

Effect of Nanobubble Technology Gamal Leaf POC on Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Quality in Hydroponic

Mufidah Insani Tazri¹, Resti Fevria^{1,2}, Vauzia¹, Abdul Razak¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Article History

Received : March 25th, 2025

Revised : April 09th, 2025

Accepted : April 18th, 2025

*Corresponding Author:

Resti Fevria, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;
Email:

restifevria@fmipa.unp.ac.id

Abstract: Pakcoy (*Brassica rapa L.*) production in Indonesia has declined due to limited land and reliance on costly inorganic fertilizer such as ABmix. Therefore, alternative fertilizer that are more efficient and environmentally friendly are needed. This study aimed to examine the effects of the liquid organic fertilizer (POC) made from gamal leaves (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth) using nano bubble technology on the growth and quality of pakcoy in a hydroponic system. A Completely Randomized Design (CRD) was used with five treatments: P1 (100% ABmix), P2 (75% ABmix +25% POC nano), P3 (50% ABmix+50% POC nano), P4 (25% ABmix+75% POC nano), and P5 (100% POC nano) each replicated five times. Observed parameters included plant height, leaf number and area, and fresh and dry weight. Result showed that treatment P3 gave the best performance in all observed variables. The balanced combination of ABmix and POC nano improve nutrient availability and photosynthetic efficiency, supporting optimal plant growth. Nano POC from gamal leaves shows potential as an alternative organic fertilizer in hydroponic systems, though further research is needed to understand its long-term effects and broader application.

Keywords: Gamal leaves, hydroponic, liquid organic fertilizer, nano bubble technology, pakcoy.

Pendahuluan

Hasil analisis data dari BPS (2024), diperoleh informasi bahwa total populasi di Indonesia saat ini mencapai sekitar 279 juta jiwa. Seiring meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan perumahan, infrastruktur, dan fasilitas umum juga ikut meningkat yang secara tidak langsung menyebabkan alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian. Akibatnya, ketersediaan lahan untuk budidaya tanaman semakin terbatas. Pertumbuhan tersebut juga mempunyai dampak langsung pada permintaan, termasuk pada sayuran. Terutama komoditas sayuran seperti tanaman pakcoy.

Pakcoy (*Brassica rapa L.*) menjadi sayuran yang populer karena kandungan

nutrisinya yang kaya, termasuk protein, kalsium, lemak, fosfor, zat besi, serta mengandung vitamin A, B C, E serta K, yang berperan dalam menjaga Kesehatan. Pakcoy digemari karena memiliki potensi ekonomi yang tinggi (Susilo, 2017). Namun berdasarkan data Direktorat Jenderal Holtikultura, Kementerian Pertanian (2024), produksi sayuran sawi di Indonesia dari 760. 608 ton pada tahun 2022, angka tersebut menurun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023, dengan luas panen yang menyusut dari 71.390 Ha menjadi 69.190 Ha.

Sistem hidroponik muncul sebagai Solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan keterbatasan lahan pertanian. Teknologi hidroponik memungkinkan tanaman tumbuh dengan memanfaatkan larutan bernutrisi dalam

air sebagai pengganti tanah, sehingga kebutuhan unsur hara tetap terpenuhi (Fevria *et al.*, 2021). Menurut Barbosa *et al.*, (2015), sistem hidroponik mempunyai berbagai keunggulan dibandingkan sistem pertanian konvensional, termasuk efisiensi penggunaan air dan nutrisi yang lebih tinggi produk yang lebih bersih serta pengendalian hama dan penyakit yang lebih mudah.

Keberhasilan budidaya tanaman dalam sistem hidroponik sebagian besar bergantung pada nutrisi. Pupuk kimia sintesis ABmix adalah nutrisi yang populer dalam hidroponik, tetapi penggunaannya memiliki sejumlah kekurangan, termasuk biaya yang relatif mahal dan kemungkinan resiko kesehatan. Upaya pengurangan penggunaan pupuk sintesis ABmix, dapat dilakukan melalui pemanfaatan pupuk organik yang dinilai lebih ramah terhadap ekosistem. Salah satu jenis pupuk yang dapat digunakan dengan mudah diaplikasikan dalam berbagai metode pertanian adalah pupuk organik cair (POC) (Masluki *et al.*, 2015).

Pertanian organik, ekstrak daun gamal (*Gliricidia sepium*) yang difungsikan sebagai pupuk organik cair (POC) dapat menjadi alternatif kaya nutrisi untuk sistem pertanian organik. Tanaman ini, yang termasuk dalam kelompok kacang-kacangan, memiliki kadar nitrogen tinggi dan unsur hara esensial lainnya, menjadikannya bahan baku yang ideal untuk produksi pupuk organik cair (Paulus *et al.*, 2020). Daun gamal memiliki sejumlah unsur penting yang dibutuhkan tanaman termasuk kalsium (Ca) 2,06%, Magnesium (Mg) 0,29. Kalium (K) 2,65%, Fosfor (P) 0,22%, dan Nitrogen (N) 3,15% (Efendi, 2022).

Mengoptimalkan penyerapan nutrisi oleh tanaman dalam sistem hidroponik, teknologi gelembung nano mampu diintegrasikan ke dalam sistem. Ilmu pengetahuan dan teknologi yang dikenal sebagai teknologi gelembung nano yang dapat mengontrol gelembung pada skala nano, menciptakan kegunaan baru yang sebelumnya tidak terbayangkan (Razak, 2021). Potensi air gelembung nano untuk meningkatkan oksigenasi pada akar tanaman merupakan faktor yang penting. Meningkatnya kadar oksigen di sekitar akan berperan dalam mempercepat pertumbuhan akar, mengoptimalkan

penyerapan nutrisi oleh tanaman, serta menciptakan kondisi yang lebih mendukung bagi mikroorganisme tanah, sehingga memberikan manfaat yang lebih luas (Zhou *et al.*, 2019). Merujuk pada pemaparan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari POC nano daun gamal (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth) terhadap tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung dari Juli hingga Oktober 2024 di Laboratorium Penelitian dan rumah kawat Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Padang.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu eksperimental dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima jenis perlakuan dan lima ulangan :

- P1 : 100% ABmix
- P2 : 75% ABmix+25% POC nano
- P3 : 50% ABmix+50% POC nano
- P4 : 25% ABmix+75% POC nano
- P5 : 100% POC nano

Alat dan Bahan

Sejumlah peralatan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini, termasuk sistem wick atau sistem sumbu, gelas plastik, baki, gelas ukur 250 ml, beaker glass 1000 ml, timbangan digital, batang pengaduk, timbangan manual, pH meter, TDS meter, DO meter, penggaris, oven, corong kaca, botol semprot, saringan, pisau, gunting, kamera, alat tulis, rockwool, netpot, serta aerator nanobubble. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari bibit pakcoy, daun tanaman gamal (*Gliricidia sepium*), air kelapa, EM4, kertas koran, tali, karton, label, kertas A4.

Parameter Pengamatan

Kajian ini mencakup lima parameter yang diukur dan diamati, meliputi tinggi tanaman pakcoy, jumlah dan luas daun, berat basah serta berat kering tanaman. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan secara berkala setiap minggu mulai dari bagian basal batang hingga mencapai daun pada posisi paling atas menggunakan alat ukur berupa penggaris, dengan pencatatan setiap

minggu selama enam minggu setelah tanam. Jumlah daun dihitung setiap minggu hingga usia tanaman mencapai enam MST, dengan hanya memperhitungkan daun yang telah tumbuh dengan berkembang sempurna. Luas daun diukur pada minggu keenam setelah tanam (MST) menggunakan metode penimbangan serta perhitungan berdasarkan rumus yang telah ditentukan. Setiap daun dianalisis kecuali dua daun pertama yang muncul saat perkecambahan. Untuk perhitungan luas daun, metode gravimetri dapat diterapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LD = \frac{BD \text{ (berat daun)} \times LK \text{ (Luas Kertas)}}{BK \text{ (Berat kertas)}}$$

Akhir minggu keenam (MST), berat basah tanaman diperoleh melalui penimbangan seluruh bagian tanaman, mencakup akar, batang, dan daun, melalui proses pengeringan dalam oven bersih selama 48 jam pada temperatur 60°C hingga memperoleh bobot konstan stabil.

Analisis Data Penelitian

Hasil pengumpulan data pengamatan, dianalisis lebih lanjut menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan bantuan perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis data kemudian diikuti oleh uji Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ditingkat signifikansi 5%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Merujuk pada hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan POC daun gamal menggunakan teknologi gelembung nano sebagai nutrisi pada tanaman pakcoy, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tinggi tanaman

Hasil uji ANOVA, data dari pengamatan tinggi tanaman didapatkan bahwa $F_{hitung} (11,599) > F_{tabel} (2,87)$, adanya terdapat perbedaan nyata. Sehingga dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT. Hasil uji DMRT ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman (cm) yang diamati pada minggu ke 6 setelah tanam (MST)

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)
P1	21, 6 ^{bc}
P2	23, 1 ^c
P3	24, 34 ^d
P4	20,16 ^{ab}
P5	19, 18 ^a

Keterangan : Angka-angka yang memiliki huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%

Jumlah Daun

Data dari jumlah daun yang dianalisis dengan uji ANOVA menggunakan SPSS memiliki $F_{hitung} (12,123) > F_{tabel} (2,87)$, terdapatnya perbedaan nyata sehingga dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT. Hasil dari uji lanjutan DMRT ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Rerata jumlah daun (helai) yang diamati pada minggu ke-6 setelah tanam (MST)

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun (helai)
P1	13, 2 ^a
P2	14, 2 ^c
P3	16, 8 ^c
P4	13 ^b
P5	11, 8 ^a

Keterangan : Huruf yang sama pada data dalam kolom menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5 %.

Luas Daun

Hasil analisis varians terhadap data pengamatan menunjukkan $F_{hitung} (6,110) > \text{nilai standar dalam tabel } F_{tabel} (2,87)$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Adanya perbedaan nyata, oleh karena itu, dilakukan uji Duncan atau DMRT. Hasil uji Duncan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rerata luas daun (cm²) tanaman pakcoy yang diamati pada minggu ke-6 setelah tanam (MST)

Perlakuan	Rata-rata luas daun (cm ²)
P1	598, 502 ^b
P2	409,396 ^a
P3	665, 911 ^c
P4	495, 965 ^b
P5	277, 171 ^a

Keterangan : bilangan yang ditandai dengan huruf yang sama dalam kolom yang bersamaan menandakan bahwa perbedaannya tidak signifikan menurut DMRT pada taraf 5%.

Berat Basah

Data pengamatan berat basah diperoleh dari pengamatan dianalisis menggunakan analisis varians dan menunjukkan Fhitung (2,948) > Ftabel (2,87), ditemukannya perbedaan yang nyata. Oleh sebab itu, analisis dilanjutkan uji DMRT Yang ditunjukkan dalam tabel 4.

Tabel 4. Rerata berat basah (g) tanaman pakcoy yang diamati pada minggu ke-6 setelah tanam (MST)

Perlakuan	Rata-rata berat basah (g)
P1	86, 66 ^a
P2	90, 34 ^a
P3	106, 7 ^b
P4	84, 36 ^a
P5	71 ^a

Keterangan : Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menandakan bahwa tidak signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berat Kering

Data berat kering dianalisis menggunakan sidik ragam, menghasilkan Fhitung (6,838) > Ftabel (2,87), sehingga hipotesis nol (H0) ditolak dan hipotesis alternatif (H1) dinyatakan benar. Uji lanjut DMRT dilakukan untuk melihat perbedaan signifikan antar perlakuan, dengan hasilnya ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Rerata berat kering (g) tanaman pakcoy yang diamati pada minggu ke-6 setelah tanam (MST).

Perlakuan	Rata-rata berat kering (g)
P1	30,78 ^a
P2	40,66 ^b
P3	51,08 ^c
P4	36,78 ^b
P5	23,16 ^a

Keterangan : Angka yang memiliki huruf yang sama dalam satu kolom menandakan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%.

Pembahasan

Tinggi tanaman

Rata-rata tinggi tanaman yang ditampilkan pada tabel 1, menunjukkan variasi terhadap jumlah daun setiap perlakuan yang diterapkan. Rata-rata tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 (50% ABmix + 50% POC nano), yaitu 24,34 cm yang menunjukkan bahwa dampak paling efektif terbesar terhadap pertumbuhan tanaman.

Sementara itu, perlakuan P3 (50% ABmix + 50% POC nano) dan P2 (75% ABmix + 25% POC nano) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu sama yang lain. Namun, keduanya memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan P4 dan P5, yang mengindikasikan bahwa perlakuan P3 menghasilkan tingkat pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan perlakuan-perlakuan lainnya.

Ketersediaan nutrisi tanaman dalam jumlah yang mencukupi juga seimbang berperan penting pada berbagai proses fisiologis serta berkontribusi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Perkembangan akar yang kuat, pemeliharaan pertumbuhan vegetatif, dan kontrol metabolisme tanaman semuanya bergantung pada unsur hara makro seperti kalium, fosfor, dan nitrogen. Sebagai contoh, sintesis protein dan klorofil yang mendorong fotosintesis dan pertumbuhan daun bergantung pada nitrogen. Menurut Efendi (2022), yang mengatakan bahwa kandungan unsur hara yang paling tinggi pada daun gamal yaitu nitrogen. Sehingga pada penelitian ini, dapat membantu dan menambahkan unsur hara yang ada pada Abmix karena sumber nutrisinya yang seimbang seperti pada P3 (50% ABmix + 50% POC nano).

Proses pembelahan sel, pertumbuhan ukuran, dan pemanjangan sel dapat berlangsung lebih cepat apabila tersedia dalam jumlah yang mencukupi serta seimbang untuk mendukung pertumbuhan yang cepat pada beberapa bagian tanaman (Mutryarny et al., 2014). Menurut Gunwan et al., (2014), ketersediaan nitrogen memicu proses pembelahan sel. Karena ada cukup unsur nitrogen yang tersedia, pembelahan sel akan berjalan cepat. Fungsi utama nitrogen adalah untuk mendorong perkembangan secara umum, terutama pertumbuhan batang, yang mendorong pertumbuhan tanaman. Pada tanaman, nitrogen penting untuk proses pembelahan sel, pemanjangan, dan sintesis karbohidrat.

Jumlah daun

Perlakuan P3 (50% ABmix + 50% POC nano) pada tabel 2, mendapatkan jumlah daun terbanyak yaitu 16,80 helai, dan menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan P5 (100% POC nano), yang memiliki helai daun terendah yaitu 11,80 helai. P2 (75% ABmix +

25% POC nano) dengan 14,20 helai daun tidak berbeda nyata dengan P3, sedangkan P1 (100% ABmix) dan P4 (25% ABmix +75% POC nano) mempunyai jumlah daun yang lebih sedikit dan tidak mempunyai signifikan satunsam lain.

Daun tanaman adalah organ penting yang membantu dalam proses fotosintesis dimana mereka menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi. Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, yang diperlukan untuk membentuk klorofil. Menurut Violita (2017), semakin tinggi kebutuhan nitrogen untuk sintesis klorofil dalam proses fotosintesis, maka jumlah daun yang dihasilkan oleh tanaman juga semakin banyak. Faktor ini secara langsung mempengaruhi peningkatan tinggi tanaman. Karena tanaman dengan lebih banyak daun dapat menyerap energi lebih optimal dan menghasilkan lebih banyak biomassa.

Tahap pertumbuhan vegetatif, unsur nitrogen (N) berperan penting dalam membantu meningkatkan panjang dan tinggi tanaman, terutama pada bagian daun dan batang. Proses pengelolaan tanaman, mulai dari persiapan media tanam, pemberian unsur hara dalam bentuk cair, perawatan rutin, aplikasi nutrisi, hingga tahapan panen dan penanganan setelah panen, berperan penting dalam menentukan keberhasilan sistem hidroponik (Fevria, 2021).

Luas daun

Luas daun merupakan salah satu aspek yang menentukan dalam proses perkembangan vegetatif tanaman yang secara langsung mencerminkan daya serap tanaman terhadap cahaya matahari. Semakin luas permukaan daun, semakin besar area yang tersedia untuk penangkapan cahaya dan pertukaran gas, sehingga meningkatkan efisiensi fotosintesis.

Sejalan dengan Fevria *et al.*, (2023), bahwa proses fotosintesis pada tanaman meningkat seiring dengan jumlah klorofil pada daun. Mekanisme penting untuk mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah fotosintesis. Lebih banyak reaksi fotosintesis akan terjadi ketika jumlah klorofil lebih tinggi, dan sebaliknya. Ada kemungkinan respon fotosintesis tidak optimal jika jumlah klorofil sedikit atau tidak ada sama sekali.

Daun adalah lokasi dimana proses fotosintesis berlangsung. Jumlah daun yang

dimiliki tanaman akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya secara lebih efektif, karena cahaya dapat diterima secara lebih merata, tanaman akan menghasilkan daun dengan kandungan klorofil lebih tinggi dan berwarna hijau. Hal ini memungkinkan tanaman untuk menghasilkan lebih banyak fotosintat dengan meningkatkan laju asimilasi bersih secara keseluruhan, tanaman dapat menghasilkan organ lebih cepat jika lebih banyak fotosintat (Nawu *et al.*, 2016). Menurut Vauzia *et al.*, (2019), klorofil memainkan peran penting dalam fotosintesis, yang menggunakan sinar matahari untuk mengubah bahan senyawa anorganik menjadi bahan faktor lingkungan yang mempengaruhi pada pertumbuhan tanaman, karena intensitas cahaya berperan penting dalam mengontrol laju fotosintesis tanaman (Anhar *et al.*, 2017).

Berat basah

Berat basah pada tanaman dapat diartikan sebagai akumulasi hasil fotosintat yang terdiri dari berbagai komponen penting seperti lipid, protein, dan karbohidrat. Melalui proses fotosintesis, tanaman memanfaatkan energi matahari untuk mengubah CO₂ dan air menjadi senyawa glukosa. Selain sebagai sumber energi, glukosa yang terbentuk juga dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam sintesis berbagai molekul penting bagi tanaman. Lipid dan protein dibentuk dari glukosa, dan keduanya memiliki fungsi penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Anzila & Asngad, 2022).

Analisis berdasarkan pada tabel 4, membuktikan bahwa berat basah yang tertinggi yaitu pada P3 (50% ABmix + 50% POC nano) yaitu pada 106,7 g dan berat basah yang paling rendah pada P5 (100% POC nano) yaitu 71 g. Berat basah yang tinggi menggambarkan keberhasilan tanaman dalam mengakumulasi hasil fotosintat yang diperlukan untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini mencerminkan efisiensi proses fotosintesis serta penggunaan sumber daya air dan nutrisi oleh tanaman. Dalam kondisi optimal, tanaman dapat secara efektif menyerap air dan nutrisi, sehingga mendukung pertumbuhan yang sehat, tampak dari berat basah yang lebih tinggi.

Berat basah yang rendah bisa menandakan adanya gangguan dalam proses metabolisme tanaman. Hambatan ini bisa disebabkan oleh

berbagai faktor, seperti keterbatasan air, kekurangan nutrisi, atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung, seperti suhu ekstrem.

Berat kering

Berat kering merepresentasikan hasil akumulasi beragam nutrisi, seperti protein, karbohidrat, dan lemak, yang berasal dari hasil fotosintesis dan tersimpan dalam batang serta daun. Selama fase pertumbuhan tanaman melakukan fotosintesis. Fotosintesis bergantung pada kecukupan unsur hara, sehingga ketika tanaman lebih banyak nutrisi, akumulasi hasil fotosintesis juga akan meningkat (Nurjanaty *et al.*, 2019).

Berdasarkan analisis yang dilakukan, P3 (50% ABmix +50% POC nano) menghasilkan berat kering rata-rata tertinggi, sementara P5 (100% POC nano) memiliki nilai terendah. Beberapa faktor mempengaruhi bobot kering pada pakcoy, diantaranya adalah kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan pencahayaan. Berat kering dari tanaman menunjukkan kondisi dari tanaman tersebut. Selain itu, parameter ini berperan sebagai penanda yang mencerminkan sejauh mana pertumbuhan dan perkembangan tanaman berlangsung, dengan keterkaitannya yang erat terhadap keberadaan unsur hara (Sitorus *et al.*, 2014).

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa P3 (50% ABmix + 50% POC nano) merupakan kombinasi terbaik dalam penggunaan pupuk organik cair (POC) daun gamal dengan teknologi gelembung nano. Temuan dari penelitian ini memperlihatkan bahwa perlakuan tersebut menghasilkan efek yang baik pada seluruh aspek pertumbuhan, seperti tinggi tanaman, jumlah dan luas daun, serta berat basah dan berat kering. Dengan demikian, kombinasi ABmix dan POC yang seimbang mampu mengoptimalkan ketersediaan unsur hara dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Penggunaan POC nano daun gamal dapat menjadi alternatif pupuk yang efektif dalam sistem hidroponik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing,

Ibuk Dr. Resti Fevria, S.TP, M.P, atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi. Ucapan terimakasih juga kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam mendukung kelancaran penelitian. Terimakasih kepada program studi Biologi, Universitas Negeri Padang yang telah menyediakan fasilitas yang dibutuhkan dalam penelitian.

Referensi

- Anzila, S.M., & Asngad, A. (2022). Efektivitas kombinasi POC bonggol pisang dan daun terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan metode hidroponik. *Bio-lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*. 9(2), 168-178. <https://doi.org/10.31849/bl.v9i2.10754>.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Jumlah penduduk pertengahan tahun. Kependudukan dan migrasi. Jakarta: BPS-statistic Indonesia. Diambil pada tanggal 06 Oktober 2024, melalui <https://www.bps.go.id/id/statistic-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun-ribu-jiwa-.html>
- Barbosa, G. L., Gadelha, F. D. A., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohleb, G. M., & Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs conventional agricultural methods. *International journal of environmental research and public health*. 12(6), 6879-6891. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
- Direktorat Jenderal Holtikultura, Kementerian Pertanian. (2024). *Buku atap hortikultura 2023, kementerian pertanian*. Jakarta. https://hortikultura.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2024/04/buku_atap_2023.pdf
- Efendi, D. S. (2022). Pengaruh pemberian pupuk organik cair daun gamal dan pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica rapa* L.). *Jurnal ilmiah mahasiswa pertanian [JIMTANI]*, 2(3), 1-14.
- Fevria, R., Alisiafarma, S., Vauzia., Edwin, E &

- Purnamasari, D. (2021). Comparison of nutritional content of spinach (*Amaranthus gangetius* L.) Cultivated hydroponically and non-hydroponically. *Eksata: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464)*. 22(1), 46-53.
- Fevria, R, Vauzia, V., Farma, S. A., Kardiman, R., Edwin, E. (2023). The effect of Eco-enzyme Spraying on Chlorophyll Content of Hydroponic Lettuce (*Lactuca sativa* L.). In M. Fadilah et al. (Eds). *IcoBioSE 2021, ABSR* 32 (pp. 297-303).
- Gunawan, E., Ariani, E, Khoiri, M. A. (2014). Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan berbagai dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursey. *Jom Faperta UNRI: Jurnal online mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*. 1(2), 1-12.
- Masluki, M., Naim, M., & Mutmainnah, M. (2016). Pemanfaatan pupuk organik cair (POC) pada lahan sawah melalui sistem mina padi. *Prosiding*. 2(1).
- Mutryarny, E, Endriani, E., & Lestari, U. S. (2014). Pemanfaatan urine kelinci untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica rapa* L.) Varietas toसान. Liquid Organic Rabbit Fertilizer Application On Growth And Production Of Mustard Varietas Tosakan. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(2), 23-34. DOI: <https://doi.org/10.31849/jip.v11i2.1246>
- Nawu, N. N, Pembengo, W, & Zainudin, A. (2016). Pertumbuhan dan hasil tanaman bayam (*Amaranthus* sp L.) Berdasarkan pola tanam tumpang sari tanaman sayuran lainnya. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika (JATT)*. 5(3), 308-312.
- Nurjanaty, N, Linda, R, & Mukarlina, M. (2019). Pengaruh cekaman air dan pemberian pupuk daun terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica rapa* L.) *Protobiont*. 8(3). DOI: <https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i3.36700>
- Paulus, J. M., Najooan, J., Supit, P. C., Tiwow, D. S. (2020). Aplikasi POC (pupuk organik cair) daun gamal untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung manis berbasis organik. *Jurnal pengembangan penyuluhan pertanian*. 17(31), 38-45. DOI: <https://doi.org/10.36626/jpppp.v17i3.1416>.
- Razak, A. (2021). *Ekonanobioteknologi konsep pendekatan pengembangan bidang kajian zoologi dan ekologi hewan*. Orasi Ilmiah. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Sari, A. W, Anhar, A, & Zein, A. (2017). Respon pertumbuhan dan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan pemberian bokashi tithonia (*Tithonia diversifolia*). *Bioscience*. 1(1), 79-85.
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., & Rahmawati, N. (2014). Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu broiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 2(3), 1021-1029. DOI: <https://doi.org/10.32734/jaet.v2i3.7455>
- Susilo, E. (2016). *Peluang usaha dari budidaya sawi pakcoy*. Literindo: Yogyakarta.
- Vauzia, V, Fevria, R, & Wijaya, Y. T. (2019). Chlorophyll content of jabon leaves (*Anhocephalus cadamba* [Roxb] Miq.) in the sungai Nyalo, Pesisir Selatan and Lubuk Alung, Padang Paeriaman. *Bioscience*. 3(2), 155-160. DOI: <https://doi.org/10.24036/0201932106049-0-00>
- Violita. (2017). Efisiensi penggunaan nitrogen (Nue) dan resorpsi nitrogen pada hutan taman nasional bukit duabelas dan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bioscience*. 1(1), 8-17. DOI: [10.24036/02017117185-0-00](https://doi.org/10.24036/02017117185-0-00)
- Zhou, Y, Zhou, B, Xu, F, Muhammad, T & Li, Y. (2019) Appropriate dissolved oxygen concentration and application stage of micro-bubble water oxygenim in greenhouse crop plantation. *Agricultural water management*. 223. 105713. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105713>