AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture, 17 (2): 170-186 (2024)
URL: https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/Agr/article/view/4657
DOI: https://doi.org/10.37478/agr.v17i2.4657

Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) melalui Optimalisasi Perendaman Benih dalam Larutan PGPR serta Penerapan Dosis Pupuk NPK

Optimization of Seed Soaking in PGPR Solution and NPK Fertilizer Dosage to Improve Growth and Yield of Mustard Greens (Brassica juncea L.)

Abdul Haris*, Suherah, Abdul Akbar dan Alfirayanti
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia Makassar, Jl. Urip Sumoharjo KM. 5
*Email Correspondence: Abdul.haris@umi.ac.id

Info Artikel Diterima: 24/08/2024 Direvisi: 12/10/2024 Disetujui: 15/12/2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lama perendaman benih dalam larutan Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR) dan dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). Penelitian dilakukan pada April hingga Mei 2024 di Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial dua faktor, yaitu lama perendaman benih dalam larutan PGPR dan dosis pupuk NPK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama perendaman benih dalam larutan PGPR secara signifikan mempengaruhi perkecambahan, di mana perendaman selama 15 menit memberikan hasil terbaik dengan persentase perkecambahan mencapai 99,98%. Selain itu, kombinasi lama perendaman benih dan dosis pupuk NPK juga mempengaruhi tinggi tanaman dan hasil tanaman.

KATA KUNCI: Perendaman benih, Pertumbuhan tanaman, PGPR, Pupuk NPK, Sawi hijau

ABSTRACT

This study aimed to assess the impact of seed soaking duration in a Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR) solution and the application rate of NPK fertilizer on the growth performance of mustard greens (Brassica juncea L.). Conducted between April and May 2024 in Takalar Regency, South Sulawesi, the research utilized a Randomized Block Design (RBD) with a two-factor factorial arrangement: the soaking duration in the PGPR solution and the NPK fertilizer dosage. The findings revealed that soaking duration in the PGPR solution had a significant effect on seed germination, with a 15-minute soak producing the highest germination rate at 99.98%. Furthermore, the interaction between soaking duration and NPK fertilizer dosage influenced plant height and overall yield.

KEYWORDS: Mustard greens, NPK fertilizer, PGPR, Plant growth, Seed soaking

Cite this as: Abdul Haris, Suherah, Abdul Akbar dan Alfirayanti. (2024). *Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau (Brassica juncea L.) melalui Optimalisasi Perendaman Benih dalam Larutan PGPR serta Penerapan Dosis Pupuk NPK*. Agrica: Journal of Sustainable Agriculture, 17(2), 170-186
doi: https://doi.org/10.37478/agr.v17i2.4657

Copyright (c) 2024 Abdul Haris, Suherah, Abdul Akbar dan Alfirayanti. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu jenis sayuran daun yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Sawi hijau mengandung banyak nutrisi penting seperti vitamin A, C, dan K, serta mineral seperti kalsium dan zat besi, sehingga menjadi komoditas penting dalam mendukung gizi masyarakat (Tian & Deng, 2020).

Dalam konteks pertanian, sawi hijau memiliki siklus panen yang relatif pendek, sehingga cocok untuk dikembangkan oleh petani skala kecil maupun besar. Namun, untuk memenuhi

permintaan pasar yang terus meningkat, diperlukan teknik budidaya yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen (Kashyap et al., 2023).

Salah satu tantangan utama dalam budidaya sawi hijau adalah rendahnya efisiensi penyerapan nutrisi tanaman akibat kondisi lingkungan yang kurang optimal. Faktor seperti kurangnya ketersediaan unsur hara di tanah dan teknik budidaya yang kurang tepat sering kali menjadi penghambat (Gadpayale et al., 2022; Farooq et al., 2023). Penggunaan pupuk kimia seperti NPK telah lama diterapkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, namun dalam praktiknya, sering terjadi ketidakseimbangan dosis yang dapat menyebabkan kerusakan tanah dan penurunan kualitas lingkungan (Singh et al., 2021).

Perkembangan teknologi pertanian saat ini memberikan peluang untuk memanfaatkan mikroorganisme seperti Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR). PGPR merupakan bakteri yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme, seperti meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan fitohormon, dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan (Saad et al., 2021; Tan et al., 2021). Penggunaan PGPR sebagai perlakuan awal melalui perendaman benih telah terbukti meningkatkan vigor tanaman dan efisiensi penggunaan pupuk pada berbagai jenis tanaman hortikultura (Liu et al., 2021).

Meskipun banyak penelitian menunjukkan manfaat penggunaan PGPR dan pupuk NPK secara terpisah, studi yang mengintegrasikan kedua pendekatan ini dalam budidaya sawi hijau masih sangat terbatas (Inturrisi et al., 2020). Sebagian besar penelitian lebih fokus pada tanaman pangan utama, seperti padi dan jagung, sementara studi terkait tanaman sayuran daun seperti sawi hijau belum banyak dieksplorasi (Archana et al., 2020). Selain itu, informasi mengenai dosis optimal pupuk NPK yang digunakan bersama dengan PGPR untuk mencapai hasil maksimal pada sawi hijau juga masih menjadi celah penelitian yang perlu diisi (Huynh, 2023).

Dengan demikian, diperlukan kajian yang komprehensif untuk mengintegrasikan perlakuan perendaman benih dalam larutan PGPR dengan penerapan dosis pupuk NPK yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi sawi hijau melalui kombinasi teknologi tersebut, sehingga dapat memberikan solusi berkelanjutan bagi peningkatan produktivitas tanaman sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Lahan Kelompok Wanita Tani (KWT) Nirannuang, yang terletak di Kelurahan Panrannuangku, Kecamatan Polongbangkeng Utara (Polut), Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, pada periode April hingga Mei 2024.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih sawi hijau (Varietas Kumala benih Pertiwi), PGPR, pupuk NPK (Phonska), pupuk kandang bebek, media tanam tanah, air, pestisida

(Sempurna D Super), serta polybag dengan ukuran 30x40 cm. Alat yang digunakan antara lain pisau, meteran, timbangan, kayu plat, hand sprayer, nampan persemaian, baskom, ember, kamera HP, dan alat tulis lainnya.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial yang terdiri dari dua faktor utama.

1. **Faktor lama perendaman benih dalam larutan PGPR (P)**
   P0: Tanpa perendaman benih dalam larutan PGPR
   P1: Perendaman benih dalam larutan PGPR selama 5 menit
   P2: Perendaman benih dalam larutan PGPR selama 10 menit
   P3: Perendaman benih dalam larutan PGPR selama 15 menit
2. **Faktor pupuk NPK (N)**
   N0: Tanpa pemberian pupuk NPK
   N1: Pemberian pupuk NPK sebanyak 7,5 g per tanaman
   N2: Pemberian pupuk NPK sebanyak 10 g per tanaman
   N3: Pemberian pupuk NPK sebanyak 15 g per tanaman

Perlakuan ini memiliki 4 taraf, sehingga kombinasi perlakuannya menghasilkan 16 kombinasi (table 1). Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dalam 3 ulangan, dengan setiap ulangan menggunakan 48 polybag, sehingga total jumlah polybag yang digunakan dalam percobaan adalah 144 polybag.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan perendaman larutan PGPR dan pemberian pupuk NPK pada tanaman sawi hijau

PGPR (P)	**NPK**			
	N0	N1	N2	N3
P0	P0N0	P0N1	P0N2	P0N3
P1	P1N0	P1N1	P1N2	P1N3
P2	P2N0	P2N1	P2N2	P2N3
P3	P3NO	P3N1	P3N2	P3N3

Data pengamatan dari setiap perlakuan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA). Jika nilai F hitung lebih besar dari F tabel, maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umur Kecambah (HSS)

Hasil pengamatan umur berkecambah benih tanaman sawi hijau dengan perendaman benih dalam larutan PGPR setelah dianalisis menunjukan bahwa secara aplikasi PGPR berpengaruh nyata terhadap umur berkecambah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu perendaman benih sawi hijau dalam larutan PGPR berpengaruh signifikan terhadap umur berkecambah (HSS). Berdasarkan Tabel 2, rata-rata umur berkecambah benih sawi hijau pada perlakuan tanpa perendaman (P0) adalah 3,03 hari, sedangkan pada perendaman selama 15 menit (P1) justru menunjukkan waktu berkecambah paling lama yaitu 3,20 hari. Sebaliknya, benih yang direndam selama 30 menit

(P2) menunjukkan waktu berkecambah yang sedikit lebih cepat dengan rata-rata 3,00 hari. Perlakuan dengan perendaman terlama, yaitu 45 menit (P3), menghasilkan waktu berkecambah paling cepat, yakni 2,40 hari. Perendaman benih sawi hijau dalam larutan PGPR selama 2, 4 dan 6 jam dapat mempercepat dan meningkatkan persentase perkecambahan (Inri et al. 2019).

Tabel 2. Rata-rata Umur Berkecambah (HSS) Tanaman Sawi Hijau Pada Perlakuan Lama Perendaman Benih Dalam Larutan PGPR (Hari)

PGPR (Menit)	**Rata-rata**
P0	3,03[a]
P1	3,20[b]
P2	3,00[a]
P3	2,40[a]
KK : 11,32%	**NP BNJ : 0,70**

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%

Koefisien keragaman (KK) dari percobaan ini adalah 11,32%, dengan perbedaan antarperlakuan yang signifikan berdasarkan uji BNJ pada taraf 5% dan nilai kritis (NP) sebesar 0,70. Hasil ini menunjukkan bahwa lama perendaman benih dalam larutan PGPR mempengaruhi kecepatan berkecambahnya benih sawi hijau, di mana perendaman selama 45 menit memberikan hasil yang paling optimal dalam mempercepat proses berkecambah. Hal ini mungkin disebabkan oleh pengaruh positif PGPR dalam merangsang aktivitas mikroba yang menguntungkan, meningkatkan ketersediaan nutrisi, atau memproduksi zat pemacu pertumbuhan tanaman yang mempercepat proses perkecambahan. Umur berkecambah (HSS) pada sawi hijau dipengaruhi oleh perendaman benih dalam larutan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), mikroorganisme yang mendukung pertumbuhan tanaman (Triani & Gunam, 2022).

Sebaliknya, hasil yang lebih lama pada perendaman selama 15 menit (P1) menunjukkan bahwa waktu perendaman yang terlalu singkat belum cukup untuk memicu proses biokimia yang diperlukan untuk mempercepat perkecambahan. Perlakuan kontrol (P0) dan perendaman 30 menit (P2) menunjukkan hasil yang hampir sama, yang menunjukkan bahwa diperlukan waktu perendaman minimum tertentu untuk melihat peningkatan signifikan dalam kecepatan perkecambahan. HSS yang lebih pendek biasanya berkaitan dengan pertumbuhan tanaman yang lebih baik, Penurunan HSS dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi sawi hijau, menunjukkan bahwa kecepatan berkecambah mempengaruhi hasil akhir tanaman (Nadjua and Darmansyah 2021). Perlakuan PGPR yang efektif dapat meningkatkan produktivitas sawi hijau.

Kombinasi antara lama perendaman benih dalam PGPR dan kualitas media tanam merupakan faktor kunci yang menentukan umur berkecambah sawi hijau, karena keduanya berperan penting dalam mendukung pertumbuhan awal tanaman (Togatorop 2024).

Presentase Perkecambahan (%)

Hasil pengamatan presentase perkecambahan benih tanaman sawi hijau dengan perendaman benih dalam larutan PGPR setelah dianalisis menunjukan bahwa secara aplikasi PGPR berpengaruh nyata terhadap parameter presentase perkecambahan.

Tabel 3. Rata-rata Presentase Perkecambahan (%) Tanaman Sawi Hijau Pada Perlakuan Lama Perendaman Benih Dalam Larutan PGPR (Hari)

PGPR (Menit)	Rata-rata
P0	88,89[b]
P1	92,05[ab]
P2	98,61[a]
P3	99,98[a]
KK: 4,37%	**NP BNJ: 10,90**

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa persentase perkecambahan biji sawi hijau mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya lama perendaman dalam larutan PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria). Pada perlakuan P0 (tanpa perendaman), rata-rata persentase perkecambahan adalah 88,89%. Perlakuan P1 (perendaman untuk waktu yang lebih singkat) menghasilkan rata-rata persentase perkecambahan sebesar 92,05%. Peningkatan lebih signifikan terlihat pada perlakuan P2, di mana rata-rata persentase perkecambahan mencapai 98,61%. Perlakuan P3 (perendaman terlama) menunjukkan hasil tertinggi dengan rata-rata 99,98%.

Hasil ini menunjukkan adanya pengaruh positif dari perendaman benih dalam larutan PGPR terhadap perkecambahan biji sawi hijau, di mana semakin lama perendaman, semakin tinggi persentase perkecambahan yang dicapai. Namun, berdasarkan uji BNJ 5%, terlihat bahwa perlakuan P1, P2 dan P3 tidak berbeda nyata satu sama lain, meskipun mereka berbeda nyata dengan P0. Efektivitas pupuk NPK dalam mendorong pertumbuhan tanaman telah terbukti, dengan aplikasi NPK seimbang yang meningkatkan aktivitas metabolik tanaman, sehingga mendukung pembelahan dan pemanjangan sel, terutama pada tahap awal pertumbuhan (Mahmud et al., 2022). Hal ini berarti bahwa perendaman dengan durasi tertentu dapat mencapai hasil optimal tanpa perlu memperpanjang durasi perendaman lebih lanjut, yang pada akhirnya bisa efisien dalam proses budidaya. PGPR, seperti *Bacillus safensis*, dapat meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman dengan memperbaiki penyerapan nutrisi dan aktivitas mikroba yang menguntungkan,

terutama dalam kondisi stres (Nazli et al., 2021).

Koefisien keragaman (KK) sebesar 4,37% menunjukkan bahwa data yang diperoleh memiliki keragaman yang rendah dan konsisten, sementara nilai NP (Nilai Perbedaan) BNJ sebesar 10,90 menegaskan batas minimal perbedaan yang dianggap signifikan dalam uji ini. kombinasi NPK yang optimal dapat secara signifikan meningkatkan persentase perkecambahan dan pertumbuhan selanjutnya dari berbagai spesies Brassica, termasuk Brassica juncea (Ghalib & Ghassan, 2023). Interaksi antara PGPR dan pupuk NPK bisa bersifat sinergis; misalnya, aplikasi gabungan pupuk organik dan anorganik telah terbukti memperbaiki sifat tanah dan ketersediaan nutrisi, yang pada gilirannya meningkatkan metrik pertumbuhan tanaman, termasuk tingkat perkecambahan (Geremew et al., 2021). Lama waktu perendaman benih dalam larutan PGPR berpengaruh pada perkecambahan. Perendaman lebih lama meningkatkan kolonisasi benih oleh mikroba yang menguntungkan, memperbaiki kondisi fisiologis benih, dan meningkatkan tingkat perkecambahan. Teknik priming benih, seperti perendaman dalam larutan nutrisi, terbukti meningkatkan vigor dan kecepatan perkecambahan, terutama dalam kondisi lingkungan yang sulit (Shekhawat et al., 2012; Rather et al., 2020).

Tinggi Tanaman (cm)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa lama perendaman benih tanaman sawi hijau memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap parameter tinggi tanaman sawi hijau. Sementara itu, pemupukan NPK tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter tinggi tanaman.

Tabel 4. Rata-Rata Tinggi Tanaman Sawi Pada Perlakuan Perendaman Larutan PGPR dan Pemberian Pupuk NPK

PGPR	Pupuk NPK				Rata-rata	NP BNJ 5%
	N0	N1	N2	N3		
P0	23,57	20,89	23,33	24,20	22,99[b]	
P1	23,33	25,17	24,24	23,31	24,01[a]	2,19
P2	22,59	23,14	24,06	23,52	23,32[a]	
P3	25,48	26,00	26,39	27,33	26,3[a]	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai-nilai tersebut tidak signifikan berdasarkan uji BNJ 5%.

Tabel 4 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman sawi hijau pada berbagai perlakuan perendaman dalam larutan PGPR dan pemberian pupuk NPK. Data ini menunjukkan adanya variasi tinggi tanaman sawi yang dipengaruhi oleh kombinasi perlakuan PGPR dan dosis pupuk NPK yang diterapkan.

Pada perlakuan P0 (tanpa perendaman dalam larutan PGPR), tinggi tanaman bervariasi dari 20,89 cm (tanpa pupuk NPK, N0) hingga 24,20 cm (dengan dosis tertinggi NPK, N3). Rata-rata tinggi tanaman untuk perlakuan P0 adalah 22,99 cm, yang secara statistik berbeda nyata (menurut uji BNJ 5%) dari perlakuan lainnya. Pertumbuhan tanaman sawi hijau dipengaruhi oleh lama perendaman benih dalam larutan PGPR dan dosis pupuk NPK. PGPR, bakteri tanah yang bermanfaat, meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon yang merangsang perkembangan tanaman dan memperbaiki penyerapan nutrisi (Yanti et al., 2019; Konappa et al., 2020; Jeon et al., 2022). Aplikasi PGPR meningkatkan tinggi tanaman dengan memperbaiki perkembangan akar dan vigor tanaman, penting pada tahap awal pertumbuhan spesies *Brassica* (El–Mageed et al., 2022; Lopes et al., 2020).

Pada perlakuan P1 (perendaman pendek dalam larutan PGPR), tinggi tanaman berkisar antara 23,31 cm hingga 25,17 cm, dengan rata-rata tinggi sebesar 24,01 cm. Perlakuan P2 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman yang lebih rendah (23,32 cm), meskipun masih lebih tinggi dari P0, dengan kisaran tinggi tanaman antara 22,59 cm hingga 23,52 cm. Perlakuan P3, yang Lama perendaman benih dalam larutan PGPR mempengaruhi efisiensi kolonisasi bakteri pada benih dan akar dan produksi hormon pertumbuhan yang lebih baik (Riddech et al., 2021; Jeon et al., 2021).

Perendaman benih dalam larutan PGPR dengan durasi terlama menunjukkan hasil terbaik, dengan rata-rata tinggi tanaman mencapai 26,3 cm. Pada perlakuan ini, terlihat bahwa pemberian pupuk NPK juga berdampak signifikan, di mana kombinasi P3 dan N3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi sebesar 27,33 cm. Perendaman benih dalam PGPR yang lebih lama meningkatkan biomassa tunas dan akar, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yang tidak dirawat. Ini terutama berdampak pada *Brassica juncea*, di mana interaksi dengan PGPR mempengaruhi metrik pertumbuhan seperti tinggi tanaman (Desoignies et al., 2012; Ec et al., 2019; Sharf et al., 2021).

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi perendaman dalam larutan PGPR dengan pemberian pupuk NPK berkontribusi secara positif terhadap peningkatan tinggi tanaman sawi. Rata-rata tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan P3, yang menunjukkan efektivitas maksimal dari perlakuan PGPR dan NPK. Berdasarkan uji BNJ 5% dengan nilai NP sebesar 2,19, terlihat bahwa perbedaan tinggi tanaman antara perlakuan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata satu sama lain, namun berbeda nyata dengan P0, menunjukkan bahwa penggunaan PGPR dan NPK sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman sawi. Dosis pupuk NPK juga memainkan peran penting dalam pertumbuhan

tanaman. Pupuk NPK menyediakan nutrisi esensial yang vital untuk perkembangan tanaman. kombinasi NPK yang optimal dapat meningkatkan tinggi tanaman secara signifikan dengan mempromosikan aktivitas metabolik yang memfasilitasi pembelahan dan pemanjangan sel (Noumavo et al., 2013; Misra et al., 2012). Efek sinergis dari kombinasi PGPR dengan dosis pupuk NPK yang tepat dapat memaksimalkan respons pertumbuhan, termasuk tinggi tanaman, karena nutrisi mendukung proses fisiologis yang ditingkatkan oleh PGPR (Hirooka et al., 2016; Akintokun et al., 2020).

Selain itu, interaksi antara PGPR dan pupuk NPK dapat meningkatkan kandungan klorofil dan efisiensi fotosintesis, yang berkontribusi pada peningkatan tinggi tanaman (Xu et al., 2017; Carvalho et al., 2013). Aplikasi PGPR bersamaan dengan pupuk NPK dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan keseluruhan spesies *Brassica*, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi dan potensi hasil yang lebih baik (Suryanti & Umami, 2020; Pii et al., 2018).

Jumlah Daun (Helai)

Hasil analisis sidik ragam yang telah diuji menunjukan bahwa perlakuan lama perendaman benih menggunakan larutan PGPR dan dosispupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau memberikan pengaruh tidak nyata terhadap parameter jumlah daun.

Tabel 5. Rata-rata Jumlah Daun (Helai) Sawi Hijau Pada Perlakuan Perendaman Larutan PGPR dan Pemberian Pupuk NPK

PGPR	Pupuk NPK				Rata-rata	NP BNJ 5%
	N0	N1	N2	N3		
P0	18,70	14,22	15,22	14,44	14,80[a]	
P1	14,56	17,44	17,44	14,78	15,10[a]	3,06
P2	13,44	15,00	20,33	17,33	15,46[a]	
P3	15,78	17,33	17,89	21,33	16,62[a]	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%

Tabel 5 menunjukkan variasi jumlah daun pada tanaman sawi hijau tergantung pada perlakuan perendaman dalam larutan PGPR dan dosis pupuk NPK. Perlakuan P0, yang tidak menggunakan PGPR, menghasilkan jumlah daun berkisar antara 14,44 hingga 18,70 helai, dengan rata-rata 14,80 helai. Meskipun tanaman tetap menghasilkan daun, hasil yang diperoleh tidak optimal tanpa bantuan PGPR. Perendaman benih dalam PGPR yang lebih lama meningkatkan kolonisasi bakteri, yang memperbanyak jumlah daun dengan meningkatkan penyerapan nutrisi dan keseimbangan hormon tanaman (Shafi & Farooq, 2021; Ahmad et al., 2018).

Perlakuan P1 menunjukkan peningkatan jumlah daun dibandingkan

P0, dengan rata-rata 15,10 helai dan jumlah daun berkisar dari 14,56 hingga 17,44 helai. Walaupun ada peningkatan, hasilnya belum mencapai potensi maksimal yang diharapkan. Perlakuan P2 memberikan hasil yang lebih baik dengan rata-rata 15,46 helai daun, terutama pada kombinasi dosis N2 yang menghasilkan 20,33 helai, jumlah tertinggi di antara semua perlakuan. Dosis pupuk NPK juga penting untuk jumlah daun pada Brassica juncea. Pupuk NPK mendukung pertumbuhan dengan meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel, sehingga meningkatkan produksi daun (Tahish, 2013; Bhat, 2023). Kombinasi PGPR dengan dosis pupuk NPK yang tepat dapat memaksimalkan pertumbuhan, termasuk jumlah daun, karena nutrisi mendukung proses fisiologis yang ditingkatkan oleh PGPR (Mazumder et al., 2020). Efek sinergis dari kombinasi PGPR dengan dosis pupuk NPK yang tepat telah terbukti memaksimalkan respons pertumbuhan, termasuk jumlah daun, karena nutrisi mendukung proses fisiologis yang ditingkatkan oleh PGPR (Bhattacharyya et al., 2020).

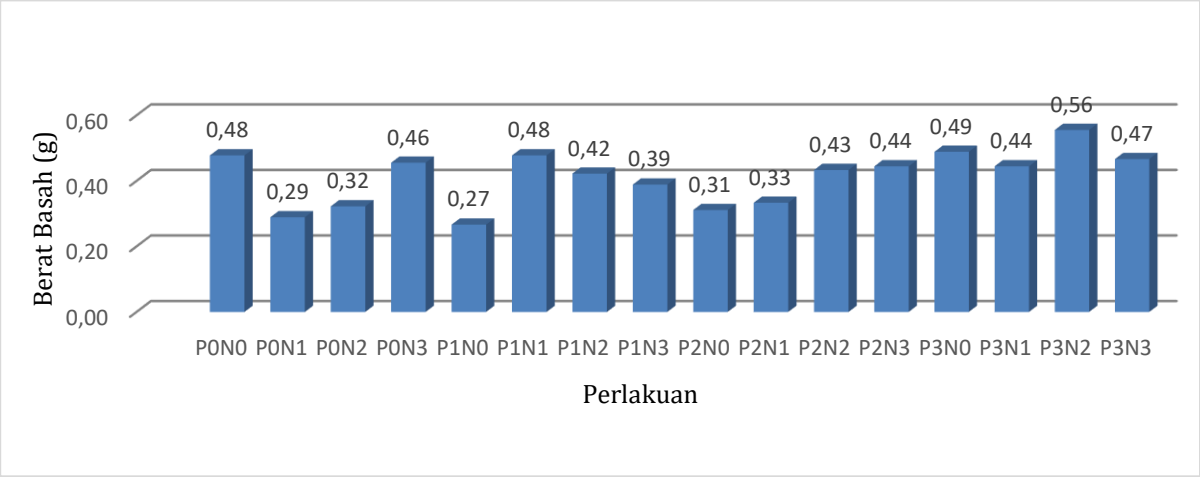
Perlakuan P3 menunjukkan hasil tertinggi dengan rata-rata 16,62 helai daun, dan dosis N3 menghasilkan jumlah maksimum 21,33 helai daun. Ini mengindikasikan bahwa perendaman dalam PGPR yang lama dan dosis NPK optimal sangat efektif dalam meningkatkan jumlah daun. Meskipun perlakuan P3 memberikan hasil terbaik, uji BNJ 5% menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antara semua perlakuan. Namun, optimalisasi perlakuan tetap penting untuk mencapai hasil maksimal dalam budidaya sawi hijau. Pertumbuhan sawi hijau dipengaruhi oleh lama perendaman benih dalam PGPR dan dosis pupuk NPK, terutama jumlah daunnya. PGPR meningkatkan jumlah daun melalui produksi fitohormon yang mendukung perkembangan daun dan penyerapan nutrisi (Mishra et al., 2020; Akhtar et al., 2021). aplikasi PGPR bersama NPK dapat memperbesar area dan jumlah daun pada spesies *Brassica*, meningkatkan vigor tanaman dan potensi hasil (Ashiq et al., 2022; Das, 2021; He et al., 2022).

Berat Basah Per Rumpun (g)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perendaman benih dalam larutan PGPR dan dosis pupuk NPK tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter berat basah per rumpun tanaman sawi hijau.

Hasil penelitian pada gambar 1 menunjukkan adanya variasi dalam rata-rata berat basah per rumpun sawi hijau pada minggu ke-4 setelah perlakuan perendaman dalam larutan PGPR dan pemberian pupuk NPK. Perlakuan tanpa perendaman benih dalam larutan PGPR dan tanpa pemberian pupuk NPK menghasilkan hasil yang berbeda dibandingkan dengan perlakuan lainnya (P0N0) menghasilkan berat basah sebesar 0,48 g, yang merupakan salah satu nilai tertinggi di antara kelompok tanpa PGPR. Namun, penambahan NPK pada perlakuan P0N1 dan P0N2 justru menyebabkan penurunan berat basah menjadi masing-masing 0,29 g dan 0,32 g, meskipun kembali meningkat pada P0N3 dengan 0,48 g. Perlakuan dengan perendaman PGPR maksimal (P3) menunjukkan hasil yang lebih konsisten dalam peningkatan berat basah, di mana

P3N2 menghasilkan berat basah tertinggi sebesar 0,56 g.



Gambar 1 Rata-Rata Berat Basah per Rumpun (g) Sawi Hijau pada Minggu ke-4 Berdasarkan Perlakuan Perendaman Larutan PGPR dan Pemberian Pupuk NPK.

Data menunjukkan bahwa perendaman dalam larutan PGPR dan pemberian pupuk NPK mempengaruhi berat basah tanaman sawi hijau secara signifikan. Tanaman yang tidak direndam dalam PGPR (P0) tetapi diberi dosis tertinggi NPK (N3) mampu mencapai berat basah yang sama dengan perlakuan tanpa NPK (N0), mengindikasikan bahwa efek dari PGPR bisa menjadi kunci penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk NPK. Pada perlakuan tanpa PGPR dan NPK rendah hingga sedang (P0N1 dan P0N2), terjadi penurunan berat basah, yang menunjukkan bahwa kombinasi ini tidak mendukung pertumbuhan optimal. PGPR meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon seperti auksin, gibberelin, dan sitokinin, yang penting untuk perkembangan daun dan morfologi tanaman. Aplikasi PGPR meningkatkan jumlah daun dengan memperbaiki pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi. PGPR meningkatkan berat basah tanaman dengan memperbaiki penyerapan nutrisi dan meningkatkan biomassa akar (Makombe & Gwisai, 2018; Pimentel et al., 2020). Gabungan PGPR dan pupuk NPK, serta penggunaan amendemen organik, dapat meningkatkan berat basah *Brassica* dengan memperbaiki kesehatan tanah dan ketersediaan nutrisi (Handiseni et al., 2015; Jugulam & Hall, 2013).

Sementara itu, perendaman dalam larutan PGPR selama periode yang lebih lama (P3) secara konsisten menghasilkan peningkatan berat basah, terutama pada kombinasi dengan dosis NPK sedang (P3N2), yang memberikan hasil terbaik. Ini menunjukkan bahwa perendaman PGPR yang optimal dapat memaksimalkan efek positif dari NPK, sehingga tidak selalu diperlukan dosis pupuk tertinggi untuk mencapai hasil terbaik. Kombinasi perendaman PGPR dan pemberian NPK pada dosis yang tepat penting untuk meningkatkan hasil

panen sawi hijau secara efisien, dengan memperhatikan keseimbangan antara durasi perendaman dan dosis pupuk yang diberikan. Perendaman benih dalam larutan PGPR untuk waktu lama meningkatkan kolonisasi bakteri bermanfaat, yang memperbaiki penyerapan nutrisi dan air. Ini penting untuk pertumbuhan *Brassica juncea*, meningkatkan biomassa dan berat basah tanaman (Zhao et al., 2020; Darini et al., 2023). Kombinasi aplikasi PGPR dan durasi perendaman yang optimal dapat secara signifikan meningkatkan berat basah tanaman dibandingkan kontrol yang tidak dirawat (Owusu-Sekyere, 2020; Mazumder et al., 2020). Pendekatan ini meningkatkan biomassa tanaman dan Mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Lasmini et al., 2018; Sihombing et al., 2021).

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa perendaman benih dalam larutan PGPR selama 15 menit merupakan durasi optimal yang memberikan pengaruh positif terhadap perkecambahan benih sawi hijau, dengan persentase hampir mencapai 100%. Selain itu, kombinasi perendaman benih dalam PGPR dan dosis pupuk NPK yang tepat berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau. Hasil ini menunjukkan pentingnya penggunaan PGPR dan pemupukan NPK dalam teknik budidaya yang lebih efisien dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua tim peneliti dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, P., Allah, E., Alyemeni, M., Wijaya, L., Alam, P., Bhardwaj, R., & Siddique, K. (2018). Exogenous application of calcium to 24-epibrassinosteroid pre-treated tomato seedlings mitigates nacl toxicity by modifying ascorbate–glutathione cycle and secondary metabolites. Scientific Reports, 8(1). https://doi.org/10.1038/s41598-018-31917-1

Akhtar, N., Ilyas, N., Yasmin, H., Sayyed, R., Hasnain, Z., Elsayed, E., & Enshasy, H. (2021). Role of bacillus cereus in improving the growth and phytoextractability of brassica nigra (l.) k. koch in chromium contaminated soil. Molecules, 26(6), 1569. https://doi.org/10.3390/molecules26061569

Akintokun, P., Ezaka, E., Akintokun, A., & Oyedele, O. (2020). Effects of two rhizobacteria inoculants on maize growth performance at different concentrations of glyphosate. Nigerian Journal of Biotechnology, 37(1), 21-37. https://doi.org/10.4314/njb.v37i1.3

Archana, N., Saini, N., Yadav, R., & Suprasanna, P. (2020). A potential seedling-stage evaluation method for heat tolerance in indian mustard (brassica juncea l. czern and coss). 3 Biotech, 10(3). https://doi.org/10.1007/s13205-020-2106-9

Ashiq, S., Edwards, S., Watson, A., Blundell, E., & Back, M. (2022). Antifungal effect of brassica tissues on the mycotoxigenic cereal pathogen fusarium graminearum. Antibiotics,

11 (9), 1249. https://doi.org/10.3390/antibiotics11091249

Bhat, P. (2023). Rhizosphere metagenome analysis and wet-lab approach to derive optimal strategy for lead remediation in situ. J Emerg Invest. https://doi.org/10.59720/22-274

Bhattacharyya, C., Banerjee, S., Acharya, U., Mitra, A., Mallick, I., Haldar, A., & Ghosh, A. (2020). Evaluation of plant growth promotion properties and induction of antioxidative defense mechanism by tea rhizobacteria of darjeeling, india. Scientific Reports, 10(1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-72439-z

Carvalho, L., Alves, P., & Duke, S. (2013). Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. Anais Da Academia Brasileira De Ciências, 85 (2), 813-822. https://doi.org/10.1590/s0001-37652013005000027

Darini, M., Widata, S., Setiawati, E., & Astuti, A. (2023). Land efficiency of functional food sweet corn intercropped with vegetable soybean in application of integrated fertilizers. Asian Journal of Plant Sciences, 22(2), 269-276. https://doi.org/10.3923/ajps.2023.269.276

Das, R. (2021). Interactive effect of elevated co2 and drought stress on leaf anatomy in brassica species. International Journal of Environment and Climate Change, 97-108. https://doi.org/10.9734/ijecc/2021/v11i230366

Desoignies, N., Schramme, F., Ongena, M., & Legrève, A. (2012). Systemic resistance induced by bacillus lipopeptides in beta vulgaris reduces infection by the rhizomania disease vector polymyxa betae. Molecular Plant Pathology, 14(4), 416-421. https://doi.org/10.1111/mpp.12008

Ec, C., Vi, I., Un, N., J, M., In, N., & S, C. (2019). Evaluation of plant growth promoting potentials exhibited by rhizobacteria associated with beans plant. Malaysian Journal of Sustainable Agricultural, 3(1), 20-22. https://doi.org/10.26480/mjsa.01.2019.20.22

El–Mageed, T., El-Mageed, S., El-Saadony, M., Abdelaziz, S., & Abdou, N. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria improve growth, morph-physiological responses, water productivity, and yield of rice plants under full and deficit drip irrigation. Rice, 15(1). https://doi.org/10.1186/s12284-022-00564-6

Farooq, N., Khan, M., Ahmed, M., Fatima, S., Nawaz, M., Abideen, Z., … & Ahmad, N. (2023). Salt-induced modulation of ion transport and psii photoprotection determine the salinity tolerance of amphidiploid brassicas. Plants, 12(14), 2590. https://doi.org/10.3390/plants12142590

Gadpayale, D., Katiyar, A., Singh, M., & Singh, L. (2022). Nutritional quality evaluation of oil and fatty acid profile in various genotypes/varieties of indian mustard [brassica juncea czern & coss (l.)]. Environment Conservation Journal, 23(3), 240-246. https://doi.org/10.36953/ecj.10132226

Geremew, Addisie, Laura Carson, Selamawit Woldesenbet, Charles Carpenter, Elisha Peace, and Aruna Weerasooriya. 2021. “Interactive Effects of Organic Fertilizers and Drought Stress on Growth and Nutrient Content of Brassica Juncea at Vegetative Stage.” *Sustainability* 13(24): 13948. doi:10.3390/su132413948.

Ghalib, W. and Ghassan, J. (2023). Effect of seedling age and npk fertilization on growth and yield of kohlrabi (brassica oleracea var gongylodes) planted in gypsiferous soil. Iop Conference Series Earth and Environmental Science, 1158(4), 042028. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/4/042028

Handiseni, M., Jo, Y., & Zhou, X. (2015). Integration of brassica cover crop with host resistance and azoxystrobin for management of rice sheath blight. Plant Disease, 99(6), 883-885. https://doi.org/10.1094/pdis-08-14-0845-re

Hardiansyah, Muhammad Yusril, Yunus Musa, and Abdul Mollah Jaya. 2021. "The Effectiveness of Giving Plant PGPR Rhizosphere Bamboo on Cocoa Seeds Germination at The Nursery Level." *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry* 10(1): 1–5. doi:10.14421/biomedich.2021.101.1-5.

He, J., Gu, L., Tan, Q., Wang, Y., Hui, F., He, X., & Sun, Q. (2022). Genome-wide analysis and identification of the pebp genes of brassica juncea var. tumida. BMC Genomics, 23(1). https://doi.org/10.1186/s12864-022-08767-3

Hirooka, K., Kodoi, Y., Satomura, T., & Fujita, Y. (2016). Regulation of therhaewrbma operon involved in l-rhamnose catabolism through two transcriptional factors, rhar and ccpa, in bacillus subtilis. Journal of Bacteriology, 198(5), 830-845. https://doi.org/10.1128/jb.00856-15Huynh, H. (2023). Smart greenhouse construction and irrigation control system for optimal brassica juncea development. Plos One, 18(10), e0292971. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292971

Inri, I., Paling, S., & Alua, I. (2019). Lama perendaman benih sawi hijau (brassica rapa var. parachinensis) dalam larutan mikroorganisme lokal (mol) bonggol pisang kepok (musa paradisiaca l.) terhadap viabilitas benih. Stigma Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa, 12(01), 11-20. https://doi.org/10.36456/stigma.vol12.no01.a1855

Inturrisi, F., Barbetti, M., Tirnaz, S., Patel, D., Edwards, D., & Batley, J. (2020). Molecular characterization of disease resistance in brassica juncea – the current status and the way forward. Plant Pathology, 70(1), 13-34. https://doi.org/10.1111/ppa.13277

Jadhav, Sheetal V, and Nandini Math. 2022. "Effect of Biopriming Sorghum (Sorghum Bicolour L. Moench) with Trichoderma and Psudomonas on Germination, Vigour, and Viability." *International Journal of Applied Research* 8(9): 187–91. doi:10.22271/allresearch.2022.v8.i9c.10154.

Jeon, J., Carreño-Quintero, N., Eekelen, H., Vos, R., Raaijmakers, J., & Etalo, D. (2021). Impact of root-associated strains of three paraburkholderia species on primary and secondary metabolism of brassica oleracea. Scientific Reports, 11(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-82238-9

Jeon, J., Rybka, D., Carreño-Quintero, N., Vos, R., Raaijmakers, J., & Etalo, D. (2022). Metabolic signatures of rhizobacteria-induced plant growth promotion. Plant Cell & Environment,

45(10), 3086-3099. https://doi.org/10.1111/pce.14385

Jugulam, M. and Hall, J. (2013). Transfer of auxinic herbicide resistance from brassica kaber to brassica juncea and brassica rapa through embryo rescue. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 49(4), 461-467. https://doi.org/10.1007/s11627-013-9515-y

Kashyap, A., Kumari, S., Garg, P., Kushwaha, R., Tripathi, S., Sharma, J., … & Rao, M. (2023). Indexing resilience to heat and drought stress in the wild relatives of rapeseed-mustard. Life, 13(3), 738. https://doi.org/10.3390/life13030738

Konappa, N., Krishnamurthy, S., Arakere, U., Srinivas, C., & Ramachandrappa, N. (2020). Efficacy of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria and trichoderma strains in eliciting resistance against bacterial wilt in a tomato. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 30(1). https://doi.org/10.1186/s41938-020-00303-3

Lasmini, S., Nasir, B., Hayati, N., & Edy, N. (2018). Improvement of soil quality using bokashi composting and npk fertilizer to increase shallot yield on dry land. Australian Journal of Crop Science, 12(11), 1743-1749. https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.11.p1435

Liu, H., Wu, J., Su, Y., Li, Y., Zuo, D., Liu, H., … & Zhu, S. (2021). Allyl isothiocyanate in the volatiles of brassica juncea inhibits the growth of root rot pathogens of panax notoginseng by inducing the accumulation of ros. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(46), 13713-13723. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05225

Lopes, M., Dias-Filho, M., Castro, T., Silva, E., Rêgo, M., & Silva, G. (2020). Impacts of plant growth-promoting rhizobacteria on tropical forage grass in brazil. Journal of Agricultural Studies, 8(1), 342. https://doi.org/10.5296/jas.v8i1.16077

Mahmud, A., Yahaya, S., Dhaked, G., Jain, D., & Bhojiya, A. (2022). Impacts of npk consortia biofertilizer and mineral fertilizer on growth and yield of two maize (zea mays l.) hybrids in rajasthan-india. Diyala Agricultural Sciences Journal, 14(2), 100-117. https://doi.org/10.52951/dasj.221400210

Makombe, N. and Gwisai, R. (2018). Soil remediation practices for hydrocarbon and heavy metal reclamation in mining polluted soils. The Scientific World Journal, 2018, 1-7. https://doi.org/10.1155/2018/5130430

Mazumder, J., Khan, E., Perwez, M., Gupta, M., Kumar, S., Raza, K., & Sardar, M. (2020). Exposure of biosynthesized nanoscale zno to brassica juncea crop plant: morphological, biochemical and molecular aspects. Scientific Reports, 10(1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-65271-y

Mishra, I., Fatima, T., Egamberdieva, D., & Arora, N. (2020). Novel bioformulations developed from pseudomonas putida bsp9 and its biosurfactant for growth promotion of brassica juncea (l.). Plants, 9(10), 1349. https://doi.org/10.3390/plants9101349

Misra, N., Gupta, G., & Jha, P. (2012). Assessment of mineral phosphate-solubilizing properties and molecular characterization of zinc-tolerant bacteria. Journal of Basic Microbiology, 52(5), 549-558. https://doi.org/10.1002/jobm.201100257

Nasibi, F., Aminian, F., Mohammadinejad, G., & Hassanshahian, M. (2022). Seed priming with selenium nanoparticle and *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* improve seedling development of foxtail millet (Setaria italica) under salinity stress. doi:10.21203/rs.3.rs-1809244/v1

Nazli, F., Wang, X., Ahmad, M., Hussain, A., Dar, A., Nasim, M., & Mustafa, A. (2021). Efficacy of indole acetic acid and exopolysaccharides-producing bacillus safensis strain fn13 for inducing cd-stress tolerance and plant growth promotion in brassica juncea (l.). Applied Sciences, 11(9), 4160. https://doi.org/10.3390/app11094160

Noumavo, P., Kochoni, E., Didagbé, Y., Adjanohoun, A., Allagbe, M., Sikirou, R., & Baba-Moussa, L. (2013). Effect of different *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* on maize seed germination and seedling development. American Journal of Plant Sciences, 04(05), 1013-1021. https://doi.org/10.4236/ajps.2013.45125

Nuraini, N, & Darmansyah. (2021). Pengaruh Dosis Pupuk Guano Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (Brassica juncea L.). *HORTUSCOLER*, *2*(02), 37–41. https://doi.org/10.32530/jh.v2i02.451

Owusu-Sekyere, A. (2020). Selenium accumulation and growth of perennial ryegrass (lolium perenne l.) as affected by pig manure composting. Journal of Agricultural Science and Practice, 5(3), 142-149. https://doi.org/10.31248/jasp2020.206

Pii, Y., Graf, H., Valentinuzzi, F., Cesco, S., & Mimmo, T. (2018). The effects of plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr) on the growth and quality of strawberries. Acta Horticulturae, (1217), 231-238. https://doi.org/10.17660/actahortic.2018.1217.29

Pimentel, M., Reis, I., Portela, V., Romano, M., Vildoso, C., Gasparin, E., & Sia, E. (2020). Effect of different sources of fertilization on chemical properties of soil under cassava cultivation in western pará, brazil. Journal of Agricultural Science, 12(9), 106. https://doi.org/10.5539/jas.v12n9p106

Rather, B., Mir, I., Masood, A., Anjum, N., & Khan, N. (2020). Nitric oxide pre-treatment advances seed germination and alleviates copper-induced photosynthetic inhibition in indian mustard. Plants, 9(6), 776. https://doi.org/10.3390/plants9060776

Riddech, N., Phibunwatthanawong, T., & Sarin, P. (2021). Suitable formulation of microbial inoculants as a bio-fertilizer for promoting growth of hairy-leafed apitong (dipterocarpus alatus). Waste and Biomass Valorization, 13(1), 315-327. https://doi.org/10.1007/s12649-021-01526-7

Saad, N., Severn-Ellis, A., Pradhan, A., Edwards, D., & Batley, J. (2021). Genomics armed with diversity leads the way in brassica improvement in a changing global environment. Frontiers in Genetics, 12. https://doi.org/10.3389/fgene.2021.600789

Shafi, S. and Farooq, A. (2021). Influence of sowing time on cabbage aphid (brevicoryne brassicae l.) (homoptera; aphididae) population in different brassica species under field condition. Sarhad Journal of

Agriculture, 37(3). https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.3.993.998

Sharf, W., Javaid, A., Shoaib, A., & Khan, I. (2021). Induction of resistance in chili against sclerotium rolfsii by plant-growth-promoting rhizobacteria and anagallis arvensis. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31(1). https://doi.org/10.1186/s41938-021-00364-y

Shekhawat, K., Rathore, S., Premi, O., Kandpal, B., & Chauhan, J. (2012). Advances in agronomic management of indian mustard (brassica juncea(l.) czernj. cosson): an overview. International Journal of Agronomy, 2012, 1-14. https://doi.org/10.1155/2012/408284

Sihombing, D., Hermanto, C., Asnita, R., Handayati, W., Sa'adah, S., & Sugiono, S. (2021). Effectivenes of npk compound (10-30-20) to improve growth and yield of hybrid maize on vertisol soil. E3s Web of Conferences, 306, 01046. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130601046

Singh, K., Kumari, P., & Kumar, P. (2021). Current status of the disease-resistant gene(s)/qtls, and strategies for improvement in brassica juncea. Frontiers in Plant Science, 12. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.617405

Subur, Riyadi, Muhammad Irfan, and Nebuchadnezzar Akbar. 2021. "The Effect of NPK Fertilizer with Different Dosage on the Growth Rate Seaweed (Caulerpa Racemosa)." *Depik* 10(3): 207–10. doi:10.13170/depik.10.3.20848.

Suryanti, S. and Umami, A. (2020). Stomata dan trikoma kultivar kedelai anjasmoro selama pemupukan nanosilika dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*. Vegetalika, 9(1), 343. https://doi.org/10.22146/veg.48795

Tahish, A. (2013). Phytoremediation of heavy metals contaminated soil using brassica juncea (l.) in bany el- hareth, sana'a- yemen. Journal of Plant Production, 4(10), 1417-1428. https://doi.org/10.21608/jpp.2013.74174

Tan, P., Zeng, C., Wan, C., Liu, Z., Dong, X., Peng, J., … & Yan, M. (2021). Metabolic profiles of brassica juncea roots in response to cadmium stress. Metabolites, 11(6), 383. https://doi.org/10.3390/metabo11060383

Tian, Y. and Deng, F. (2020). Phytochemistry and biological activity of mustard (brassica juncea): a review. Cyta - Journal of Food, 18(1), 704-718. https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1833988

Togatorop, 2024. , "Pengaruh Umur Pindah Tanam dan Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau (Brassica juncea L.)", Jurnal Online Agroekoteknologi, 2024, doi:10.32734/joa.v11i3.12759.

Triani, I. G. A. L., & Gunam, I. B. W. (2022). Karakteristik Sawi Hijau (Brassica rapa var parachinensis) yang Dihasilkan dari Aplikasi Bakteri Pemacu Pertumbuhan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, *7*(1), 62. https://doi.org/10.24843/JITPA.2022.v07.i01.p08

Widnyana, I Ketut, Putu Eka Pasmidi Ariati, I Wayan Suanda, and Listihani. 2024. "Effect of Soaking with *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* on Rice Seed Germination." *BIO Web of Conferences* 101: 01009. doi:10.1051/bioconf/202410101009.

Xu, C., Etalo, D., Mortel, J., Dekkers, E., Nguyen, L., Medema, M., & Raaijmakers, J. (2017). Genome-wide

analysis of bacterial determinants of plant growth promotion and induced systemic resistance by pseudomonas fluorescens. Environmental Microbiology, 19(11), 4638-4656. https://doi.org/10.1111/1462-2920.13927

Yanti, Y., Hamid, H., & Reflin, R. (2019). Indigenous rhizobacteria screening from tomato to control ralstonia syzigii subsp. indonesiensis and promote plant growth rate and yield. Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika, 18(2), 177. https://doi.org/10.23960/j.hptt.218177-185

Zhao, N., Li, Z., Zhang, L., Yang, X., Mackenzie, S., Hu, Z., & Yang, J. (2020). muts homolog1 mediates fertility reversion from cytoplasmic male sterile brassica juncea in response to environment. Plant Cell & Environment, 44(1), 234-246. https://doi.org/10.1111/pce.13895