 cm x 70 cm (32,81 hst) menghasilkan waktu keluar bunga paling cepat yang berbeda nyata dengan jarak tanam 60 cm x 70 cm (35,28 hst) dan 50 cm x 70 cm (38,78 hst). Ketersediaan ruang tumbuh yang memadai tidak hanya mendukung pertumbuhan vegetatif, tetapi juga meningkatkan keberhasilan tanaman dalam memasuki fase generatif dan menghasilkan buah. Percepatan pembungaan yang terjadi pada jarak tanam yang lebih lebar menunjukkan bahwa tanaman mampu mencapai fase fisiologis generatif lebih cepat. Kondisi ini diduga berkaitandengan meningkatnya efisiensi fotosintesis akibat rendahnya persaingan cahaya antar tanaman. Semakin cepat tanaman memasuki fase generatif, semakin besar peluang tanaman untuk menghasilkan buah dalam jumlah dan ukuran yang lebih baik. Menurut Halimatussakdiah *et al.* (2025), pengaturan jarak tanam yang tepat mampu menciptakan kondisi iklimat yang lebih baik sehingga mendukung proses pembungaan dan pembentukan buah pada tanaman terong.

Sedangkan tingginya hasil produksi pada peubah berat buah, panjang buah, dan jumlah buah per tanaman pada perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan jarak tanam 70 cm x 70 cm menunjukkan bahwa kebutuhan

ruang tumbuh tanaman telah terpenuhi dengan baik. Rendahnya kompetisi antar tanaman menyebabkan hasil fotosintesis dapat dialokasikan secara maksimal untuk pembentukan dan pengisian buah. Selain itu, penyerapan air dan unsur hara yang lebih optimal mendukung proses pembelahan dan pembesaran sel sehingga ukuran serta bobot buah meningkat. Namun demikian, meskipun jarak tanam 70 cm x 70 cm menghasilkan nilai tertinggi pada sebagian besar peubah produksi, hasil uji statistik menunjukkan bahwa beberapa peubah tidak berbeda nyata dengan jarak tanam 60 cm x 70 cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa telah mampu menyediakan ruang tumbuh yang cukup bagi tanaman untuk mencapai produksi optimum, dari sudut pandang agronomis, penggunaan jarak tanam ini dinilai lebih efisien dibandingkan 70 cm x 70 cm karena produksi yang dihasilkan relatif sama, tetapi populasi tanaman per satuan luas lahan lebih tinggi. Hasil penelitian Nadhiroh *et al.* (2026) menjelaskan bahwa pengaturan plant spacing mempengaruhi leaf area index dan intersepsi cahaya pada tanaman terong sehingga perkembangan luas daun menjadi lebih pada jarak tanam tertentu.

Pemberian dosis pupuk NPK memberikan pengaruh nyata terhadap berat basah tajuk (g), berat kering tajuk (g), berat buah per tanaman (buah), dan panjang buah per tanaman (buah), dan berpengaruh tidak nyata pada waktu keluar bunga (hst) dan jumlah buah per tanaman (buah). Peningkatan dosis pupuk NPK dari 100 kg/ha menjadi 300 kg/ha menyebabkan peningkatan berat

basah dan berat kering tajuk. Berat basah tajuk pada dosis NPK 300 kg/ha (330,39 g) menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan dengan dosis NPK 200 kg/ha (284,73 g) dan 100 kg/ha (218,53 g). Sedangkan, pada berat kering tajuk

dosis NPK 300 kg/ha (76,75 g) menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan dosis NPK 200 kg/ha (71,81 g) dan 100 kg/ha (62,68 g) (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh pemberian dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L.) pada semua peubah yang diamati.

Peubah	Perlakuan			BNT 5%
	P1	P2	P3	
A. Pertumbuhan				
Berat basah tajuk (g)	218,53a	284,73 b	330,39 c	23,25
Berat kering tajuk (g)	62,68 a	71,81 b	76,75 b	5,00
B. Produksi				
Waktu keluar bunga (hst)	35,66	35,66	35,55	
Berat buah per tanaman (g)	1073,70 a	1343,46 b	1122,48 a	172,13
Panjang buah per tanaman (cm)	17,12 a	17,98 b	17,71 b	0,49
Jumlah buah per tanaman (buah)	10,74	12,06	10,51	

Keterangan : P1 = 100 kg/ha (21 g/petakan). P2 = 200g kg/ha (42 g/petakan). P3 = 300g kg/ha (63 g/petakan).

Semakin tinggi ketersediaan unsur hara makro, semakin tinggi besar pula kemampuan tanaman membentuk jaringan vegetatif. Unsur N berperan sebagai penyusun utama klorofil, asam amino, dan protein yang mendukung pembentukan daun serta batang, P berfungsi dalam proses transfer energi dan perkembangan akar, sedangkan K berperan dalam aktivitas enzim serta pengaturan translokasi hasil fotosintesis. Kombinasi ketiga unsur tersebut meningkatkan aktivitas fotosintat yang digunakan untuk pembentukan biomassa tanaman menjadi lebih tinggi. Menurut Kadafi *et al.* (2022) peningkatan dosis pupuk NPK mampu meningkatkan berat basah dan berat kering tajuk tanaman terong ungu melalui peningkatan aktivitas fisiologis tanaman.

Sementara pada peubah produksi waktu keluar bunga menghasilkan nilai rata-rata berikisar (35,55 – 35,66 hst) hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata. Sedangkan pada berat buah per tanaman, dosis pupuk NPK 200 kg/ha (1343,46 g) menghasilkan berat buah tertinggi dibandingkan 100 kg/ha (1073,70 g) dan 300 kg/ha (1122,48 g). Penurunan hasil pada dosisi pupuk NPK 300 kg/ha menandakan terjadinya kondisi *luxury consumption* (konsumsi unsur hara yang berlebihan) oleh tanaman. Sehingga, tanaman cenderung mengutamakan pertumbuhan vegetatif yang berakibat pada terbatasnya distribusi hasil fotosintesis ke bagian buah. Menurut Hidayat *et al.*, (2023). Pemupukan yang berlebihan memicu gangguan pada rasio C/N (karbon terhadap nitrogen)

sehingga, metabolisme tanaman lebih difokuskan pada pemeliharaan fase vegetatif dibandingkan pengisian buah. Oleh sebab itu, perlakuan P2 merupakan dosis yang optimum dan paling efisien dalam menjaga keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan produksi.

Sementara itu, pada peubah panjang buah per tanaman pupuk NPK memberikan hasil yang berpengaruh nyata terhadap perlakuan, namun memberikan hasil tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah buah per tanaman. Dosis pupuk NPK 200 kg/ha menghasilkan panjang buah tertinggi (17,98 cm) dan jumlah buah tertinggi yaitu (12,06 buah). Tingginya panjang buah per tanaman pada perlakuan P2 menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara N, P dan K pada dosis pupuk tersebut telah mampu mendukung proses pembesaran dan perkembangan buah secara optimal.

Sedangkan tidak berpengaruh nyata nya perlakuan pupuk NPK terhadap jumlah buah per tanaman diduga karena proses pembungaan dan pembentukan buah lebih dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman, keberhasilan penyerbukan dan kondisi lingkungan selama fase generatif dibandingkan oleh peningkatan dosis pupuk (Warsito, 2023). Selain itu, tambahan unsur hara yang tersedia cenderung dimanfaatkan untuk meningkatkan ukuran dan berat buah dari pada menambah jumlah buah yang terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk NPK lebih berperan dalam meningkatkan kualitas hasil melalui perbaikan ukuran buah dibandingkan

meningkatkan jumlah buah per tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Kadafi *et al.* (2023) bahwa pemberian pupuk NPK pada tanaman terong memberikan respon yang lebih nyata terhadap ukuran dan bobot buah dibandingkan jumlah buah yang dihasilkan, karena hasil fotosintesis yang meningkat lebih banyak dialokasikan untuk perkembangan buah yang terbentuk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: Kombinasi perlakuan jarak tanam 60 cm x 70 cm dan dosis pupuk NPK 300 kg/ha (63 g/petak) merupakan perlakuan terbaik pada pertumbuhan tanaman terong ungu. Jarak tanam 60 cm x 70 cm merupakan perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu. Dosis pupuk NPK 200 kg/ha merupakan dosis terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman terong ungu.

Saran

Pelaksanaan penelitian berikutnya dapat mengkombinasikan pupuk NPK dengan pupuk organik lainnya seperti pupuk kompos, pupuk kandang atau biofertilizer (mikroorganisme pelarut hara) agar dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah serta memperbaiki struktur tanah dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Alhadi, B. (2018). Pengaruh jarak tanam dan mulsa organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong (*Solanum melongena* L.).

- Jurnal Warta Dharmawangsa*, (56). 1-6.
- Bolly, Y. Y. (2020). Pengaruh Jarak Tanam dan Jumlah Benih Perlubang Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saacaratha* L.) Bonanza fl Di Desa Wairkoja, Kecamatan Kawepante, Kabupaten Sikka. *Agrica*, 11(2), 164-178.
- Darsiah, Y., Lestari, M. W., & Murwani, I. (2018). Aplikasi Induksi Listrik dan Dosis Pupuk Majemuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Folium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1).
- Febriani, L., Gunawan, G., & Gafur, A. (2021). Review: Pengaruh Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman. Bioeksperimen. *Jurnal Penelitian Biologi*, 7(2), 93–104.
- Halimatussakdiah, Baidhawi, Munauwar, M. M., Hendrival., & Latifah. (2025). Efektivitas Waktu Penyiangan dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Gulma dan Produksi Tanaman Terung Ungu Varietas Antaboga (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 10(2), 45–56.
- Hanafiah, K. A. (2020). Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Edisi ke-3. Raja Gravindo Persada. Jakarta.
- Hardiyanti, R. A., Hamzah, H., & Andriani, A. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Terhadap Pertambahan Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanicia*) Di Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 6 (1); 15-22
- Hasnidar, H., Nurdin, M. Y., Khaidir, K., & Nazaruddin, M. (2022). Studi Hasil dan Kualitas Tiga Varietas Terung (*Solanum melongena* L.) Pada Beberapa Jenis Media Tanam. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(1), 6-9.
- Iwuagwu, Okeke, Onejeme, Iheaturu, Nwogbaga, & Salaudeen. (2021). Effect of Plant Spacing on Yield and Disease Assessment on Two Varieties of Eggplant (*Solanum melongena* L.) in Awka. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2(5), 281–288.
- Kadafi, M., Parwati, W. D. U., & Hartati, R. M. (2022). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Dosis Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terong Ungu. *Agroista. Jurnal Agroteknologi*, 6 (2), 120-125.
- Muldiana, S., dan Rosdiana. (2018). Respon Tanaman Terong (*Solanum Malongena* L.) Terhadap Interval Pemberian Pupuk Organik Cair Dengan Interval Waktu Yang Berbeda. Prosiding Seminar Nasional 2018 Fakultas Pertanian UMJ “Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan di Indonesia”. 155-161. Jakarta: Fakultas Pertanian UMJ.
- Murjiono, M. A., Supriyo, H., & Ariyanto, S. E. (2023). Respon Pertumbuhan Tanaman Terong Ungu (*Solanum melongena* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Dosis Pupuk NPK. *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*, 2(2), 40-47.
- Nadhiroh, L. A., Nomura, K., Udo, R., Saito, M., Tada, I., Handayani, V.

- D. S., & Kitano, M. (2026). Effects of Plant Spacing on Canopy Light Interception, Photosynthetic Parameters, and Yield in Eggplant (*Solanum melongena* L.).
- Oktavianti, A. M. Izzati., & S. Parman. (2017). Pengaruh pupuk kandang dan NPK mutiara terhadap pertumbuhan dan produksi kacang panjang (*Vigna sinensis* L.) pada Tanah Berpasir. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2 (2) : 236-241.
- Piliang, L., & Rahmadina. (2023). Pengaruh Pertumbuhan Terung Ungu (*Solanum melongena* L.) Terhadap Media dan Jarak Tanam Yang Berbeda. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6 (1): 99-109.
- Purba, D. W., Batubara, L. R., Ramadhan, S. P., & Eryanto, O. (2024). Pengaruh Jarak Tanam dan Pemangkasan Daun Terhadap Produktivitas Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Agroplasma*, 11(1), 18–28.
- Sahputra N., E. A. Yulia., & F. Silvina. (2019). Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Jarak Tanam Pada Kedelai Edamame (*Glycine max* (L) Merril). *Jurnal Faperta*, 3 (1).
- Santosa, B., & Metri, Y. (2024). Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agriculture*, 19(1), 1-5.
- Wachid, A., & Lesmana, E. K. A. (2020). Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Ketan (*Zea mays ceratina* L.). *Nabatia*, 8 (2), 37-43.
- Warsito, K. (2023). Pengaruh faktor biotik dan abiotik terhadap pertumbuhan terong bulat (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Agroplasma*, 10 (1), 351-357

PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.) DALAM KULTUR HARA PADA BERBAGAI KONSENTRASI LARUTAN AB MIX DAN KALIUM

Fifi Mutia¹, Ruli Joko Purwanto*², Karlin Agustina³
Fakultas Pertanian, Universitas IBA, Palembang
Email: rulijp5664@gmail.com

ABSTRAK

Kinerja budidaya selada hidroponik secara signifikan bergantung pada presisi formulasi larutan nutrisi, sehingga diperlukan ketersediaan unsur hara dalam komposisi optimal dengan bioavailabilitas tinggi. Dalam sistem hidroponik, nutrisi AB Mix yang terdiri dari dua komponen larutan (A dan B) telah menjadi standar aplikasi. Kalium sebagai makronutrien esensial memainkan peran krusial dalam pertumbuhan tanaman, khususnya melalui mekanisme aktivasi enzimatik yang mendukung proses metabolisme dan biosintesis seluler. Salah satu kesulitan dalam budidaya hidroponik selada adalah belum diketahuinya dosis nutrisi yang optimal, dan harga nutrisi relatif tinggi. Besar kecilnya dampak aplikasi pupuk K terhadap proses pertumbuhan dan produksi tanaman selada sangat dipengaruhi oleh banyak sedikitnya unsur hara yang tersedia, yang diberikan melalui pemupukan AB mix, serta berbagai konsentrasi yang diberikan tersebut. Optimasi dosis nutrisi terus dikaji untuk menentukan formulasi yang paling efektif dan efisien dalam aplikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi nutrisi AB mix dan penambahan pupuk K terhadap pertumbuhan dan hasil selada (*Lactuca sativa* L.) dalam larutan kultur hara. Penelitian ini telah dilaksanakan di di The Zafarm. Rancangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor Tunggal terdiri atas 9 taraf perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 4 tanaman, sehingga diperoleh 108 tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa, pemberian pupuk AB mix general sayur 1200 ppm + Kalium 250 ppm memberikan hasil tanaman selada terbaik yang dapat dilihat dari tinggi tanaman, luas daun, berat basah, berat kering, panjang akar, volume akar, serta warna hijau tua, rasa manis, dan tekstur renyah, Pemberian pupuk AB mix formulasi buatan belum menunjukkan pertumbuhan terbaik pada semua peubah dibandingkan dengan perlakuan pupuk AB mix general sayur.

Kata Kunci: AB mix, Selada (*Lactuca sativa* L.), Kalium

PENDAHULUAN

Budidaya sayuran merupakan aspek penting dalam hortikultura. Diantara berbagai jenis sayuran, selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan salah satu sayuran bernilai ekonomi tinggi dan digemari semua golongan masyarakat (Zahririma *et al.*, 2019).

Menurut Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura (2019) pada tahun 2018 luas panen sayuran sebesar 1 185 256 ha dengan total produksi sebesar 13 069 351 ton, sedangkan pada tahun 2019 luas panen sayuran sebesar 1 187 138 ha dengan total produksi sebesar 13 418 424 ton. Produksi tanaman sayuran pada tahun

2019 mengalami peningkatan sebesar 2.67% jika dibandingkan dengan tahun 2018, sedangkan luas panen pada tahun 2019 juga mengalami peningkatan sebesar 0.16% jika dibandingkan dengan tahun 2018. Berdasarkan hal tersebut maka, produktivitas tanaman sayuran pada tahun 2018 sebesar 11.02 ton/ha sedangkan pada tahun 2019 sebesar 11.30 ton/ha.

Data Badan Pusat Statistik (2019) mengungkapkan bahwa produksi selada nasional sebesar 101.129 ton masih belum mampu memenuhi kebutuhan pasar yang mencapai 300.204 ton. Menurut Nisa *et al.* (2023), fenomena kesenjangan produksi ini disebabkan oleh beberapa faktor kunci, meliputi: 1) belum optimalnya perluasan areal budidaya, dan 2) alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman dan industri. Sebagai solusi inovatif, implementasi sistem pertanian perkotaan (urban farming) melalui teknik hidroponik menawarkan terobosan strategis dalam mengoptimalkan produksi sayuran di lahan terbatas. Kesuksesan budidaya selada secara hidroponik sangat bergantung pada presisi pemberian larutan nutrisi. Oleh karena itu, ketersediaan unsur hara harus memenuhi kriteria kecukupan jumlah dan kemudahan serapan tanaman. Dalam sistem hidroponik, nutrisi AB Mix yang terdiri dari dua komponen larutan (A dan B) telah menjadi standar aplikasi. Berdasarkan Fitriansah (2019), larutan A mengandung senyawa anorganik seperti KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3 , dan Fe-EDTA, sedangkan larutan B mengandung berbagai mineral esensial termasuk KNO_3 , K_2SO_4 , KH_2SO_4 , MgSO_4 , serta mikronutrien seperti CuSO_4 , ZnEDTA, dan NH_4Mo . Sebagaimana dikemukakan Tiljui et al. (2023), formulasi AB Mix ini secara komprehensif mencakup baik makronutrien (N, P, K, Mg) maupun mikronutrien (Fe, Cu, Cl) yang vital bagi pertumbuhan tanaman.

Larutan AB mix dapat diperoleh dalam bentuk produk komersial siap pakai (general sayur) maupun diracik secara manual melalui formulasi buatan dari

pupuk-pupuk tunggal seperti kalsium nitrat, kalium nitrat, magnesium sulfat, mono kalium fosfat, dan mikro nutrien kelat. Penggunaan AB mix general sayur memiliki kelebihan dari segi kepraktisan dan kemudahan aplikasi, sedangkan formulasi buatan memberikan kebebasan bagi petani untuk menyesuaikan komposisi larutan hara secara spesifik sesuai jenis tanaman dan fase pertumbuhannya.

Sebagai unsur makro esensial, kalium memegang peranan krusial dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur K berfungsi vital dalam mengaktifasi enzim-enzim yang berperan dalam metabolisme dan biosintesis. K memiliki fungsi fisiologis seperti pengaturan tekanan osmosis, penutupan stomata, aktivasi enzim-enzim, serta transportasi hasil fotosintesis. Menurut Wijaya (2020) unsur K sangat berperan dalam menjaga tekanan osmosis dan turgor sel. Apabila kandungan K di dalam tanaman turun, tekanan turgor sel -sel termasuk sel penutup stomata berkurang sebagai akibatnya stomata akan menutup. Tertutupnya stomata menyebabkan penyerapan air melalui mekanisme tarikan transpirasi akan berkurang. Dengan demikian, K dikatakan berperan dalam mengontrol pertumbuhan sel tanaman.

Peningkatan konsentrasi kalium berpengaruh terhadap peningkatan laju fotosintesis serta optimalisasi fungsi absorpsi akar terhadap air dan unsur hara pada media budidaya selada. (Xu *et al.*, 2020). Menurut Sousa *et al.*, (2023) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa AB mix 900 ppm + kalium 250 ppm dapat meningkatkan kandungan klorofil tanaman. Sedangkan menurut Meriaty *et al.*, (2021) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa konsentrasi optimal nutrisi AB Mix tercapai pada 1200 ppm, menunjukkan pengaruh signifikan terhadap parameter pertumbuhan meliputi tinggi tanaman, luas daun, serta bobot akar dan tajuk. Temuan ini berbeda dengan hasil penelitian Suwardi et al. (2022) yang menetapkan konsentrasi 1300 ppm sebagai dosis optimum berdasarkan evaluasi volume akar, biomassa segar dan kering, serta rasio tajuk-akar. Salah satu

kesulitan dalam budidaya hidroponik selada adalah belum diketahuinya dosis nutrisi yang optimal, dan harga nutrisi relatif tinggi. Intensitas pengaruh aplikasi pupuk K terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman selada bergantung pada ketersediaan unsur hara dalam media tanam yang diberikan melalui pemupukan AB mix, serta berbagai konsentrasi yang diberikan tersebut. Pencarian efisiensi masih terus dilakukan untuk menentukan dosis paling efektif dan optimal yang dapat diaplikasikan pada tanaman daun seperti selada kalium sangat berperan dalam mendukung pembentukan daun yang sehat, hijau, dan lebar. Walaupun unsur kalium telah terkandung dalam larutan AB mix sering kali jumlahnya belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tanaman khususnya dalam kondisi pertumbuhan intensif pada sistem hidroponik. Oleh karena itu, penambahan pupuk kalium secara terpisah ke dalam larutan hara dapat menjadi strategi untuk meningkatkan efisiensi nutrisi dan hasil tanaman.

Berdasarkan permasalahan diatas, perlu dilakukan penelitian **"Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Latua sativa* L.) dalam Kultur Hara pada Berbagai Konsentrasi Larutan AB Mix dan Kalium"** secara hidroponik dalam rangka meningkatkan produksi, dan efisiensi dalam penggunaan nutrisi untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor Tunggal terdiri atas 9 taraf perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 4 tanaman, sehingga diperoleh 108 tanaman. Berikut perlakuan yang dilakukan sebagai berikut:

F₀: Air baku (Kontrol)

F₁: 900 ppm AB mix formulasi buatan

F₂: 900 ppm AB mix general sayur

F₃: 900 ppm AB mix formulasi buatan + 250 ppm K

F₄: 900 ppm AB mix general sayur + 250 ppm K

F₅: 1200 ppm AB mix formulasi buatan

F₆: 1200 ppm AB mix general sayur

F₇: 1200 ppm AB mix formulasi buatan + 250 ppm K

F₈: 1200 ppm AB mix general sayur + 250 ppm K

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pertumbuhan dan Hasil Selada dalam Kultur Hara pada Berbagai Konsentrasi Larutan AB Mix dan Kalium telah dilaksanakan di The Zafarm.

Tabel 1. Hasil analisis keragaman terhadap semua peubah yang diamati

Peubah yang diamati	F-hitung	KK (%)
Tinggi tanaman hari ke 7 HST	1.49 ^{tn}	11.80
Tinggi tanaman hari ke 14 HST	9.81 ⁿ	9.22
Tinggi tanaman hari ke 21 HST	9.06 ⁿ	10.36
Tinggi tanaman hari ke 28 HST	4.37 ⁿ	16.22
Jumlah daun hari ke 7 HST	2.57 ^{tn}	5.90
Jumlah daun hari ke 14 HST	2.86 ⁿ	4.65
Jumlah daun hari ke 21 HST	3.48 ⁿ	7.55
Jumlah daun hari ke 28 HST	4.83 ⁿ	9.96
Luas daun	97.40 ⁿ	6.54
Berat Basah	3511.01 ⁿ	1.15
Berat Kering	3603.98 ⁿ	1.19
Panjang akar hari ke 7 HST	4.27 ⁿ	15.18
Panjang akar hari ke 14 HST	19.17 ⁿ	13.24
Panjang akar hari ke 21 HST	12.15 ⁿ	10.16
Panjang akar hari ke 28 HST	38.73 ⁿ	5.56
Volume akar	57.77 ⁿ	5.12
F. Tabel	5.03	

Keterangan :
n = berpengaruh nyata,
tn = berpengaruh tidak nyata
KK = koefisien keragaman

1. Tinggi tanaman (cm)

Tabel 2. Pengaruh perlakuan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap tinggi tanaman hari ke 7, 14, 21, dan 28 (cm)

Perlakuan	HST			
	Ke-7	Ke-14	Ke-21	Ke-28
F0 Kontrol	6.00	7.83 a	11.31 a	12.03 a
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	6.17	10.69 ab	13.81 ab	18.28 ab
F2 900 ppm AB Mix general sayur	7.14	12.73 b	16.75 b	21.23 b
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	6.87	11.27 b	13.57 ab	17.13 ab
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	7.34	12.83 b	17.13 b	20.21 ab
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	6.45	10.20 ab	12.73 ab	14.95 ab
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	6.23	12.84 b	17.56 b	21.04 b
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	5.99	8.91 b	11.13 a	13.23 ab
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	7.25	12.60 b	17.30 b	19.78 ab
BNJ 0.05 =	2.26	2.97	4.39	8.26

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-rata tinggi tanaman tertinggi pada hari ke 28 didapatkan pada perlakuan F2 (21.23) menunjukkan perbedaan signifikan terhadap perlakuan F0, namun berbeda tidak nyata secara statistik dengan perlakuan F1, F3, F4, F5, F6, F7, dan F8. Tinggi tanaman terendah didapatkan perlakuan F0 (12,03) yang menunjukkan hasil berbeda tidak nyata dengan perlakuan F1, F3, F4, F5, F7, dan F8.

2. Jumlah daun (helai)

Tabel 3. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap jumlah daun hari ke 7, 14, 21, dan 28 (helai)

Perlakuan	HST			
	Ke-7	Ke-14	Ke-21	Ke-28
F0 Kontrol	5.67	6.42 ab	6.58 ab	7.00 a
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	5.67	6.08 ab	6.33 ab	7.83 ab
F2 900 ppm AB Mix general sayur	6.17	6.33 ab	7.08 ab	9.33 ab
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	6.42	6.58 ab	6.75 ab	8.00 ab
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	6.25	6.58 ab	7.33 ab	9.67 b
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	6.08	6.25 ab	6.75 ab	7.83 ab
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	6.42	6.67 b	7.75 b	9.75 c
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	5.58	5.75 a	5.92 a	7.25 ab
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	6.25	6.25 ab	7.25 ab	9.25 ab
BNJ 0.05 =	1.04	0.85	1.50	2.44

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-rata jumlah daun tertinggi pada hari ke 28 didapatkan pada perlakuan F6 (9.75) berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan F0 menunjukkan jumlah daun terendah (7,00) yang secara statistik tidak berbeda signifikan dengan perlakuan F1, F2, F3, F5, F7, dan F8.

3. Luas daun (cm²)

Tabel 4. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap luas daun (cm²)

Perlakuan	Rata-rata
F0 Kontrol	82.39 a
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	119.21 b
F2 900 ppm AB Mix general sayur	152.61 c
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	133.18 bc
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	175.83 c
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	126.70 bc
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	161.23 c
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	134.25 bc
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	285.68 d
BNJ 0.05 =	28.92

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-rata luas daun tertinggi pada perlakuan F8 (285.68) berbeda nyata dengan semua perlakuan. Luas daun terendah didapatkan pada perlakuan F0 (82.39) berbeda nyata dengan semua perlakuan.

4. Berat basah (g)

Tabel 5. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap berat basah (g)

Perlakuan	Rata-rata
F0 Kontrol	16.69 a
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	94.07 b
F2 900 ppm AB Mix general sayur	145.94 d
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	118.49 c
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	162.80 e
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	95.23 b
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	147.53 d
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	120.76 c
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	168.60 f
BNJ 0.05 =	3.98

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf 5%

Rata-rata berat basah tertinggi pada perlakuan F8 (168.60) berbeda nyata dengan semua perlakuan. Berat basah terendah didapatkan pada perlakuan F0 (16.69) berbeda nyata dengan semua perlakuan.

5. Berat kering (g)

Tabel 6. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap berat kering (g)

Perlakuan	Rata-rata
F0 Kontrol	1.17 a
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	7.53 b
F2 900 ppm AB Mix general sayur	11.68 d
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	8.29 c
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	13.02 e
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	7.62 b
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	11.80 d
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	8.45 c
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	13.15 e
BNJ 0.05 =	0.32

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-rata berat kering tertinggi pada perlakuan F8 (13.15) berbeda nyata dengan semua perlakuan tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan F4. Berat kering terendah didapatkan pada perlakuan F0 (1.17) berbeda nyata dengan semua perlakuan.

6. Panjang akar (cm)

Tabel 7. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap panjang akar hari ke 7, 14, 21, dan 28 (cm)

Perlakuan	HST			
	Ke-7	Ke-14	Ke-21	Ke-28
F0 Kontrol	3.81 b	13.07 d	21.01 b	23.82 b
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	2.87 ab	5.08 a	15.28 ab	15.92 a
F2 900 ppm AB Mix general sayur	2.47 ab	9.24 bc	18.90 b	23.02 b
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	3.75 ab	6.83 ab	13.02 a	15.22 a
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	3.50 ab	7.93 ab	15.49 ab	20.99 b
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	2.68 ab	5.56 a	12.55 a	15.72 a
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	3.69 ab	12.33 cd	21.39 b	23.81 b
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	2.36 a	6.61 ab	13.62 a	15.73 a
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	3.27 ab	9.16 bc	18.58 b	23.03 b
BNJ 0.05 =	1.39	3.24	4.91	3.18

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-rata panjang akar tertinggi pada hari ke 28 didapatkan pada perlakuan F0 (28.70) berbeda nyata dengan semua perlakuan tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan F2, F6, dan F8. Di sisi lain, panjang akar

terendah tercatat pada perlakuan F3 (15,22 cm) yang berbeda nyata dengan perlakuan F0.

7. Volume akar (ml)

Tabel 8. Pengaruh perlakuan pupuk berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium terhadap volume akar (ml)

Perlakuan	Rata-rata
F0 Kontrol	4.68 b
F1 900 ppm AB Mix formulasi buatan	3.40 a
F2 900 ppm AB Mix general sayur	5.32 c
F3 900 ppm AB Mix formulasi buatan + K	3.23 a
F4 900 ppm AB Mix general sayur + K	4.53 b
F5 1200 ppm AB Mix formulasi buatan	3.28 a
F6 1200 ppm AB Mix general sayur	5.35 c
F7 1200 ppm AB Mix formulasi buatan + K	3.31 a
F8 1200 ppm AB Mix general sayur + K	5.33 c
BNJ 0.05 =	0.63

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan notasi huruf identik dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada tingkat signifikansi 5%.

Rata-ratan volume akar tertinggi secara signifikan diperoleh pada perlakuan F6 (5,35) yang berbeda nyata dengan perlakuan F0, F1, F3, F4, F5, dan F7. Di sisi lain, volume akar terendah dicapai pada perlakuan F3 (3,23) yang secara statistik berbeda dengan F0, F2, F4, F6, dan F8, tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan perlakuan F1, F5, dan F7.

Pembahasan

Hasil analisis tinggi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) menunjukkan pengaruh signifikan dari variasi konsentrasi pupuk AB Mix dan kalium terhadap parameter pengamatan hari ke 14, 21, dan 28 sedangkan pada hari ke 7 tidak berpengaruh nyata. Menurut Supiana *et al.*, (2022) pola pertumbuhan selada dibagi menjadi tiga fase, yaitu fase pertumbuhan lambat pada 7 hari setelah tanam (HST), fase linear (peningkatan tertinggi) pada 14-30

HST, dan fase penuaan yang tidak terlihat dikarenakan pengamatan terhenti pada usisa panen 30 HST. Tanaman yang baru dipindahkan dari masa persemaian memerlukan waktu pemulihan pada 7 HST untuk adaptasi. Pada masa adaptasi ini akar belum aktif menyerap unsur hara (Irawati dan Widodo, 2017). Semakin bertambah umur tanaman, yaitu 14-30 HST akar mulai aktif menyerap unsur hara. Terpenuhinya unsur hara yang dibutuhkan tanaman menyebabkan jaringan meristematik tanaman menjadi berkembang (Senen *et al.*, 2022). Unsur hara makro dalam nutrisi AB mix sangat berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman, terutama unsur hara nitrogen (N) yang berperan dalam pembelahan sel. Pertumbuhan tinggi tanaman terjadi akibat dari pemanjangan ruas pada batang, pemanjangan ruas tersebut terjadi karena adanya aktivitas pembelahan sel yang pada akhirnya menyebabkan pertambahan jumlah sel yang ditunjukkan dengan bertambahnya panjang tanaman dan jumlah daun tanaman (Fitriansah *et al.*, 2019). Perlakuan F2 (AB Mix general sayur 900 ppm) menghasilkan tinggi tanaman optimal sebesar 21,23 cm, yang secara statistik menunjukkan perbedaan signifikan terhadap F0, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan F1, F3, F4, F5, F6, F7, maupun F8. Temuan ini sejalan dengan penelitian Supriani *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa pada tanaman selada konsentrasi terbaik adalah 900 ppm. Sedangkan dalam penelitian Pradita dan Koesriharti (2018) menyatakan bahwa yang mendekati hasil tersebut yaitu 840 ppm nutrisi optimal untuk selada hijau.

Hasil observasi terhadap jumlah daun tanaman selada (*Lactuca sativa* L.)

menunjukkan pengaruh signifikan dari variasi konsentrasi pupuk AB Mix dan suplementasi kalium terhadap pengamatan hari ke 14, 21, dan 28 sedangkan pada hari ke 7 tidak berpengaruh nyata. Peningkatan jumlah helai daun pada tanaman selada dipengaruhi oleh keseimbangan kandungan unsur hara makro dan mikro dalam formulasi nutrisi AB Mix. Salah satu komponen esensial dalam AB Mix yang berperan dalam pembentukan daun adalah unsur N yang dapat mempercepat laju pembentukan daun karena kebutuhan tanaman akan unsur tersebut sangat berpengaruh dalam fase vegetatif (Akasika *et al.*, 2014). Jumlah daun menunjukkan hubungan linear dengan pertumbuhan vertikal tanaman, karena setiap daun berkembang pada nodus batang, sehingga total nodus akan sebanding dengan jumlah daun yang terbentuk. Hal ini sejalan dengan menurut Syahputra *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa tinggi tanaman berkaitan dengan jumlah daun, karena daun terletak pada buku batang tanaman sehingga semakin besar tinggi tanaman maka semakin banyak jumlah daun. Pertumbuhan tinggi tanaman terjadi akibat pemanjangan ruas pada batang, pemanjangan ruas tersebut terjadi karena adanya aktivitas pembelahan sel baru yang pada akhirnya menyebabkan bertambahnya jumlah sel (Ainina dan Aini, 2018). Jumlah daun yang diperoleh pada perlakuan F6 (AB Mix general sayur 1200 ppm) menunjukkan hasil terbanyak, yaitu 9.75 (helai) dan berbeda nyata dengan semua perlakuan. Hal ini sejalan dengan menurut Meriaty *et al.*, (2021) Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimal nutrisi AB Mix berada pada tingkat 1200 ppm. Menurut Suwardi *et al.*, (2022) dalam penelitiannya yang

menyatakan bahwa yang mendekati hasil tersebut adalah pemberian konsentrasi dengan 1300 ppm AB mix memberikan hasil yang signifikan. Dominasi jumlah daun pada perlakuan 1200 ppm AB Mix dibandingkan 900 ppm disebabkan ketersediaan hara yang lebih melimpah, yang secara optimal mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengamatan luas daun tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium berpengaruh nyata pada luas daun tanaman selada. Parameter luas daun menunjukkan besarnya hasil asimilat yang disimpan dan diproduksi oleh tanaman, semakin besar luas daun maka semakin banyak hasil asimilat yang diproduksi. Luas daun yang diperoleh pada perlakuan F8 (AB mix general sayur 1200 ppm + Kalium 250 ppm) menunjukkan hasil terluas, yaitu 285.68 (cm²) berbeda nyata dengan semua perlakuan. Menurut Ainina dan Aini (2018) Terdapat korelasi positif antara peningkatan konsentrasi larutan nutrisi dengan akumulasi unsur hara, yang secara proporsional mendorong percepatan pertumbuhan tanaman selada. Diketahui juga bahwa penambahan unsur hara kalium mempengaruhi luas daun hal ini sejalan dengan menurut Sousa *et al.*, (2023) hasil penelitian mengungkapkan bahwa suplementasi kalium dengan dosis optimal 275 ppm mampu meningkatkan ekspansi daun secara signifikan. Fenomena ini berkorelasi positif dengan peningkatan efisiensi fotosintesis tanaman. Temuan ini sejalan dengan penelitian Xu *et al.* (2020) yang membuktikan pengaruh positif kalium terhadap perluasan permukaan daun. Secara fisiologis, kalium berperan sebagai kofaktor enzimatis dalam

proses metabolisme dan biosintesis seluler. Lebih lanjut, unsur ini berfungsi krusial dalam mempertahankan tekanan osmosis dan integritas turgor sel. Tanaman yang mendapat suplai K optimal akan memiliki kemampuan menyerap air lebih baik daripada tanaman yang mengalami defisiensi K. Apabila kandungan K di dalam tanaman turun, tekanan turgor sel-sel tanaman juga berkurang. Tanaman yang kekurangan K cepat mengalami kelayuan (Wijaya, 2020). Sebaliknya apabila tanaman yang mendapat kandungan K cukup akan tumbuh lebih cepat, hal ini sejalan dengan menurut Aryani *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa tanaman dengan kecukupan kalium (K) menunjukkan pertumbuhan akseleratif karena kalium berperan dalam mempertahankan homeostasis tekanan turgor sel. Stabilitas tekanan turgor ini mendorong ekspansi seluler optimal pada jaringan meristematik, sehingga menghasilkan struktur tanaman yang lebih kokoh dan resisten terhadap rebah.

Pengamatan berat basah tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium berpengaruh nyata pada berat basah tanaman selada. Peningkatan berat basah tanaman dipengaruhi oleh tingginya kandungan air dan pembentukan jaringan tanaman yang berlangsung dengan baik. Proses ini didukung oleh suplai K yang cukup di dalam sel, yang meningkatkan tekanan turgor sel. Tekanan turgor sel yang tinggi menyebabkan penyerapan air oleh sel meningkat, sehingga berat basah tanaman pun bertambah. Berat basah yang diperoleh pada perlakuan F8 (AB Mix general sayur 1200 ppm + Kalium 250 ppm) menunjukkan hasil

terberat, yaitu 168.60 (g) yang berbeda nyata dengan semua perlakuan. Unsur hara K berperan penting dalam menjaga tekanan osmosis dan turgor sel. Tanaman yang mendapat suplai K optimal akan memiliki kemampuan menyerap air lebih baik karena semakin tinggi unsur K di dalam tanaman secara otomatis tekanan turgor sel akan meningkat, hal ini mengakibatkan kandungan air di dalam suatu tanaman juga akan meningkat. Tingginya kandungan air tersebut mampu mempengaruhi peningkatan berat basah tanaman. Hal ini Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Barickman *et al.* (2016) yang mendemonstrasikan korelasi positif antara peningkatan dosis kalium dengan akumulasi berat basah pada tanaman selada hidroponik.

Pengamatan berat kering tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium berpengaruh nyata pada berat kering tanaman selada. Berat kering merepresentasikan kandungan biomassa yang terdapat pada suatu tanaman. Biomassa adalah total berat kering semua bagian tanaman yang merupakan cerminan dari efisiensi penyerapan unsur hara pada tanaman. Berat kering pada dasarnya adalah hasil berat segar yang dihilangkan kadar airnya dengan di oven sehingga didapatkan berat konstan. Pengukuran berat kering tanaman dilakukan untuk mengkuantifikasi efisiensi absorpsi hara tanaman dari larutan nutrisi yang diaplikasikan. (Ichsan *et al.*, 2016). Berat kering yang diperoleh pada perlakuan F8 (AB mix general sayur 1200 ppm + Kalium 250 ppm) yang menunjukkan hasil terberat yaitu, 13.15 (g) berbeda tidak nyata dengan perlakuan F4 tetapi berbeda nyata

dengan perlakuan F0, F1, F2, F3, F5, F6, dan F7. Diketahui bahwa penambahan kalium dapat meningkatkan berat kering tanaman temuan ini selaras dengan hasil penelitian Barickman *et al.* (2016) yang mengungkapkan bahwa suplementasi kalium mampu meningkatkan berat kering tanaman selada hidroponik. Hal serupa juga dibuktikan oleh Sublett *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa penambahan unsur kalium secara signifikan dapat meningkatkan biomassa tanaman selada.

Pengamatan panjang akar tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium berpengaruh nyata pada panjang akar tanaman selada. Akar merupakan organ vegetatif utama yang memasok air, mineral, dan bahan-bahan yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan akar yang kuat diperlukan untuk kekuatan dan pertumbuhan tanaman. Sehingga akar yang sehat akan menghasilkan pertumbuhan yang baik dalam tumbuh kembang tanaman (Solihin, 2017). Menurut Aida (2015) proses penyerapan air dan unsur hara dengan hidroponik sistem wick dibantu dengan perantara sumbu sehingga akar tanaman langsung menyerap air melalui sumbu menyebabkan pemanjangan akar setiap perlakuan relatif sama. Indikasi penyerapan unsur hara yang baik dapat diketahui melalui bobot akar tanaman, semakin besar kemampuan akar maka akan semakin besar kemampuan akar tersebut dalam menyerap unsur hara (Aullia *et al.*, 2023). Panjang akar yang diperoleh pada perlakuan F0 (Kontrol) menunjukkan hasil terpanjang, yaitu 23.82 (cm) berbeda tidak nyata dengan perlakuan F6 dan F8 tetapi berbeda

nyata dengan perlakuan F1, F2, F3, F4, F5, dan F7. Perkembangan sistem perakaran dipengaruhi secara signifikan oleh ketersediaan unsur kalium. Hasil penelitian Novriani (2014) mengkonfirmasi bahwa aplikasi pupuk kalium memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan akar. Peningkatan dosis kalium terbukti mampu menghasilkan struktur perakaran yang lebih optimal, sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan hara dan air oleh tanaman. (Sousa *et al.*, 2023).

Pengamatan volume akar tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan berbagai konsentrasi pupuk AB mix dan kalium berpengaruh nyata pada volume akar tanaman selada. Berdasarkan penelitian Warman *et al.* (2016), nutrisi AB Mix mengandung unsur hara esensial dalam bentuk ionik yang bersifat lebih bioavailable bagi tanaman, sehingga memfasilitasi proses penyerapan oleh sistem perakaran. Perlakuan F6 (AB mix general sayur 1200 ppm) menghasilkan volume akar tertinggi sebesar 5,35 ml, yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan perlakuan F2 dan F8, namun berbeda nyata dengan F0, F1, F3, F4, F5, dan F7. Temuan ini konsisten dengan penelitian Suwardi *et al.*, (2022) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa yang mendekati hasil tersebut yaitu nutrisi AB mix dengan 1300 ppm menghasilkan volume akar lebih tinggi. Dalam pembentukan akar pada tanaman selada terbentuk secara baik disebabkan oleh jumlah kandungan unsur hara kalium terpenuhi bagi tanaman sehingga volume akar banyak dan panjang. Unsur hara kalium berfungsi pada tanaman dalam proses fotosintesa, pengangkutan hasil asimilasi, enzim dan mineral,

meningkatkan kekebalan tanaman terhadap penyakit (Solihin, 2017).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk AB mix general sayur dan penambahan pupuk K dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman selada. Konsentrasi yang tepat dan optimal tidak hanya berdampak pada kuantitas tetapi juga kualitas hasil, tetapi juga pada efisiensi penggunaan pupuk. Sehingga penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada petani untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan. Namun AB mix formulasi buatan tidak menutup kemungkinan untuk dikembangkan pada komoditi spesifik tertentu yang perlu diteliti lebih lanjut, mengingat AB mix formulasi buatan ini lebih murah dan dapat mengatasi kelangkaan pupuk AB mix general sayur di daerah pelosok.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian pupuk AB mix general sayur 1200 ppm + Kalium 250 ppm memberikan hasil tanaman selada terbaik yang dapat dilihat dari tinggi tanaman, luas daun, berat basah, berat kering, panjang akar, volume akar, serta warna hijau tua, rasa manis, dan tekstur renyah
2. Pemberian pupuk AB mix formulasi buatan belum mampu menyamai pertumbuhan tanaman yang menggunakan AB mix general sayur pada semua peubah.

Saran

1. Sebaiknya untuk pemberian pupuk AB mix general sayur dan Kalium yang efisien dapat menggunakan dosis pupuk AB mix 1200 ppm + Kalium 250 ppm.
2. Pupuk AB mix formulasi buatan dapat diteliti lebih lanjut pada komoditi lain untuk menekan harga dan kelangkaan pupuk AB mix.

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, R. K. 2015. Aplikasi urin ternak sebagai sumber nutrisi pada budidaya selada (*Lactuca sativa* L.) dengan sistem hidroponik sumbu. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ainina, A. N., dan N. Aini. 2018. Konsentrasi nutrisi AB mix dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada merah (*Lactuca sativa* L. var. Crispa) dengan sistem hidroponik substrat. Jurnal produksi tanaman 6(8): 1684-1693.
- Akasika, R., Sameko., dan Siswadi. 2014. Pengaruh konsentrasi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica parachinensis*) sistem hidroponik vertikutur. Jurnal inovasi pertanian. 13(2): 1-5.
- Aryani, I., G. A. Nasser., Dali., N. Marlina., Marlina., Khodijah., J. P. Rompas., dan A. Zamroni. 2023. Potensi peningkatan hasil jagung manis (*Zea mays saccharata* Strurt.) melalui kombinasi dosis pupuk nitrogen dan kalium. Jurnal klorofil. 17(1): 26-30.
- Aullia, D., Nikmah., dan L. Bachrun. 2023. Pengaruh kombinasi nutrisi AB Mix dan pupuk organik cair daun turi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada hidroponik sistem sumbu. Jurnal agrisia. 15(2): 8-20.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Data konsumsi selada. [Diakses pada tanggal 10 Agustus 2024]
- Barickman, T. C., T. E. Horgan., J. R. Wheeler., and C. E. Sams. 2016. Elevated levels of potassium in greenhouse-grown red romaine lettuce impacts mineral nutrient and soluble sugar concentrations. Hortscience journal. 51(5): 504-509.
- Fitriansah, T., M. Roviq., dan A. S. Karyawati. 2019. Pertumbuhan tanaman selada (*lactuca sativa* L.) Pada dosis dan interval penambahan ab mix dengan sistem hidroponik. Jurnal produksi tanaman. 7(3): 538-544.
- Ichsan, M., P. Riskiyandika., dan I. Wijaya. 2016. Respon produktifitas okra (*Abelmoschus esculentus*) terhadap pemberian dosisi pupuk petroganik dan pupuk N. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jember.
- Irawati, T., dan Widodo, S. 2017. Pengaruh umur bibit dan umur panen terhadap pertumbuhan dan produksi hidroponik NFT tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) varietas *grand rapids*. Jurnal hijau cendekia. 2 (2): 21-26.
- Kementerian pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura. 2019. Angka tetap hortikultura tahun 2019. <http://www.satudata.pertanian.go.id> [Diakses pada tanggal 10 September 2024]
- Meriaty., A. Sihalo., dan K. D. Pratiwi. 2021. Pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) akibat jenis media tanam hidroponik dan konsentrasi AB mix. Jurnal agroprimattech. 4(2): 75-84.
- Nisa. R. A., F. Sutarno., dan Kusmiyati. 2023. Pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) akibat pupuk organik cair dan konsentrasi GA3 yang berbeda dalam hidroponik sistem wick. Agroeco science journal. 2(2):18-26.
- Novriani. 2014. Respon tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) terhadap pemberian pupuk organik cair asal sampah organik. Jurnal klorofil. 9(2): 57-61.

- Pradita, N., dan Koesriharti, K. 2019. Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem NFT. *Jurnal produksi tanaman*. 7(4): 706-712.
- Senen, M., Leiwakabessy, C., Lamerlabel, J. S., dan Uruilal, C. 2022. Studi kerusakan tanaman sawi (*Brassica* Sp.) dan selada (*Lactuca sativa* L.) akibat OPT pada sayuran hidroponik di Kota Ambon. *Jurnal pertanian kepulauan*. 6(1): 9-22.
- Senen, M., Syawaluddin., dan Harahap, I. S. 2016. Pengaruh jenis media tanam dan larutan AB Mix dengan konsentrasi berbeda pada pertumbuhan dan hasil produksi tanaman selada. *Jurnal agrohita*. 1(1): 29-37.
- Solihin, M. 2017. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Terhadap Konsentrasi Larutan dan Berbagai Macam Media Tanam. *Jurnal ilmu pertanian agronitas*. 6(2): 460-465
- Sousa, O. T. F. D. D., H. Kacung., dan D. Parawita. 2023. Evaluasi penambahan kalium pada AB mix terhadap tiga varietas selada (*Lactuca sativa* L.) hidroponik. *Journal of applied agricultural sciences*. 7(1): 58-71.
- Sublett. W., Barickman. T., dan C. Sams. 2018. *Effects of elevated temperature and potassium on biomass and quality of dark red 'Lollo rosso' lettuce*. *Horticulturae*. 4(2)11.
- Supiana, R., Suheri, H., dan Isnaini, M. 2022. Pengaruh diameter pipa dan komposisi media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik vertikal. *Jurnal ilmiah mahasiswa agrokomples*. 1(1): 66-75.
- Supriani, E., S. Budiyanto., dan S. Sutarno. 2021. Respon tanaman selada keriting hijau terhadap penyinaran lampu LED dan konsentras CaCl pada sistem hidroponik. *Agrovital: Jurnal ilmu pertanian*. 6(2): 99.
- Suwardi., C. N. Sinaga., dan R. Srilestari. 2022. Respon pemberian AB mix dan macam media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil selada merah (*Lactuca sativa* L.) secara hidroponik. *Agrivet*. 28: 96-109.
- Syahputra, E. M., Rahmawati., dan S. Imran. 2014. Komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk daun terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal florateg*. 9(3): 39-45.
- Tiljuir. J. N. D., M. A. A. Gafur., dan F. Rosalina. 2023 pengaruh perbedaan dosis nutrisi AB Mix Sistem Hidroponik rakit apung terhadap pertumbuhan tanaman salad (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal ilmu pertanian dan kehutanan*. 1(1): 26-33.
- Warman., Syawaluddin., dan H. Imelda. 2016. Pengaruh perbandingan jenis larutan hidroponik dan media tanam terhadap pertumbuhan serta hasil produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) drip irrigation system. *Jurnal agrohita*. 1(1): 28-53.
- Wijaya, K. A. 2020. Nutrisi tanaman. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Xu. X., X. Du., F. Wang., J. Sha., Q. Chen., G. Tian., Z. Zhu., S. Ge., and Y. Jiang. 2020. *Effect of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings*. *Frontiers in plant science*. 11(6): 1-13.
- Zahrma., G. A. K. Sutariati., dan T. C. Rakian. 2019. pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik pada berbagai campuran pupuk organik plus cair dan anorganik AB Mix. *Berkala penelitian agronomi* 7(1): 65-73.