

PENGARUH KONSENTRASI PGPR DAN DOSIS PUPUK KASCING TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)

THE EFFECT OF PGPR CONCENTRATION AND VERMICOMPOST DOSAGE ON THE GROWTH AND YIELD OF GREEN MUSTARD (*Brassica juncea* L.)

Grace Hutapea*, Riza Yuli Rusdiana, Halimatus Sa'diyah, Laily Ilman Widuri

Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No.37, Kampus Tegalboto, Jember, Jawa Timur 68121

Corresponding email: hutapeagracesalonika0008@gmail.com

ABSTRAK

Kata kunci:
Dosis
Kascing
Konsentrasi
PGPR

Produktivitas tanaman sawi hijau di Indonesia mengalami fluktuasi dalam lima tahun terakhir, diduga akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebih dan penurunan kesuburan tanah. Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan dengan penggunaan PGPR dan pupuk kascing yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui interaksi konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dua faktor dengan 12 ulangan. Faktor pertama yaitu konsentrasi PGPR yang terdiri atas 4 taraf yaitu 0 mL L⁻¹, 15 mL L⁻¹, 30 mL L⁻¹, dan 45 mL L⁻¹. Faktor kedua yaitu dosis pupuk kascing yang terdiri atas 3 taraf yaitu 75 g *polybag*⁻¹, 150 g *polybag*⁻¹, dan 225 g *polybag*⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap variabel berat segar akar, berat kering akar, berat kering total tanaman, SWR dan RWR. Pemberian konsentrasi PGPR 15 mL L⁻¹ memiliki rata-rata tertinggi terhadap parameter jumlah daun, berat segar tajuk, berat segar total tanaman, berat kering tajuk. Pemberian dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ memiliki rata-rata tertinggi terhadap parameter jumlah daun, luas daun, berat segar tajuk, berat segar total tanaman, berat kering tajuk.

ABSTRACT

Keywords:
Concentration
Dosage
PGPR
Vermicompost

The productivity of green mustard in Indonesia has fluctuated over the last five years, presumably due to excessive chemical fertilizer use and declining soil fertility. An effort to overcome these problems is the application of environmentally friendly inputs, namely PGPR and vermicompost. This study aimed to determine the appropriate concentration of PGPR, the proper vermicompost dosage, and the interaction between these two factors on the growth and yield of green mustard. The experimental design used was a two-factor Randomized Complete Block Design with 12 replications. The first factor was PGPR concentration, consisting of four levels, including 0 mL L⁻¹, 15 mL L⁻¹, 30 mL L⁻¹, and 45 mL L⁻¹. The second factor was the vermicompost dosage, consisting of three levels, including 75 g *polybag*⁻¹, 150 g *polybag*⁻¹, and 225 g *polybag*⁻¹. The results showed an interaction between PGPR concentration and vermicompost dosage on the variables of fresh root weight, dry root weight, total plant dry weight, shoot weight ratio, and root weight ratio. The application of 15 mL L⁻¹ PGPR concentration yielded the highest averages for the parameters of leaf number, fresh shoot weight, total fresh weight, and dry shoot weight. The application of a 225 g *polybag*⁻¹ vermicompost dosage resulted in the highest averages for the parameters of leaf number, leaf area, fresh shoot weight, total fresh weight, and dry shoot weight.

PENDAHULUAN

Sawi hijau merupakan salah satu komoditas sayuran daun dari famili Brassicaceae yang memiliki rasa tidak

terlalu pahit, segar, dan bertekstur renyah. Sayuran ini sangat baik dikonsumsi oleh setiap kalangan karena mengandung protein, lemak, karbohidrat, kalsium (Ca),

fosfor (P), zat besi (Fe), vitamin A, vitamin B, dan vitamin C (Suhastyo & Raditya, 2021). Selain itu, tanaman sawi hijau memiliki prospek yang menjanjikan dalam meningkatkan pendapatan petani (Ahmadi *et al.*, 2023). Namun, produktivitasnya di Indonesia mengalami fluktuasi selama lima tahun terakhir. BPS (2024), mencatat produktivitas sawi hijau di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 10,52 ton ha⁻¹, tahun 2021 menurun menjadi 10,45 ton ha⁻¹, tahun 2022 meningkat menjadi 10,65 ton ha⁻¹, tahun 2023 menurun menjadi 9,93 ton ha⁻¹, dan tahun 2024 meningkat menjadi 9,99 ton ha⁻¹. Fluktuasi tersebut diduga karena teknik budidaya yang kurang tepat seperti penggunaan pupuk kimia anorganik secara berlebihan dalam jangka panjang sehingga menyebabkan kerusakan pada struktur tanah (Hilman *et al.*, 2022).

Upaya memperbaiki struktur tanah dapat dilakukan dengan pengaplikasian pupuk kascing. Sanda & Syam (2018) menyatakan bahwa pupuk kascing dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti memperbaiki struktur, porositas, permeabilitas, serta meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air. Selain itu, penggunaan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) juga dapat menjadi alternatif untuk mengatasi masalah penggunaan pupuk kimia yang berlebih. Mikroba pada PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat,

produksi zat pengatur tumbuh (ZPT), serta menekan pertumbuhan patogen (Candraningtyas & Indrawan, 2023).

Penggunaan PGPR merupakan salah satu inovasi yang mendukung pertanian berkelanjutan (Ghauts *et al.*, 2026). Pemanfaatan PGPR dapat meningkatkan kesuburan tanah karena mengandung bakteri yang mampu mengaktifkan mikroorganisme sehingga bahan organik dalam tanah dapat terdekomposisi (Husnihuda *et al.*, 2017). Beberapa bakteri yang berperan dalam mengikat nitrogen (N) adalah *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan *Rhizobium* (Amalia *et al.*, 2020). Selain itu, bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan fungi *Aspergillus niger* dapat melarutkan fosfor anorganik di dalam tanah sehingga mudah diserap akar tanaman (Mudrikah *et al.*, 2024). PGPR juga dapat mensintesis ZPT seperti auksin, sitokinin, dan giberelin. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* memproduksi auksin atau *Indole Acetate Acid* (IAA) yang berguna untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Widyaningsih *et al.*, 2025). Pada penelitian Lumbanraja (2019), kombinasi perlakuan PGPR 15 mL L⁻¹ air dan POC 30 ml L⁻¹ air memberikan respons terbaik pada bobot segar sawi hijau. Aplikasi PGPR akar bambu 30 mL L⁻¹ air pada tanaman pakcoy menghasilkan rerata tertinggi pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot basah (Rachmat *et al.*, 2021).

PGPR dapat dikombinasikan dengan aplikasi pupuk organik (Tyasmoro, 2023).

Penggunaan pupuk kascing mampu mengoptimalkan kinerja bakteri pada PGPR karena menyediakan sumber energi bagi bakteri tersebut. Pupuk kascing dapat menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan mikroorganisme karena memiliki rasio C/N \leq 25% (Kartini & Budaraga, 2020). Pupuk kascing memiliki kandungan unsur hara makro maupun mikro serta hormon seperti giberelin, sitokinin, dan auksin (Tambunan *et al.*, 2014). Selain itu, pupuk kascing juga mengandung berbagai mikroorganisme yang berperan dalam proses daur hara, misalnya bakteri *Azotobacter* sp. yang dapat mengikat N secara non simbiotik. Proses ini dapat meningkatkan kandungan N di dalam tanah (Ramdani *et al.*, 2024). Pada penelitian Leo *et al.* (2022), perlakuan pupuk kascing 15 ton ha⁻¹ berpengaruh sangat nyata terhadap bobot segar dan bobot kering total tanaman. Aplikasi pupuk kascing dengan dosis 200 g memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman, jumlah daun, bobot total, dan volume akar (Tobing & Lucky, 2025). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di *Greenhouse Agrotechnopark* Universitas Jember, Kabupaten Jember, Jawa Timur

8.1621°LS, 113.7175° BT. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2025. Alat yang digunakan antara lain *polybag* 30 × 30 cm, cangkul, meteran, penggaris, timbangan analitik, gembor, selang, *tray* semai, alat tulis, kamera, gunting, oven, amplop cokelat, terpal, *chlorophyll meter* SPAD-502, tali rafia, *sprayer*, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan antara lain benih sawi hijau varietas Ferina, tanah *topsoil*, PGPR *Flora One*, pupuk kascing Media Akar Tani Cihideung, dan pestisida. Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan lingkungan berupa Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor (faktorial) yaitu konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing. Rancangan faktorial 4 × 3 diterapkan dalam 12 ulangan sehingga diperoleh 144 unit percobaan. Dosis PGPR terdiri atas 4 taraf yaitu konsentrasi PGPR 0 mL L⁻¹, 15 mL L⁻¹, 30 mL L⁻¹, dan 45 mL L⁻¹. Dosis pupuk kascing terdiri atas 3 taraf di antaranya dosis 75 g *polybag*⁻¹ (15 ton ha⁻¹), 150 g *polybag*⁻¹ (20 ton ha⁻¹), dan 225 g *polybag*⁻¹ (25 ton ha⁻¹).

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan sanitasi *Greenhouse* untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal dalam mendukung pertumbuhan tanaman sawi hijau. Selanjutnya, persiapan media tanam dilakukan dengan mencampurkan tanah *topsoil* sebanyak 3 kg *polybag*⁻¹ dengan pupuk kascing sesuai dosis setiap perlakuan kemudian dimasukkan ke

dalam *polybag*. Bibit sawi hijau ditanam pada *polybag* dengan kriteria telah memiliki 4 helai daun atau berumur 14 hari setelah semai (HSS). Selanjutnya, PGPR diaplikasikan saat tanaman berumur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (HST). Volume aplikasi larutan PGPR sebanyak 20 mL tanaman⁻¹ (Lumbanraja, 2019). Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Pemanenan dilakukan saat tanaman berumur 35 HST.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila hasil menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut BNJ dengan taraf kesalahan 5%. Data *Relative Leaf Expansion Rate* (RLER) dan Laju Asimilasi Bersih (LAB) yang dianalisis secara deskriptif.

Parameter Pengamatan

1. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang yang berbatasan dengan permukaan tanah hingga ujung daun terpanjang. Pengamatan dilakukan saat tanaman berumur 35 HST menggunakan penggaris dan meteran.

2. Jumlah daun (helai)

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung daun yang telah membuka sempurna yaitu helaian daun dalam posisi terbuka dan tulang daun terlihat jelas saat umur tanaman 35 HST.

3. Luas daun (cm²)

Pengukuran luas daun dilakukan pada umur 35 HST secara destruktif menggunakan aplikasi *Image J*.

4. Kadar klorofil (unit mm⁻²)

Pengukuran kadar klorofil menggunakan *chlorophyll meter* SPAD-502 saat tanaman berumur 35 HST dan sebelum tanaman dipanen. Sampel daun yang diukur adalah daun kelima dari pucuk tanaman.

5. *Relative leaf expansion rate* (RLER)

Pengamatan RLER dilakukan setiap hari secara non destruktif pada daun yang sama menggunakan bantuan software komputer berupa *Image J*. Rumus RLER yang digunakan adalah sebagai berikut (Widuri *et al.*, 2017):

$$RLER = \frac{(LA_{i+1} - LA_i)}{LA_i}$$

Keterangan :

- RLER : *Relative Leaf Expansion Rate*
- LA_{i+1} : Luas daun pada waktu pengamatan ke-(i+1) (cm²)
- LA_i : Luas daun pengamatan ke - i (cm²)

6. Laju asimilasi bersih (LAB) (g cm⁻² hari⁻¹)

Pengamatan LAB dilakukan saat tanaman berumur 14, 21, 28, dan 35 HST. Rumus LAB yang digunakan adalah sebagai berikut (Paiman, 2022):

$$LAB = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{\ln LA_2 - \ln LA_1}{LA_2 - LA_1}$$

Keterangan :

- W₁ : Berat kering tanaman pada pengamatan pertama (g)
- W₂ : Berat kering tanaman pada pengamatan kedua (g)

- LA1 : Luas daun pengamatan pertama (cm²)
 LA2 : Luas daun pengamatan kedua (cm²)
 T1 : Waktu pengamatan pertama (hari)
 T2 : Waktu pengamatan kedua (hari)

7. Berat segar tajuk (g), berat segar akar (g), dan berat segar total tanaman (g)

Perhitungan berat segar tajuk, berat segar akar, dan berat segar total tanaman dilakukan setelah panen dan diukur menggunakan timbangan analitik.

8. Berat kering tajuk (g), berat kering akar (g), dan berat kering total tanaman (g)

Perhitungan berat kering tajuk, berat kering akar, dan berat kering total tanaman dilakukan pada saat tanaman berumur 35 HST. Tajuk dan akar tanaman yang sudah kering jemur dimasukkan ke dalam amplop cokelat yang telah diberi aerasi dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 70°C hingga berat keringnya konstan. Selanjutnya masing-masing ditimbang menggunakan timbangan analitik.

9. Shoot Weight Ratio (SWR)

SWR adalah perbandingan antara berat kering bagian tajuk tanaman (*shoot*) dengan berat kering total tanaman. Pengukuran SWR dilakukan saat tanaman berumur 35 HST menggunakan rumus berikut (Widuri *et al.*, 2020):

$$SWR = \frac{SDW}{TPDW}$$

Keterangan :

- SWR : *Shoot weight ratio* (rasio berat tajuk)
 SDW : *Shoot dry weight* (berat kering tajuk) (g)
 TPDW : *Total plant dry weight* (berat kering total tanaman) (g)

10. Root weight ratio (RWR)

RWR adalah perbandingan berat kering akar dengan berat kering total tanaman (Useche & Shipley, 2009). Pengukuran RWR diukur secara destruktif pada umur 35 HST menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RWR = \frac{RDW}{TPDW}$$

Keterangan :

- RWR : *Root Weight Ratio* (Rasio Berat Akar)
 RDW : *Root Dry Weight* (Berat Kering Akar) (g)
 TPDW : *Total Plant Dry Weight* (Berat Kering Total Tanaman) (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan konsentrasi PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, kadar klorofil, dan berat kering tajuk serta berpengaruh nyata terhadap variabel berat segar tajuk dan berat segar total tanaman (**Tabel 1**). Konsentrasi PGPR 15 mL L⁻¹ menunjukkan respons paling optimal dengan nilai tertinggi pada jumlah daun, berat segar tajuk, berat segar total tanaman, dan berat kering tajuk.

Respons tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi PGPR 15 mL L⁻¹

mampu meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan aktivitas fisiologis tanaman secara optimal. PGPR berperan sebagai biofertilizer melalui mekanisme fiksasi N, pelarutan fosfat, serta produksi fitohormon yang mempengaruhi pembentukan biomassa tajuk. Perlakuan ini menghasilkan rerata tertinggi jumlah daun (13,67 helai), berat tajuk (117,31 g), berat segar total tanaman (137,59 g), dan berat kering tajuk (10,89 g). Kondisi ini diduga berkaitan dengan peran PGPR sebagai biofertilizer, yaitu melarutkan fosfat dan fiksasi N sehingga dapat menyediakan unsur hara di dalam tanah. Bakteri pelarut fosfat berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfor dengan memecah ion P yang terikat dalam kation

tanah kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman.

Fiksasi N oleh bakteri PGPR berperan dalam mengikat N dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman seperti amonia (Firdausi *et al.*, 2016). Salah satu contoh bakteri pengikat N adalah *Azospirillum* sp. Tanaman dengan suplai N yang cukup akan membentuk helai daun dengan permukaan lebih luas serta memiliki kandungan klorofil yang tinggi, sehingga dapat menghasilkan asimilat. Asimilat yang dihasilkan mempengaruhi pertumbuhan jumlah daun (Coffiana & Hartatik, 2021). Melalui mekanisme tersebut, PGPR dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara sehingga mendukung pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Rerata variabel pengamatan pada perlakuan konsentrasi PGPR

PGPR	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Kadar klorofil (unit mm ⁻²)	Berat segar tajuk (g)	Berat segar total tanaman (g)	Berat kering tajuk (g)
0 mL L ⁻¹	37,33 ^a	12,22 ^{ab}	46,02 ^a	112,15 ^{ab}	129,93 ^{ab}	9,79 ^{ab}
15 mL L ⁻¹	35,39 ^{ab}	13,67 ^a	35,53 ^b	117,31 ^a	137,59 ^a	10,89 ^a
30 mL L ⁻¹	34,78 ^{ab}	11,22 ^b	39,14 ^b	97,15 ^b	110,90 ^b	7,93 ^c
45 mL L ⁻¹	31,89 ^b	12,11 ^{ab}	39,88 ^b	109,18 ^{ab}	126,43 ^{ab}	9,13 ^{bc}
F-Hitung	5,08 ^{**}	6,03 ^{**}	9,46 ^{**}	3,08 [*]	4,05 [*]	10,10 ^{**}
F-Tabel 5%				3,05		
F-Tabel 1%				4,82		

Keterangan: ^{**}(berbeda sangat nyata), ^{*}(berbeda nyata); Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ dengan taraf kesalahan 5%, sedangkan angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata.

Pengaruh dosis pupuk kascing terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau

Berdasarkan **Tabel 2**, pemberian dosis pupuk kascing berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah daun, luas daun,

berat segar tajuk, berat segar total tanaman dan berat kering tajuk. Perlakuan dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ menghasilkan rerata tertinggi terhadap variabel tersebut, yaitu jumlah daun 13,50 helai, luas daun 160,02 cm², berat segar

tajuk 141,71 g, berat segar total tanaman 168,28 g, dan berat kering tajuk 12,32 g. Hasil uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ berbeda nyata dengan dosis 75 g *polybag*⁻¹ dan 150 g *polybag*⁻¹.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kascing mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro seperti N (2,40%), P (0,22%), dan K (0,16%) untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan akumulasi biomassa sawi hijau. Pupuk kascing mengandung bakteri *Azotobacter* sp. yang berperan sebagai bakteri pengikat N non-

simbiotik sehingga mampu meningkatkan ketersediaan N di dalam tanah.

N tersebut berperan dalam proses pembentukan warna hijau daun yang bermanfaat untuk fotosintesis dan menghasilkan karbohidrat bagi pertumbuhan tanaman (Damaita *et al.*, 2024). Ketersediaan N berkaitan erat dengan nilai C/N rasio. Nilai C/N rasio yang rendah (<20%) menunjukkan bahwa kandungan N pada pupuk kascing relatif tinggi dan mudah terurai oleh mikroorganisme tanah (Kartini & Budaraga, 2020).

Tabel 2. Rerata variabel pengamatan pada perlakuan dosis pupuk kascing

Kascing	Jumlah daun (helai)	Luas daun (cm ²)	Berat segar tajuk (g)	Berat segar total tanaman (g)	Berat kering tajuk (g)
75 g <i>polybag</i> ⁻¹	11,58 ^b	114,25 ^c	73,13 ^c	83,12 ^c	6,38 ^c
150 g <i>polybag</i> ⁻¹	11,83 ^b	135,01 ^b	112,01 ^b	127,24 ^b	9,60 ^b
225 g <i>polybag</i> ⁻¹	13,50^a	160,02^a	141,71^a	168,28^a	12,32^a
F-Hitung	8,53 ^{**}	22,23 ^{**}	66,36 ^{**}	77,85 ^{**}	77,99 ^{**}
F-Tabel 5 %			3,44		
F-Tabel 1%			5,72		

Keterangan: ^{**}(berbeda sangat nyata), ^{*}(berbeda nyata); Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ dengan taraf kesalahan 5%, sedangkan angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata.

Interaksi konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau

Interaksi konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing berpengaruh nyata hingga sangat nyata terhadap berat segar akar, berat kering akar, berat kering total tanaman, SWR, dan RWR (**Tabel 3**). Kombinasi PGPR 45 mL L⁻¹ dengan pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ menghasilkan nilai tertinggi pada berat segar akar, berat

kering akar, berat kering total tanaman, dan RWR. Hasil tersebut menunjukkan dominansi terhadap pertumbuhan sistem perakaran. Hal ini berkaitan dengan peran PGPR dalam merangsang pertumbuhan akar melalui produksi fitohormon serta peningkatan ketersediaan hara yang didukung oleh perbaikan sifat fisik media tanam (Rahmayanti, 2023; Meena *et al.*, 2022). Nilai SWR tertinggi diperoleh pada

kombinasi PGPR 45 mL L⁻¹ dan dosis pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹ yang menunjukkan alokasi biomassa lebih dominan ke bagian tajuk. Hasil ini mengindikasikan bahwa keseimbangan

antara aktivitas mikroba PGPR dan ketersediaan unsur hara dari pupuk kascing mampu mengoptimalkan distribusi hasil fotosintesis ke bagian tajuk tanaman (Suthar, 2009; Tyasmoro, 2023).

Tabel 3. Rerata variabel pengamatan pada interaksi PGPR dan pupuk kascing

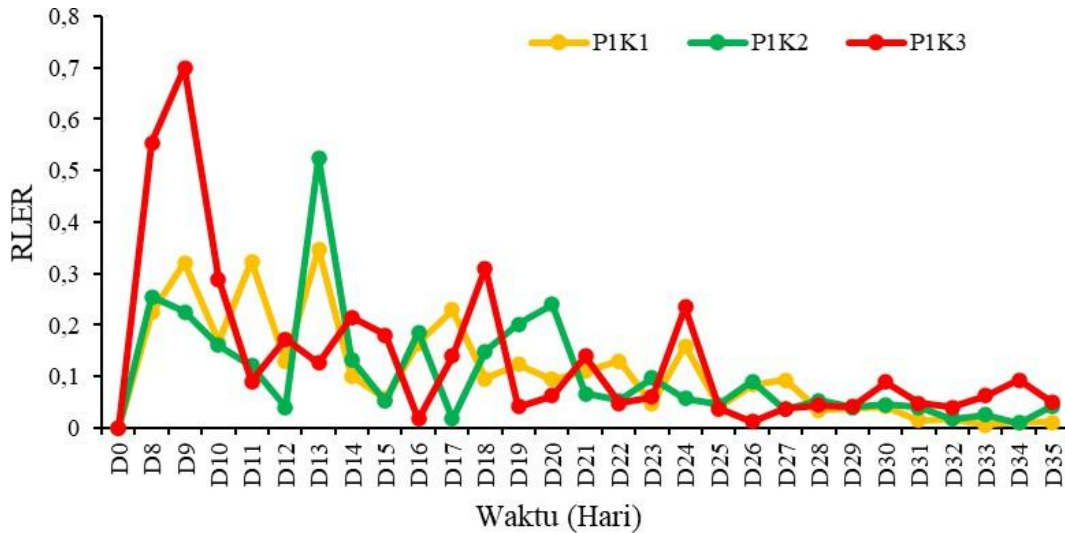
PGPR	Kascing	Berat segar akar (g)	Berat kering akar (g)	Berat kering total tanaman (g)	SWR	RWR
0 mL L ⁻¹		8,77 ^{Ba}	1,78 ^{Ba}	8,75 ^{Ba}	0,81 ^{Aa}	0,19 ^{Aa}
15 mL L ⁻¹	75 g	12,50 ^{Aa}	2,25 ^{Ba}	9,97 ^{Ba}	0,77 ^{Aa}	0,23 ^{Aa}
30 mL L ⁻¹	<i>polybag</i> ⁻¹	6,63 ^{Ca}	1,48 ^{Ba}	6,02 ^{Ca}	0,75 ^{Aa}	0,25 ^{Aa}
45 mL L ⁻¹		12,07 ^{Ba}	1,88 ^{Ba}	8,16 ^{Ba}	0,77 ^{Ba}	0,23 ^{Ba}
0 mL L ⁻¹		17,77 ^{Abab}	4,17 ^{Aab}	15,05 ^{Aa}	0,72 ^{Aa}	0,28 ^{Aa}
15 mL L ⁻¹	150 g	22,33 ^{Aa}	4,26 ^{ABa}	15,80 ^{Aa}	0,74 ^{Aa}	0,26 ^{Aa}
30 mL L ⁻¹	<i>polybag</i> ⁻¹	13,07 ^{Bab}	2,45 ^{Bab}	9,87 ^{Ba}	0,75 ^{Aa}	0,25 ^{Aa}
45 mL L ⁻¹		6,77 ^{Bb}	1,17 ^{Bb}	9,74 ^{Ba}	0,89^{Aa}	0,11 ^{Ca}
0 mL L ⁻¹		26,80 ^{Aa}	4,71 ^{Ab}	16,22 ^{Aa}	0,71 ^{Aab}	0,29 ^{Aab}
15 mL L ⁻¹	225 g	26,00 ^{Aa}	6,34 ^{Aab}	19,74 ^{Aa}	0,68 ^{Aab}	0,32 ^{Aab}
30 mL L ⁻¹	<i>polybag</i> ⁻¹	21,57 ^{Aa}	4,24 ^{Ab}	16,07 ^{Aa}	0,74 ^{Aa}	0,26 ^{Ab}
45 mL L ⁻¹		31,93^{Aa}	7,29^{Aa}	19,84^{Aa}	0,63 ^{Cb}	0,37^{Aa}
F-Hitung		4,04 ^{**}	5,29 ^{**}	3,13 [*]	4,40 ^{**}	4,40 ^{**}
F-Tabel 5%		2,55				
F-Tabel 1%		3,76				

Keterangan: ** (berbeda sangat nyata), *(berbeda nyata); Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar dosis pupuk kascing, sedangkan huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata. Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar konsentrasi PGPR, sedangkan huruf besar yang berbeda menunjukkan berbeda nyata.

Pengaruh dosis pupuk kascing terhadap RLER sawi hijau

Pertumbuhan vegetatif sawi hijau ditandai dengan peningkatan luas daun yang berperan penting dalam mendukung kapasitas fotosintesis. Leaf expansion merupakan proses penambahan luas daun akibat pembelahan dan pembesaran sel yang dipengaruhi aktivitas fisiologis tanaman (Volkenburgh, 1999). **Gambar 1** menunjukkan nilai RLER dipengaruhi oleh dosis pupuk kascing dengan puncak laju

ekspansi daun terjadi pada fase awal pertumbuhan yaitu umur 8-14 HST. Perlakuan dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ menunjukkan nilai RLER tertinggi, terutama pada kombinasi konsentrasi PGPR 0 mL L⁻¹. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa ketersediaan unsur hara dan hormon pertumbuhan dari pupuk kascing berperan penting dalam mempercepat pembentukan dan perluasan daun (Ramdani et al., 2024).



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap RLER tanaman sawi hijau. **P1K1** : Konsentrasi PGPR 0 mL L⁻¹ dan dosis pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹, **P1K2** : Konsentrasi PGPR 0 mL L⁻¹ dan dosis pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹, **P1K3** : Konsentrasi PGPR 0 mL L⁻¹ dan dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹

Saat tanaman berumur 15–24 HST, nilai RLER cenderung stabil pada seluruh dosis pupuk kascing. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembelahan dan diferensiasi sel daun berlangsung secara aktif dan relatif seimbang. Kondisi ini dipengaruhi peningkatan kebutuhan N pada fase vegetatif tanaman sawi hijau (Damaita *et al.*, 2024). Saat memasuki fase akhir pengamatan (25–35 HST), nilai RLER mengalami penurunan dan cenderung konstan. Hal ini menggambarkan bahwa sebagian besar daun telah mencapai ukuran maksimum dan aktivitas pembelahan sel mulai menurun seiring bertambahnya umur (Rahman *et al.*, 2022). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk kascing, khususnya pada dosis tinggi mampu mempercepat fase ekspansi daun sehingga memperpendek waktu pencapaian

pertumbuhan vegetatif maksimum pada tanaman sawi hijau.

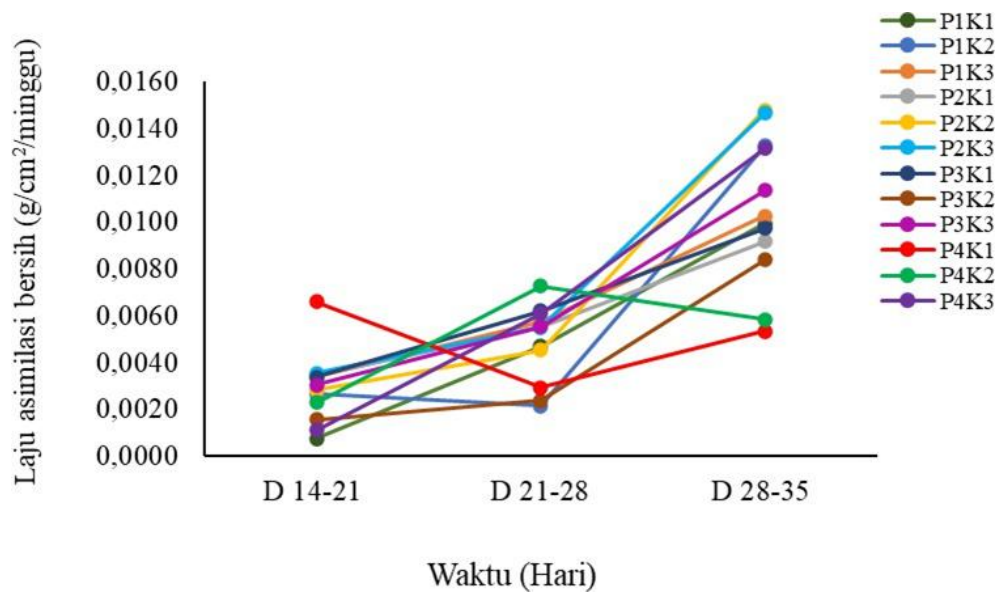
Pengaruh konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap LAB

Gambar 2 menunjukkan LAB tanaman sawi hijau pada berbagai perlakuan konsentrasi PGPR dengan dosis pupuk kascing selama interval waktu 14–21 HST, 21–28 HST, dan 28–35 HST. LAB merupakan perubahan bahan kering tanaman per satuan waktu per satuan luas daun (g cm⁻² hari⁻¹) (Huda *et al.*, 2026). Pada fase 14–21 HST, nilai LAB tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi PGPR 45 mL L⁻¹ dengan dosis pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan tanpa PGPR dengan dosis pupuk kascing yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas fotosintesis dan pembentukan biomasa pada fase awal dipengaruhi oleh ketersediaan hara dan dukungan aktivitas mikroorganisme. Pembentukan biomasa

tanaman berkaitan erat dengan hasil fotosintesis serta serapan hara dan air yang diolah dalam proses biosintesis (Simatupang et al., 2023).

Pupuk kascing yang kaya bahan organik berperan sebagai sumber energi bagi bakteri PGPR dapat meningkatkan ketersediaan N yang berperan penting dalam pembentukan protein, enzim, dan klorofil serta mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Tyasmoro, 2023; Rahman et al., 2022). Pada fase 21-28 HST, nilai LAB tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi PGPR 45 mL L⁻¹

dengan dosis pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan tanpa PGPR dengan dosis yang sama. Penurunan nilai LAB pada kombinasi PGPR 45 mL L⁻¹ dengan dosis pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹ dikarenakan ketidakseimbangan antara aktivitas mikroorganisme dan ketersediaan hara. Zulfah & Susilawati (2021) menyatakan aktivitas mikroorganisme yang terlalu tinggi, khususnya dalam produksi hormon IAA, dapat menghambat pertumbuhan tanaman apabila tidak diimbangi oleh ketersediaan unsur hara yang memadai.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing terhadap LAB tanaman sawi hijau. P1K1 (PGPR 0 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹); P1K2 (PGPR 0 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹); P1K3 (PGPR 0 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹); P2K1 (PGPR 15 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹); P2K2 (PGPR 15 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹); P2K3 (PGPR 15 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹); P3K1 (PGPR 30 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹); P3K2 (PGPR 30 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹); P3K3 (PGPR 30 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹); P4K1 (PGPR 45 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 75 g *polybag*⁻¹); P4K2 (PGPR 45 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹); P4K3 (PGPR 45 mL L⁻¹ dan pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹)

Pada fase akhir pengamatan (28-35 HST), nilai LAB meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan konsentrasi

PGPR 15 mL L⁻¹ dengan dosis pupuk kascing 150 g *polybag*⁻¹ dan 225 g *polybag*⁻¹. Kondisi ini menunjukkan bahwa

keseimbangan antara konsentrasi PGPR dan dosis pupuk kascing mampu mengoptimalkan penyerapan unsur hara dan proses fotosintesis. Kandungan unsur hara pupuk kascing, khususnya N dapat membantu tanaman memproduksi karbohidrat dan cadangan makanan (Manalu & Sugito, 2021). Sebaliknya, perlakuan konsentrasi PGPR tinggi (45 mL L⁻¹) dengan dosis pupuk kascing rendah hingga sedang menunjukkan nilai LAB yang lebih rendah, yang mengindikasikan penurunan efisiensi fotosintesis seiring bertambahnya umur tanaman. Laju asimilasi yang menurun seiring umur tanaman merupakan fenomena fisiologis yang umum terjadi dan berkaitan dengan perubahan alokasi biomassa yang lebih dominan ke akar (Khakim *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa interaksi antara konsentrasi PGPR 45 mL L⁻¹ dan dosis pupuk kascing 225 g *polybag*⁻¹ berpengaruh nyata terhadap berat segar akar, berat kering akar, berat kering total tanaman, SWR, dan RWR. Perlakuan konsentrasi PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, kadar klorofil, berat segar tajuk, berat segar total tanaman, dan berat kering tajuk, dengan konsentrasi 15 mL L⁻¹ direkomendasikan karena memberikan respon pertumbuhan vegetatif terbaik. Perlakuan dosis pupuk kascing

berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun, berat segar tajuk, berat segar total tanaman, dan berat kering tajuk, dengan dosis 225 g *polybag*⁻¹ direkomendasikan karena menghasilkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, I., Wardoyo, E.R.P., & Turnip, M. (2023). Kandungan serat kasar, klorofil A, B dan total sawi dayak, caisim dan pakcoy di Kota Pontianak Kalimantan Barat. *Protobiont*, 12(1), 9-13. Retrieved from: <https://doi.org/10.26418/protobiont.v12i1.66735>
- Amalia, D.A.L., Oedjijono., & Purwanto. (2020). Eksplorasi bakteri diazotrof dan rizosfer tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Brebes, Jawa Tengah. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(3), 463-477. Retrieved from: <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.3.3480>
- BPS. (2024). *Produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut provinsi dan jenis tanaman*. Retrieved from: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVVpqWTJsV05XTllhVmhRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-provinsidan-jenis-tanaman----2024.html?year=2024> (diakses pada 08 Agustus 2025)
- Candraningtyas, C.F., & Indrawan, M. (2023). Analisis efektivitas penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) untuk peningkatan pertanian berkelanjutan. *Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, 10(2), 88-99. Retrieved from: <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v10i2.48342>

- Coffiana, C.D. & Hartatik, S. (2021). Pengaruh komposisi media tanam dan PGPR (I) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa*) dalam Pot. *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 6(2), 138-145. Retrieved from: <https://doi.org/10.32528/IPTEKS.V6I2.5581>
- Damaita, I., Mustikarini, E.D., & Khodijah, N.S. (2024). Pemanfaatan pupuk kascing untuk meningkatkan produksi tanaman hortikultura. *Agroteksos*, 34(1), 116-123. Retrieved from: <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v34i1.1041>
- Firdausi, N., Muslihatin, W., & Nurhidayati, T. (2016). Pengaruh kombinasi media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap pH dan unsur hara fosfor dalam tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 2337-3520, Retrieved from: <https://doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.20634>
- Ghauts, M.N., Ramadhani, S., Ismanawati, S., Azzahra, N.S., Mutmainah, S., Arofatul A.B., Amalia, S., Aulia, D.A.N., Atkia, I.A., Yanti, A.I., Sena, M.A.A., Restiyawan, B.A., Dholifunnas, F.M., Assegaf, M., Arzak, M., & Suwondo, A. (2026). Inovasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) berbasis akar bambu dalam mendorong produktivitas dan kemandirian petani di berkelanjutan di Desa Wonongkidul, Gebang, Purworejo. *Krepa: Kreativitas pada Abdimas*, 7(7), 41-50. Retrieved from: <https://doi.org/10.34743/bmeqkn88>
- Hilman, A., Wijaya, D.P., Saidi, B., Budiyanto, A., & Adinandra, S. (2022). Sistem monitoring kelembaban tanah pada tanaman tebu (MONTABU) berbasis IoT. *AJJIE (Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship)*, 1(1), 1-13. Retrieved from: <https://doi.org/10.20885/ajie.vol6.iss1.art1>
- Huda, M., Nasrudin, N., Rosmala, A., Kaffah, R., & Dwiyani, M. (2026). Evaluation of biosaka spray for enhancing physiological traits and improving fruit quality in *Inodorus* melon. *Current Applied Science and Technology*, 26(6), e0267086. Retrieved from: <https://doi.org/10.55003/cast.2026.267086>
- Husnihuda, M.I., Sarwitri, R., & Susilowati, Y.E. (2017). Respon pertumbuhan dan hasil kubis bunga (*Brassica Oleracea* Var. Botrytis L.) pada pemberian PGPR akar bambu dan komposisi media tanam. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 2(1), 13-16. Retrieved from: <https://doi.org/10.31002/vigor.v2i1.321>
- Kartini, N.L., & Budaraga, I.K. (2020). *Pertanian organik penyelamat kehidupan*. Deepublish: Yogyakarta.
- Khakim, M., Pratiwi, S.H., & Basuki, N. (2019). Analisis pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada pola tanam SRI (*System of Rice Intensification*) dengan perbedaan umur bibit dan jarak tanam. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan* 3(1), 24-31. Retrieved from: <https://jamp-jurnal.unmerpas.ac.id/index.php/jamp/pertanian/article/view/30>
- Meena, R.K., Kumari, M., Koli, G.K., Meena, R.K., & Kiran, K. (2022). Leafy mustard: a healthy alternative to green vegetables. *Biotica Research Today*, 4(5), 376- 378. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/361523785_Leafy_Mustard_A_Healthy_Alternative_to_Green_Vegetables
- Leo, I.P., Udiyana, B.P., & Suryana, I.M. (2022). Respon tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) terhadap perlakuan pupuk kascing pada tanah lempung liat berpasir. *AGROFARM*, 1(1), 18-23. Retrieved from: <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/agrofarm/article/view/3951>

- Lumbanraja, G. (2019). Pengaruh pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Retrieved from: [https://repository.ub.ac.id/id/eprint/173221/1/GUNAWAN%20LUMBANRAJA%20\(2\).pdf](https://repository.ub.ac.id/id/eprint/173221/1/GUNAWAN%20LUMBANRAJA%20(2).pdf)
- Manalu, J.E. & Sugito, Y. (2021). Pengaruh dosis pupuk kascing dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 9(1), 79-85. Retrieved from: <https://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/1501>
- Mudrikah, S., Ayu, I.P.P., & Rahmatullah, R. (2024). Karakterisasi dan uji kemampuan fungi pelarut fosfat dan kalium. *Agriculture and Biological Technology (AGIOTECH)*, 2(1), 15-21. Retrieved from: <https://doi.org/10.61761/agiotech.2.1.15-21>
- Paiman. (2022). *Pertumbuhan dan perkembangan tanaman*. UPY Press: Yogyakarta.
- Rachmat, R., Bororing, S., Ramli, R., & Aziz, A.H. (2021). Pengaruh pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) akar bambu pada pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agrisistem*, 17(1), 19-24. Retrieved from: <https://doi.org/10.52625/j-agr.v17i1.186>
- Rahman, H.D., Nasrudin, N., Saleh, I. (2022). Respons pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun jepang akibat pengurangan dosis pupuk urea, SP-36, dan KCl. *Agroteknika*, 5(2), 107-117. Retrieved from: <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i2.156>
- Rahmayanti, M.F.A. (2023). Pengaruh aplikasi *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dan pupuk kandang kambing untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium cepa* L.) varietas Lokananta. *Jurnal Zuriat*, 34(1), 10-24. Retrieved from: <https://doi.org/10.24198/zuriat.v34i1.46670>
- Ramdani, D., Nasrudin, N., & 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. Retrieved from: <https://doi.org/10.47687/jt.v15i2.780>
- Sanda, N. & Syam, N. (2018). Efektivitas penggunaan pupuk organik kascing dan pupuk organik cair pada pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill). *Jurnal Agrotek*, 2(1), 16-27. Retrieved from: <https://doi.org/10.33096/agrotek.v2i1.41>
- Simatupang, N., Nazirah, L., Nurdin, M.Y., Jamidi, & Nazaruddin, M. (2023). Laju asimilasi bersih dan laju tumbuh relatif beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L.) akibat aplikasi bakteri Rhizobium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 2(4), 90-93. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.29103/jimatek.v2i4.18315>
- Suhastyo, A.A., & Raditya, F.T. (2021). Pengaruh pemberian pupuk cair daun kelor dan cangkang telur terhadap pemberian pertumbuhan sawi samhong (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 6(1), 1-6. Retrieved from: <https://doi.org/https://doi.org/10.24853/jat.6.1.1-6>
- Suthar, S. (2009). Vermicompost: microbial status and their significance during composting and field application. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(2), 210-228. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/10440040802603894>
- Tambunan, S., Handayanto, E., & Siswanto, B. (2014). Pengaruh aplikasi bahan

- organik segar dan biochar terhadap ketersediaan P dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 89-98. Retrieved from: <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/103>
- Tobing, L., & Lucky, M. (2025). Pengaruh pupuk kascing terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) di tanah PMK. *Ziraa'ah*, 50(2), 532-538. Retrieved from: <https://doi.org/10.31602/zmip.v50i2.18658>
- Tyasmoro, S.Y. (2023). *Pertanian organik penerapan pupuk organik menuju pertanian berkelanjutan*. UB Press: Malang.
- Useche, A., & Shipley, B. (2009). Interspecific correlates of plasticity in relative growth rate following a decrease in nitrogen availability. *Annals of Botany*, 105(2), 333-339. Retrieved from: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp284>
- Widuri, L.I., Lakitan, B., Hasmeda, M., Sokidin, E., Wijaya, A., Meihana, M., Kartika, K., & Siaga, E. (2017). Relative leaf expansion rate and other leaf related indicators for detection of drought stress in chili pepper (*Capsicum annum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 11(12), 1617-1625. Retrieved from: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne800>
- Widuri, L.I., Lakitan, B., Sakagami, J., Yabuta, S., Kartika, K., & Sinaga, E. (2020). Short-term drought exposure decelerated growth and photosynthetic activities in chili pepper (*Capsicum annum* L.). *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 149-158. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.002>
- Widyaningsih, A., Khotimah, S., & Rahmawati. (2025). Potensi pemberian bakteri penghasil IAA (*Pseudomonas* sp. IAA1 dan *Bacillus* sp. IAA2) terhadap perkecambahan *Zea mays* saccharata Sturt. *Life Science*, 14(1), 40-46. Retrieved from: <https://doi.org/10.15294/unnesjilifesci.v14.i1.2214>
- Volkenburgh, E.V. (1999). Leaf expansion-an integrating plant behaviour. *Plant, Cell, and Environment*, 22(12), 1463-1473. Retrieved from: <https://doi.org/10.1046/j1365-3040.1999.00514.x>
- Zulfah, N., & Susilawati, I.O. (2021). Review article: endophytic bacteria as indole acetic acid (IAA) producer and biocontrol agents in plants. *Bioma*, 16(2), 60-67. Retrieved from: [https://doi.org/10.21009/Bioma16\(2\).3](https://doi.org/10.21009/Bioma16(2).3)