

**PENGARUH BEBERAPA KONSENTRASI DAN CARA APLIKASI PUPUK HAYATI BAKTERI FOTOSINTETIK TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)**

***THE EFFECT OF VARIOUS CONCENTRATIONS AND APPLICATION METHODS OF PHOTOSYNTHETIC BACTERIA BIOFERTILIZER ON THE GROWTH AND YIELDS OF PAKCOY PLANTS (*Brassica rapa* L.)***

**Sri Soemarsih Widyaningsih<sup>1\*</sup>, Nurmayulis<sup>1</sup>, Yuyu Romdhonah<sup>1</sup>, Imas Rohmawati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

\*Email Penulis korespondensi: [srisoemarsih8@gmail.com](mailto:srisoemarsih8@gmail.com)

**Abstrak**

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan sayuran kaya nutrisi, seperti vitamin A, C, K, dan mineral penting, serta sering dikonsumsi masyarakat. Kendala kesuburan tanah sering menjadi tantangan dalam budidaya pakcoy. Oleh karena itu, diperlukan teknik budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Penggunaan pupuk hayati, seperti bakteri fotosintetik (PSB) dapat meningkatkan kesuburan tanah tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy terhadap pemberian berbagai konsentrasi dan metode aplikasi pupuk hayati bakteri fotosintetik. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor: konsentrasi pupuk hayati bakteri fotosintetik (12,5 ml/L, 15 ml/L, 17,5 ml/L, dan 20 ml/L) dan metode aplikasi (pada daun, pada akar, dan pada daun + pada akar). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PSB 12,5 ml/L memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman, dan nisbah pupus akar. Aplikasi PSB pada daun memberikan pengaruh terhadap bobot kering, bobot basah dan indeks kehijauan daun. Konsentrasi PSB 12,5 ml/L dan cara pada daun + pada akar menunjukkan adanya interaksi terhadap tinggi tanaman

Kata Kunci: pakcoy, bakteri fotosintetik, pada daun + akar, konsentrasi pupuk hayati, metode aplikasi

**Abstract**

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) is a nutrient-rich vegetable containing essential vitamins such as A, C, and K, as well as important minerals and is commonly consumed by the public. Soil fertility issues often pose challenges in pak choy cultivation. Therefore, more efficient and environmentally friendly cultivation techniques are needed. The use of biofertilizers, such as photosynthetic bacteria (PSB), can enhance soil fertility without disrupting ecosystem balance. This study aims to determine the growth response and yield of pak choy to different concentrations and application methods of bio fertilizer containing photosynthetic bacteria. This study uses a factorial randomized complete block design with two factors: the concentration of photosynthetic bacterial bio fertilizer (12.5 ml/L, 15 ml/L, 17.5 ml/L, and 20 ml/L) and the application method (on leaves, on roots, and on both leaves + roots). The results showed that a PSB concentration of 12.5 ml/L influenced plant height, leaf number, and shoot-to-root ratio. The application of PSB on leaves affects dry weight, fresh weight, and leaf greenness index. The concentration of PSB is 12.5 ml/L, and the application on the leaf + on the root shows an interaction with plant height.

Keywords: pakcoy, photosynthetic bacteria, shoot-to-root ratio, concentration of bio fertilizer, application methods

**PENDAHULUAN**

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan varietas sayuran kelompok sawi-sawian. Sayuran ini sering dikonsumsi masyarakat secara langsung sebagai garnish ataupun diolah berbagai hidangan (Huda et al., 2023). Sayuran ini mengandung vitamin A, C, K, serta mineral penting. Budidaya pakcoy cukup singkat, sekitar 45 hari setelah tanam (Suharjanto et al., 2022). Permintaan pakcoy meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat terhadap produk sehat bebas residu kimia. Tanaman ini bisa dibudidayakan di daerah dataran rendah maupun tinggi,

asalkan mendapatkan sinar matahari yang cukup, memiliki aerasi tanah yang baik, serta tingkat keasaman tanah yang ideal, yaitu berkisar antara 6,0 hingga 6,8 (Thompson, 2018).

Berbagai tantangan dalam budidaya pakcoy, diperlukan pendekatan teknik budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Penggunaan pupuk hayati yaitu bakteri fotosintetik atau photosynthetic bacteria (PSB), bisa menjadi solusi untuk meningkatkan kesuburan tanah tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem (Rizqi et al., 2023). Pendekatan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan produktivitas tanaman pakcoy, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan pupuk hayati, petani dapat mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya alam (Oktapiani et al., 2023). Penggunaan PSB juga membantu meningkatkan kesadaran petani terhadap pentingnya menerapkan praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Rizqi et al., 2023)

Pupuk hayati dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan akan sayuran sehat bebas tanpa residu kimia (Rizqi et al., 2023). Bakteri fotosintetik adalah mikroorganisme autotrof yang mampu melakukan fotosintesis menggunakan energi cahaya matahari serta berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan memperbaiki kualitas tanah. Mikroorganisme ini mendukung pertumbuhan tanaman melalui proses biologis, seperti mengikat nitrogen, melarutkan fosfat, dan menghasilkan fitohormon (Brahmana et al., 2022; Titrawani et al., 2022). Bakteri ini dapat menembus jaringan daun tanaman, menambat nitrogen bebas di atmosfer, serta menghasilkan energi melalui pigmen bakteri autotrof yang mampu menghasilkan energi melalui fotosintesis menggunakan pigmen bakteriofil a atau b, yang berwarna merah, hijau, atau ungu. Keberadaan PSB bermanfaat dalam meningkatkan kadar nitrogen, memperbaiki kualitas tanah dan merangsang pertumbuhan akar (Rangkuti et al., 2022).

Pengaplikasian PSB terbukti dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan hasil tanaman pakcoy. Winarno et al., (2023) menyatakan bahwa larutan PSB dengan konsentrasi 17,5 ml/L merupakan yang paling efektif untuk tanaman pakcoy, karena mampu meningkatkan penyerapan nutrisi dan hasil panen secara signifikan. Peningkatan ini terjadi melalui metode aplikasi penyemprotan pada daun, yang menghasilkan pertumbuhan serta produksi pakcoy yang lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan tanpa PSB.

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya dalam beberapa aspek utama. Penelitian sebelumnya berfokus pada pengaruh pemberian POC plus bakteri fotosintetik dengan berbagai konsentrasi, mulai dari 0 ml/L hingga 17,5 ml/L, tanpa mempertimbangkan metode aplikasi yang digunakan. Sementara itu, penelitian ini menguji larutan PSB dengan konsentrasi yang berbeda, yaitu 12,5 ml/L, 15 ml/L, 17,5 ml/L, dan 20 ml/L, dengan fokus pada konsentrasi yang lebih tinggi. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan tiga metode aplikasi, yaitu penyemprotan, penyiraman, serta kombinasi keduanya, untuk menentukan metode yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi larutan PSB, tetapi juga mempertimbangkan efektivitas metode aplikasinya, sehingga dapat memberikan wawasan lebih luas mengenai strategi yang optimal dalam budidaya pakcoy.

## METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah trai semai, sprayer (500ml), polybag ukuran 20 cm x 20 cm, gelas ukur (250 ml - 500 ml). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih pakcoy, *cocopeat*, tanah, biang PSB, putih telur ayam, penyedap rasa (MSG), saus ikan, air.

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan rancangan acak kelompok faktorial (Kurnianto & Setiaji, 2022) yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi pupuk hayati bakteri fotosintetik yang terdiri dari 4 taraf (12,5 ml/L, 15 ml/L, 17,5 ml/L, dan 20 ml/L), faktor kedua terdiri dari 3 taraf yaitu cara aplikasi (pada daun, pada akar, dan pada daun + pada akar). Sehingga terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Setiap perlakuan terdapat 3 polybag sehingga menjadi 108 *polybag* ukuran 20 cm x 20 cm.

Tahapan penelitian ini meliputi pembuatan pupuk hayati bakteri fotosintetik, uji laboratorium, persemaian, pindah tanam, perawatan tanaman, aplikasi pupuk, pemanenan, pengamatan dan pengolahan data.

Pupuk hayati bakteri fotosintetik dibuat dengan cara mencampurkan putih telur, penyedap rasa (MSG), dan saus ikan masing-masing sebanyak satu sendok makan ke dalam botol aqua yang sudah terisi 1L air kolam. Setelah semua bahan homogen, botol tersebut ditutup rapat dan dijemur di area terbuka yang terpapar sinar matahari langsung. Selama proses penjemuran, botol dikocok minimal satu kali setiap hari selama 14 hari. Fermentasi ini menghasilkan bakteri fotosintetik, yang dapat dikenali dari perubahan warna larutan menjadi merah. Kemudian larutan biang PSB dibedakan sesuai konsentrasi yang dibutuhkan yaitu konsentrasi PSB 12,5 ml/L, PSB 15 ml/L, 17,5 ml/L, dan 20 ml/L.

Pengaplikasian pupuk dilakukan seminggu sekali saat tanaman berumur 1-4 MST. Aplikasi pada daun diberikan dengan cara penyemprotan dengan sprayer hingga daun tanaman basah sebanyak 5 ml/L sehingga meminimalkan air yang jatuh ke tanah. Aplikasi pada akar dilakukan dengan cara pengocoran menggunakan gelas ukur sebanyak 50 ml/L air menyesuaikan kapasitas lapang pada media tanah *polybag*. Aplikasi pada daun + pada akar diberikan 5 ml/L pada daun dan 45 ml/L pada akar diwaktu yang sama.

Pengamatan dilakukan pada tanaman berumur 4 MST. Data hasil penelitian ini dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA). Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan komputasi program DSAASTAT, Jika F hitung > dari F tabel maka akan diuji lanjut dengan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5% (Kurnianto & Setiaji, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

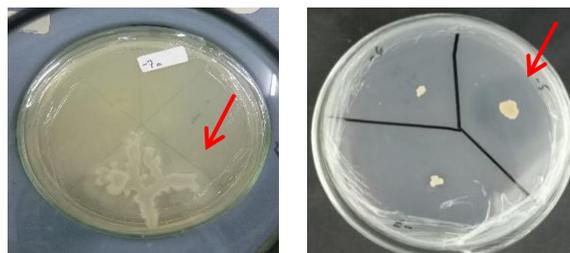
### Pengujian Laboratorium

Hasil uji laboratorium pupuk hayati bakteri fotosintetik (Tabel 1) menunjukkan bahwa bakteri dalam pupuk hayati memiliki kemampuan sebagai penambat fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening pada media piskovkaya (Gambar 1). Selain itu, jumlah koloni bakteri yang terdeteksi dalam uji laboratorium mencapai  $3 \times 10^{-8}$  yang menunjukkan bahwa populasi bakteri dalam pupuk hayati cukup tinggi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Tanah Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar referensi yang kuat dalam mendukung temuan penelitian.

**Tabel 1.** Hasil Uji Laboratorium Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| No. | Komposisi              | Uraian             |
|-----|------------------------|--------------------|
| 1.  | Penambat fosfat        | (positif) +        |
| 2.  | Jumlah koloni bakteri  | $3 \times 10^{-8}$ |
| 3.  | <i>Pseudomonas sp.</i> | (positif) +        |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)



**Gambar 1.** (a) Koloni Bakteri, (b) Zona Bening Pada Media Piskovkaya

Adapun hasil analisis tanah (Tabel 2) menunjukkan nilai pH 5,6. Secara umum, pH tanah yang ideal untuk tanaman sayuran berkisar antara 6,0 – 6,8 (Thompson, 2018). Kandungan C-organik sebesar 3,14% tergolong sangat baik. Sementara itu, rasio C/N sebesar 10 menunjukkan bahwa dekomposisi bahan organik berlangsung dengan baik. Kandungan fosfor dalam tanah sebesar 278,2 ppm tergolong sangat tinggi, karena kebutuhan tanaman umumnya hanya 20 – 60 ppm. Sementara itu, kandungan kalium sebesar 152,9 ppm tergolong cukup tinggi, karena kisaran optimal untuk tanah pertanian biasanya 100 – 200 ppm. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kimia Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Sayuran Lembang, Bandung. Analisis ini dilakukan untuk memberikan informasi dasar mengenai kondisi tanah sebelum perlakuan.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Tanah

| Eks. 1:5         |     | Terhadap bahan kering 105 <sup>0</sup> C |          |     |                               |                 |
|------------------|-----|--|----------|-----|-------------------------------|-----------------|
| Ph               |     | C-Organik                                | N Total  | C/N | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K               |
| H <sub>2</sub> O | KCl |  |          |     |                               |                 |
| Elektrometri     |     | Spektro-fotometr                         | Kjeldahl |     | Spektro-fotometri             | Flame fotometri |
|                  |     | %  |          |     | ppm                           |                 |
| 5,6              | 4,7 | 3,14                                     | 0,32     | 10  | 278,2                         | 152,9           |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

**Tinggi Tanaman**

Berdasarkan hasil ANOVA, terdapat pengaruh interaksi pupuk PSB terhadap tinggi tanaman pada umur 4 MST, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Tinggi Tanaman Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi |           |                       | Rata-rata |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------------|-----------|
|                 | pada daun     | pada akar | pada daun + pada akar |           |
| .....cm.....    |               |           |                       |           |
| 12,5 ml/L       | 10,80 cde     | 11,07 cde | 14,13 a               | 12,00     |
| 15 ml/L         | 10,27 e       | 13,50 a   | 10,37 e               | 11,38     |
| 17,5 ml/L       | 10,7 cde      | 11,73 cd  | 12,00 bc              | 11,50     |
| 20 ml/L         | 13,13 ab      | 13,33 a   | 10,67 de              | 12,38     |
| Rata-rata       | 11,24         | 12,41     | 11,79                 | 11,81     |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3, terdapat interaksi antara konsentrasi dan metode aplikasi pupuk hayati PSB yang berpengaruh terhadap tinggi tanaman pakcoy. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pupuk tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi yang diberikan, tetapi juga oleh cara aplikasinya. Interaksi terbaik diperoleh pada perlakuan dengan konsentrasi

PSB 12,5 ml/L yang diaplikasikan melalui kombinasi daun dan akar. Namun, secara statistik, perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan konsentrasi PSB 15 ml/L yang diaplikasikan pada akar maupun konsentrasi PSB 20 ml/L yang diaplikasikan pada daun.

Hasil ini mengindikasikan bahwa konsentrasi yang lebih rendah (12,5 ml/L) dengan metode aplikasi kombinasi sudah cukup efektif dalam meningkatkan tinggi tanaman pakcoy. Temuan ini berbeda dengan penelitian Winarno et al., (2023), yang menyatakan bahwa konsentrasi PSB 17,5 ml/L memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan dan kondisi tanah yang berbeda, yang mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh tanaman.

Menurut Istarofah & Salamah, (2017), ketersediaan dan penyerapan nutrisi dari pemupukan memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Dalam penelitian ini, kandungan C-organik tanah sebesar 3,14% tergolong sangat baik, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. Selanjutnya, Junior et al., (2023) menjelaskan bahwa tinggi tanaman pakcoy dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium, yang berperan dalam proses metabolisme. Proses metabolisme ini memerlukan pasokan nutrisi yang cukup untuk mendukung aktivitas fisiologis tanaman, termasuk pertumbuhan tinggi tanaman. Efektivitas pupuk hayati PSB dalam meningkatkan penyerapan nutrisi dapat membantu meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman, sehingga berdampak positif pada pertumbuhan pakcoy.

Selain itu, menurut Suharjanto et al., (2022), pupuk hayati PSB mengandung mikroorganisme yang berperan dalam mengurai bahan organik, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Faktor lingkungan seperti kondisi tanah, ketersediaan air, dan iklim mikro juga turut berkontribusi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy (Rizal, M., & Barokah, 2024). Sejalan dengan itu, Dewi et al. (2024) menyatakan bahwa pupuk bakteri fotosintetik (*Photosynthetic Bacteria*) dapat mengoptimalkan penyerapan hara oleh tanaman melalui berbagai mekanisme, seperti memperbaiki struktur tanah, meningkatkan ketersediaan nutrisi, dan merangsang pertumbuhan akar. Dengan penyerapan hara yang optimal, sistem perakaran menjadi lebih sehat dan panjang, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan. Menurut Panunggul et al., (2023), faktor-faktor seperti jenis tanaman, kondisi lingkungan, serta metode perlakuan yang diberikan dapat menyebabkan variasi dalam pertumbuhan tinggi tanaman. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan kombinasi konsentrasi dan metode aplikasi pupuk hayati PSB pada berbagai kondisi pertumbuhan tanaman pakcoy.

**Jumlah Daun**

Berdasarkan hasil ANOVA, tidak terdapat pengaruh nyata konsentrasi dan cara aplikasi pupuk PSB terhadap jumlah daun tanaman pakcoy pada umur 4 MST, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Jumlah Daun Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi   |           |                          | Rata-rata |
|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|-----------|
|                 | pada daun       | pada akar | pada daun +<br>pada akar |           |
|                 | .....helai..... |           |                          |           |
| 12,5 ml/L       | 9,67            | 8,33      | 8,00                     | 8,67      |
| 15 ml/L         | 10,67           | 10,00     | 11,33                    | 10,67     |
| 17,5 ml/L       | 11,67           | 8,67      | 8,67                     | 9,67      |
| 20 ml/L         | 8,67            | 9,33      | 9,67                     | 9,22      |
| rata-rata       | 10,17           | 9,08      | 9,42                     | 9,56      |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah daun tanaman pakcoy bervariasi pada berbagai konsentrasi pupuk hayati bakteri fotosintetik, dengan konsentrasi PSB 15 ml/L menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi (10,67 helai) dibandingkan perlakuan lainnya, meskipun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi PSB (12,5 ml/L, 17,5 ml/L, dan 20 ml/L). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian PSB dapat meningkatkan pertumbuhan daun pakcoy, tetapi peningkatan tersebut tidak selalu sesuai dengan peningkatan konsentrasi pupuk.

Menurut Sarido & Junia, (2017) daun baru memerlukan waktu untuk berkembang, sehingga pengaruh pupuk mungkin baru terlihat dalam periode pertumbuhan yang lebih panjang. Selain itu, jika tanah atau media tanam sudah memiliki kandungan hara yang cukup, tambahan pupuk hayati mungkin tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap jumlah daun. Tanaman hanya menyerap nutrisi sesuai kebutuhannya, sehingga kelebihan pupuk tidak selalu meningkatkan pertumbuhan daun.

Menurut Ardhayani & Syafi (2023) peningkatan jumlah daun turut dipengaruhi oleh ketersediaan air dan unsur hara yang diserap oleh tanaman. Ketika ketersediaan air dan unsur hara di dalam tanah terbatas, proses fotosintesis serta transpirasi dapat terganggu, sehingga berpengaruh terhadap jumlah daun yang dihasilkan oleh tanaman. Oleh karena itu, meskipun pupuk hayati telah diberikan, faktor lingkungan seperti ketersediaan air dan nutrisi dalam tanah tetap menjadi faktor kunci dalam pertumbuhan jumlah daun pakcoy.

**Panjang Akar**

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk PSB berpengaruh terhadap panjang akar tanaman pakcoy pada umur 4 MST. Rincian rata-rata panjang akar untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Panjang Akar Tanaman Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi |           |                    | Rata-rata |
|-----------------|---------------|-----------|--------------------|-----------|
|                 | pada daun     | pada akar | pada daun dan akar |           |
|                 | .....cm.....  |           |                    |           |
| 12,5 ml/L       | 12,10         | 14,43     | 13,67              | 13,40 b   |
| 15 ml/L         | 13,33         | 12,60     | 14,33              | 13,42 b   |
| 17,5 ml/L       | 16,33         | 17,77     | 16,33              | 16,81 a   |
| 20 ml/L         | 13,67         | 14,50     | 14,50              | 14,22 ab  |
| rata-rata       | 13,86         | 14,83     | 14,71              | 14,46     |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati PSB dengan konsentrasi 17,5 ml/L memberikan pengaruh terbaik terhadap panjang akar tanaman pakcoy. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian PSB dengan konsentrasi yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan akar, yang berperan penting dalam penyerapan air dan nutrisi. Hasil ini berbeda dengan temuan Rizal & Barokah (2024), yang menyatakan bahwa pemberian pupuk hayati bakteri fotosintetik tidak berpengaruh terhadap panjang akar tanaman. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan, terutama ketersediaan unsur hara dalam tanah. Dalam penelitian ini, kandungan C-organik sebesar 3,14% tergolong sangat baik, yang berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan daya serap akar terhadap nutrisi. Dengan kondisi tanah yang lebih baik, akar tanaman memiliki peluang lebih besar untuk tumbuh lebih panjang dan menyerap nutrisi dari lapisan tanah yang lebih dalam.

Pakcoy merupakan tanaman yang membutuhkan tanah dengan struktur yang baik serta kandungan bahan organik yang tinggi untuk mendukung pertumbuhan akar yang optimal. Menurut Nisa & Rosmala (2024), nutrisi seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) memiliki peran krusial dalam mendukung perkembangan akar. Nitrogen berperan dalam pembentukan jaringan baru, fosfor membantu dalam perkembangan sistem perakaran, dan kalium meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang kurang optimal.

Lebih lanjut, penelitian Brahmana et al., (2022) menjelaskan bahwa bakteri fotosintetik yang terkandung dalam pupuk hayati PSB mampu menghasilkan berbagai senyawa bioaktif yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Senyawa-senyawa tersebut berfungsi sebagai sumber energi dalam proses metabolisme tanaman serta meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Selain itu, bakteri fotosintetik juga mampu menghasilkan fitohormon seperti auksin, yang diketahui berperan dalam merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan daya serap tanaman terhadap unsur hara.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Dewi et al. (2024), yang menyatakan bahwa aplikasi pupuk hayati berbasis bakteri fotosintetik mampu meningkatkan panjang akar dan volume akar tanaman melalui mekanisme peningkatan ketersediaan nutrisi serta stimulasi pertumbuhan akar oleh fitohormon yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemberian PSB dengan konsentrasi optimal dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan pertumbuhan akar tanaman pakcoy, terutama pada kondisi tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang baik.

**Bobot Kering**

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa cara aplikasi pupuk PSB berpengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman pakcoy pada umur 4 MST (Tabel 6), dengan perbedaan bobot kering yang signifikan antara perlakuan yang diuji.

**Tabel 6.** Bobot Kering Tanaman Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi |           |                       | Rata-rata |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------------|-----------|
|                 | pada daun     | pada akar | pada daun + pada akar |           |
|                 | .....g.....   |           |                       |           |
| 12,5 ml/L       | 3,00          | 3,77      | 1,23                  | 2,67      |
| 15 ml/L         | 1,63          | 1,63      | 1,77                  | 1,68      |
| 17,5 ml/L       | 2,33          | 3,67      | 1,83                  | 2,61      |
| 20 ml/L         | 2,90          | 4,10      | 1,67                  | 2,89      |
| rata-rata       | 2,47 ab       | 3,29 a    | 1,63 b                | 2,46      |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Tabel 6 menunjukkan bahwa metode aplikasi pupuk hayati PSB berpengaruh terhadap bobot kering tanaman pakcoy. Meskipun secara statistik aplikasi melalui daun dan akar tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, terdapat kecenderungan bahwa aplikasi melalui akar lebih efektif pada konsentrasi 20 ml/L, sedangkan aplikasi melalui daun memberikan hasil lebih baik pada konsentrasi 12,5 ml/L. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pupuk hayati PSB tidak hanya bergantung pada konsentrasi, tetapi juga cara aplikasinya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Dewi et al, (2024), yang menyatakan bahwa aplikasi pupuk hayati bakteri fotosintetik melalui akar dapat meningkatkan efisiensi serapan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, yang berperan dalam pembentukan

biomassa tanaman. Selain itu, menurut Junior et al., (2023), metode aplikasi pupuk berpengaruh terhadap ketersediaan hara di zona perakaran dan efektivitas penyerapan oleh tanaman. Aplikasi melalui akar memungkinkan pupuk lebih cepat terserap dan dimanfaatkan oleh tanaman, sementara aplikasi melalui daun dapat meningkatkan metabolisme dan efisiensi fotosintesis.

Namun, hasil penelitian ini berbeda dengan studi Winarno et al., (2023), yang menyatakan bahwa konsentrasi 17,5 ml/L dengan metode aplikasi melalui daun menghasilkan bobot kering tertinggi pada pakcoy. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan, jenis tanah, serta kondisi pertumbuhan yang berbeda dalam masing-masing penelitian. Rizal & Barokah (2024) juga menekankan bahwa efektivitas pupuk hayati dipengaruhi oleh interaksi antara mikroorganisme dalam pupuk, kondisi tanah, serta kebutuhan spesifik tanaman pada fase pertumbuhan tertentu.

### Nisbah Pupus Akar

Berdasarkan hasil ANOVA, terdapat pengaruh cara aplikasi pupuk PSB terhadap nisbah pupus akar tanaman pakcoy pada umur 4 MST. Rata-rata nisbah pupus akar tanaman pakcoy umur 4 MST dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Nisbah Pupus Akar Tanaman Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi |           |                          | Rata-rata |
|-----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|
|                 | pada daun     | pada akar | pada daun +<br>pada akar |           |
| 12,5 ml/L       | 6,10          | 7,60      | 6,70                     | 6,80 a    |
| 15 ml/L         | 5,10          | 3,20      | 3,60                     | 3,97 c    |
| 17,5 ml/L       | 4,50          | 6,10      | 5,70                     | 5,43 b    |
| 20 ml/L         | 3,30          | 5,30      | 3,40                     | 4,00 c    |
| rata-rata       | 4,75          | 5,55      | 4,85                     | 5,05      |

Sumber: Data Analisis Primer, (2024)

Tabel 7 menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati PSB dengan konsentrasi 12,5 ml/L berpengaruh sangat nyata terhadap nisbah pupus-akar tanaman pakcoy. Nisbah pupus-akar merupakan parameter penting yang menggambarkan keseimbangan antara biomassa bagian atas tanaman (pupus) dan bagian bawah (akar). Menurut Wen et al., (2022), parameter ini mencerminkan strategi alokasi sumber daya tanaman dalam menyerap dan memanfaatkan nutrisi untuk pertumbuhan. Semakin seimbang nisbah pupus-akar, semakin efisien tanaman dalam mengalokasikan energi dan sumber daya untuk pertumbuhan vegetatif.

Pemberian PSB dengan konsentrasi 12,5 ml/L menunjukkan hasil terbaik terhadap nisbah pupus-akar, yang mengindikasikan adanya keseimbangan dalam distribusi sumber daya antara akar dan bagian atas tanaman. Akar yang berkembang dengan baik memungkinkan tanaman menyerap nutrisi lebih optimal, sementara bagian atas tanaman (pupus) memanfaatkan hasil metabolisme untuk mendukung fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Wen et al., (2022), yang menyatakan bahwa keseimbangan nisbah pupus-akar menunjukkan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan nutrisi oleh tanaman.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Yuliansah et al., (2018), yang menemukan bahwa pemberian pupuk hayati dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi, sehingga mendukung perkembangan akar yang sehat serta pertumbuhan vegetatif yang optimal. Selain itu, Nisa & Rosmala (2024) menyatakan

bahwa pemberian pupuk hayati berbasis bakteri fotosintetik dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium, yang berperan dalam perkembangan akar dan pertumbuhan bagian atas tanaman.

Namun, efektivitas pupuk hayati PSB dalam mempengaruhi nisbah pupus-akar dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti jenis pupuk, dosis yang digunakan, serta kondisi lingkungan dan media tanam. Rizal & Barokah (2024) menjelaskan bahwa dalam kondisi tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, penggunaan pupuk hayati dapat lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan akar, sementara dalam kondisi tanah yang miskin unsur hara, respon tanaman terhadap pupuk hayati bisa berbeda.

#### **Bobot Basah**

Berdasarkan hasil ANOVA, terdapat pengaruh nyata cara aplikasi pupuk PSB terhadap bobot basah tanaman pakcoy pada umur 4 MST. Rata-rata bobot basah tanaman pakcoy umur 4 MST dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Bobot Basah Tanaman Pakcoy Umur 4 MST Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi |           |                          | Rata-rata |
|-----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|
|                 | pada daun     | pada akar | pada daun +<br>pada akar |           |
|                 | .....g.....   |           |                          |           |
| 12,5 ml/L       | 52,77         | 55,37     | 30,37                    | 46,17     |
| 15 ml/L         | 53,40         | 28,93     | 37,50                    | 39,94     |
| 17,5 ml/L       | 68,50         | 52,30     | 40,23                    | 53,68     |
| 20 ml/L         | 72,47         | 35,90     | 38,33                    | 48,90     |
| rata-rata       | 61,79 a       | 43,13 b   | 36,61 b                  | 47,17     |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Tabel 8 menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati PSB pada daun memberikan pengaruh sangat nyata terhadap bobot basah tanaman pakcoy. Peningkatan bobot basah ini diduga terjadi karena unsur hara yang dibutuhkan tanaman terpenuhi secara optimal melalui penyerapan langsung pada permukaan daun. Pupuk hayati PSB mengandung mikroorganisme yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, sehingga tanaman mampu menyerap dan memanfaatkan unsur hara secara lebih efisien.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Brahmana et al., (2022), yang menyatakan bahwa aplikasi bakteri fotosintetik pada daun dapat mendukung proses fotosintesis dalam menghasilkan senyawa penting, seperti gula dan asam amino, yang berperan sebagai sumber energi bagi metabolisme tanaman. Ketersediaan energi yang cukup memungkinkan tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan bobot basah.

Selain itu, Yuliansah et al., (2018), mengungkapkan bahwa ketersediaan unsur hara dalam tanah serta keseimbangan nutrisinya berperan penting dalam mempengaruhi bobot basah tanaman. Dalam penelitian ini, aplikasi pupuk hayati PSB melalui daun terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan metode aplikasi lainnya. Hal ini didukung oleh Rizal & Barokah (2024), yang menyatakan bahwa daun memiliki stomata dan kutikula yang memungkinkan nutrisi larut dalam air masuk langsung ke jaringan tanaman tanpa harus melalui akar terlebih dahulu. Proses ini mempercepat penyerapan nutrisi dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara.

Lebih lanjut, Nisa & Rosmala (2024) menyebutkan bahwa penyemprotan pupuk pada daun dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis karena nutrisi, seperti nitrogen (N), fosfor

(P), dan kalium (K), lebih cepat tersedia bagi tanaman. Unsur hara ini berperan penting dalam pembentukan klorofil, yang menentukan indeks kehijauan daun dan berkontribusi terhadap peningkatan laju fotosintesis. Mastur, (2022) juga menyatakan bahwa ketersediaan nitrogen yang optimal tidak hanya mendukung pembentukan klorofil, tetapi juga meningkatkan proses fotosintesis serta pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

**Indeks Kehijauan Daun**

Berdasarkan hasil ANOVA, terdapat pengaruh interaksi konsentrasi dan cara aplikasi pupuk PSB terhadap indeks kehijauan daun tanaman pakcoy pada umur 4 MST. Rata-rata indeks kehijauan daun tanaman pakcoy umur 4 MST dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Indeks Kehijauan Daun Tanaman Pakcoy Akibat Pemberian Beberapa Konsentrasi dan Cara Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik

| Konsentrasi PSB | Cara aplikasi           |            |                       | Rata-rata |
|-----------------|-------------------------|------------|-----------------------|-----------|
|                 | pada daun               | pada akar  | pada daun + pada akar |           |
|                 | .....unit klorofil..... |            |                       |           |
| 12,5 ml/L       | 43,00 bcd               | 41,20 cdef | 39,87 def             | 41,36     |
| 15 ml/L         | 44,83 bc                | 42,60 bcde | 37,63 f               | 41,69     |
| 17,5 ml/L       | 38,93 ef                | 41,60 bcde | 45,13 b               | 41,89     |
| 20 ml/L         | 42,80 bcd               | 48,87 a    | 38,83 ef              | 43,50     |
| rata-rata       | 42,39 ab                | 43,57 a    | 40,37 b               | 42,11     |

Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Tabel 9 menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi dan cara aplikasi pupuk hayati PSB pada tanaman pakcoy terhadap klorofil daun. Interaksi terbaik yaitu pemberian konsentrasi 17,5 ml/L dengan cara aplikasi pada daun + pada akar. Namun secara statistik tidak berbeda dengan konsentrasi 12,5 ml/L dengan cara aplikasi pada daun dan tidak berbeda dengan konsentrasi 20 ml/L dengan cara aplikasi pada daun + pada akar.

Temuan ini berbeda dengan penelitian Winarno et al., (2023), yang menyebutkan bahwa konsentrasi 17,5 ml/L dengan metode aplikasi penyemprotan pada daun memberikan hasil terbaik bagi pertumbuhan tanaman pakcoy. Perbedaan hasil ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan, kondisi tanah, serta respons fisiologis tanaman yang bervariasi di setiap penelitian. Selain itu, perbedaan varietas pakcoy yang digunakan dan faktor eksternal lainnya, seperti intensitas cahaya serta tingkat kelembapan, juga dapat mempengaruhi hasil yang tidak sama dengan penelitian Winarno et al., (2023).

Interaksi cara aplikasi pada daun + pada akar memungkinkan pertumbuhan tanaman pakcoy yang lebih optimal. Konsentrasi rendah (12,5 ml/L) sudah menunjukkan hasil yang baik dengan cara aplikasi kombinasi untuk meningkatkan indeks klorofil daun. Hal ini sesuai dengan temuan Rangkuti et al., (2022), ketika diaplikasikan pada daun keberadaan PSB bermanfaat dalam meningkatkan ketersediaan oksigen di sekitar permukaan daun, sehingga mendukung proses fotosintesis. Sementara itu, Dewi et al. (2024), ketika diaplikasikan pada akar keberadaan PSB mampu meningkatkan efisiensi serapan hara oleh tanaman melalui beberapa mekanisme. Interaksi pupuk PSB dengan tanaman serta tanah dapat mengoptimalkan penyerapan nutrisi sekaligus memberikan perlindungan bagi tanaman.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi dan metode aplikasi pupuk hayati bakteri fotosintetik (PSB) berpengaruh terhadap berbagai parameter pertumbuhan pakcoy. Konsentrasi PSB 12,5 ml/L memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman dengan rata-rata 14,13 cm serta nisbah pupus akar dengan rata-rata 6,80 g, sementara konsentrasi PSB 17,5 ml/L berpengaruh terhadap panjang akar dengan rata-rata 16.81 cm pada umur 4 MST. Selain itu, metode aplikasi PSB melalui daun memberikan pengaruh signifikan terhadap bobot kering tanaman sebesar 2,47 g, bobot basah 61,79 g, serta indeks kehijauan daun 42.39 unit pada umur 4 MST. Lebih lanjut, terdapat interaksi antara konsentrasi PSB 12,5 ml/L dengan metode aplikasi kombinasi daun dan akar terhadap tinggi tanaman, serta interaksi antara konsentrasi PSB 12,5 ml/L dengan metode aplikasi akar terhadap indeks kehijauan daun pada umur 4 MST. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi dan metode aplikasi yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy secara optimal.

Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan dilakukan pada skala lapangan untuk mengonfirmasi efektivitas hasil ini dalam kondisi pertanian nyata. Selain itu, studi lebih lanjut dapat mengeksplorasi frekuensi aplikasi PSB yang lebih optimal, pengaruhnya terhadap berbagai varietas pakcoy, serta penerapannya pada tanaman hortikultura lainnya guna memperluas manfaat teknologi ini dalam sistem pertanian yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brahmana, E. M. B., Dahlia, D., Mubarrak, J., Lestari, R. L., Karno, R. K., & Purnama, A. A. P. (2022). Sosialisasi Pembuatan Bakteri Fotosintesis sebagai Penyubur Tanaman. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 2(2), 67–71. <https://doi.org/10.57152/consen.v2i2.463>
- Dewi Tiara, Rahmadina, Z. I. (2024). Pengaruh Pemberian Pupuk Photosynthetic Bacteria (PSB) Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Terong Ungu (*Solanum melongena* L.) Varietas Yuvita F1. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 7(1), 169–175. <https://doi.org/https://doi.org/10.30743/best.v7i1.8636>
- Huda, M. S., Suheri, H., & Nufus, N. H. (2023). Pengaruh Perbdaan pH Larutan Hara Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy dalam Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Agroteksos*, 33(1), 108. <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v33i1.802>
- Istarofah, I., & Salamah, Z. (2017). Growth Of Mustar Green (*Brassica juncea* L.) by Addition Paitan (*Thitonia diversifolia*) Leaves Based Compost. *Bio-Site*, 03(1), 39–46. <https://online-journal.unja.ac.id/BST/article/view/3612>
- Iswi Ardhayani, Muhammad Syafi, i, Y. S. R. (2023). Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk NPK Majemuk Dan Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* Var. Shinta). *Jurnal Agroplasma*, 10(1), 612–620. <https://doi.org/https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/agro/article/view/4837/3713>
- Junior, M. S., Sesanti, R. N., Maulida, D., Sismanto, Ali, F., & Yeni. (2023). Respon Pertumbuhan dan Hasil Pakcoy (*Brassica campestris* var. chinensis) Hidroponik pada Pemberian Konsentrasi Pupuk NPK dan Pupuk Daun. *J. of Horticulture Production Technology*, 1(1), 1–10. <https://jurnal.polinela.ac.id/jht>
- Khoerun Nisa, Arrin Rosmala, S. R. (2024). Pengaruh Dosis Pupuk Organik Hayati dan NPK Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy (*Brassica rapa* L. Ssp.

- Chinensis (L.). *Media Pertanian*, 9(1), 35–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.37058/mp.v9i1.10831>
- Kurnianto, E., & Setiaji, A. (2022). *Analisa Data Dengan Paket Program Sas* (Vol. 1). [www.indomediapustaka.com](http://www.indomediapustaka.com)
- Mastur, H. (2022). Pengaruh Pupuk Hayati Bakteri Fotosintetik terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* var. *parachinensis*) pada Berbagai Konsentrasi dan Cara Aplikasi. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*, 18(2), 105–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1234/jbp.v18i2.105-115>
- Oktapiani Renny, Dicki Prayudi, Erwin Triyana, Ilham Pangestu, Ratih Kartikasari, R. N. (2023). Pengembangan Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) Berbasis Web di SMP Pasundan Rancaekek. *Jurnal Swabumi*, 11(1), 85–92. <https://doi.org/10.31294/swabumi.v11i1.15085>
- Panunggul, V. B., Sitanini, A., Putranto, A. H., Widodo, S. G., & Panjaitan, E. A. P. (2023). Pengaruh Pupuk Kandang dan Bakteri Fotosintesis Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kale (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*). *Agrika*, 17(2), 221. <https://doi.org/10.31328/ja.v17i2.4997>
- Rangkuti, K., Ardilla, D., & Ketaren, B. R. (2022). Pembuatan Eco Enzyme Dan Photosynthetic Bacteria (Psb) Sebagai Pupuk Booster Organik Tanaman. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(4), 3076. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i4.9381>
- Rizal, M., Barokah, U. (2024). Pengaruh Photosynthetic Bacteria (PSB) terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 37–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.31941/biofarm.v20i1.4538>
- Rizqi, M. A., Laupa, M. F. A., Risma, L. C. A., Ekaputri, D., Da'inawari, K., Saragi, L. B., Rahman, K. A., & Apriastika, I. N. (2023). Penyuluhan Pembuatan Pupuk Photosynthetic Bacteria (PSB) sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Pertanian di Desa Argapura, Bogor. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 5(2), 218–225. <https://doi.org/10.29244/jpim.5.2.218-225>
- Sarido, L., & Junia. (2017). Uji Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan Pemberian Pupuk Organik Cair pada Sistem Hidroponik. *J. Agrifor*, 16(1), 65–74. <https://media.neliti.com/media/publications/54602-ID-none.pdf>
- Suharjanto, T., Klau, A. S., Prihandarini, R., & Pratamaningtyas, S. (2022). Kajian Penggunaan Pupuk Hayati R1M dan Kompos Kotoran Kambing Pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Agrika*, 16(2), 154. <https://doi.org/10.31328/ja.v16i2.4254>
- Thompson, T. L. (2018). Amandemen untuk Tanah yang Lebih Sehat. *Journal Echo Asia Notes*, 1(36), 1–5. [https://assets.echocommunity.org/publication\\_issue/e207565e-b9a6-4db2-8f09-335b651267c0/id/amandemen-untuk-tanah-yang-lebih-sehat.pdf](https://assets.echocommunity.org/publication_issue/e207565e-b9a6-4db2-8f09-335b651267c0/id/amandemen-untuk-tanah-yang-lebih-sehat.pdf)
- Titrawani, T., Nasution, D. D., Fathuroji, A. F., Sintika, D. M., Hudiyan, S., & Nurdiyanah, S. (2022). Pembuatan Dan Pengaplikasian Bakteri Fotosintesis (*Synechococcus* Sp.) Pada Tanaman Obat Keluarga (Toga) Di Desa Suka Mulya. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 1(2), 145–149. <https://doi.org/10.59188/jcs.v1i2.25>
- Wen, Z., White, P. J., Shen, J., & Lambers, H. (2022). Linking root exudation to belowground economic traits for resource acquisition. *New Phytologist*, 233(4), 1620–1635. <https://doi.org/10.1111/nph.17854>
- Winarno, W., Ali, M., Pratiwi, Y. I., & Nisak, F. (2023). Peningkatan Pertumbuhan dan

Hasil Tanaman Pakchoy (*Brassica rapa* L.) dengan Pupuk Organik Cair Plus Bakteri Fotosintetik. *Agrika*, 17(2), 272. <https://doi.org/10.31328/ja.v17i2.5050>  
Yuliansah, M. R., Maghfoer, M. D., & Soelistyono, R. (2018). Pengaruh Naungan dan Pemberian Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* (L.)). *Produksi Tanaman*, 6(2), 324–330. <https://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/649/655>