

## Influence of *Tithonia* POC and Nano Bubble Technology on Hydroponic Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Quality

Rachel Alqaramah<sup>1</sup>, Resti Fevria<sup>1,2\*</sup>, Vauzia<sup>3</sup>, Abdul Razak<sup>4</sup>

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

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

### Article History

Received: March 06<sup>th</sup>, 2025

Revised : March 20<sup>th</sup>, 2025

Accepted : April 13<sup>th</sup>, 2025

### \*Corresponding Author:

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

[restifevria@fmipa.unp.ac.id](mailto:restifevria@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract:** Hydroponics offers a modern agricultural solution to overcome land limitations in urban settings. Despite its advantages, the system commonly relies on synthetic fertilizers like AB Mix, which are costly and may pose environmental risks. As a sustainable alternative, liquid organic fertilizer (POC) derived from *Tithonia diversifolia*, combined with nanobubble technology, may improve nutrient uptake efficiency in plants. This study aimed to evaluate the effect of combining AB Mix and nano POC on the growth of pakcoy (*Brassica rapa* L.) in a nanobubble-based hydroponic system. A Completely Randomized Design (CRD) was used with five treatments and five replicates: P1 (100% AB Mix), P2 (75% AB Mix + 25% nano POC), P3 (50% AB Mix + 50% nano POC), P4 (25% AB Mix + 75% nano POC), and P5 (100% nano POC). The measured variables were plant height, leaf number, leaf area, fresh weight, and dry weight. ANOVA and Duncan's 5% test showed that P2 resulted in the best growth, while P5 had the lowest. These results indicate that nano POC is effective as a supplementary nutrient but cannot fully replace inorganic fertilizers. Further research is necessary to determine the optimal composition and its influence on plant quality.

**Keywords:** Hydroponics, liquid organic fertilizer, *Tithonia diversifolia*, Nano bubble technology, pakcoy.

## Pendahuluan

Pertumbuhan populasi Indonesia yang mencapai 279 juta jiwa pada tahun 2024 (BPS, 2024) berdampak pada peningkatan aktivitas pembangunan di berbagai wilayah, terutama di pusat-pusat kota. Peningkatan tersebut menyebabkan degradasi lahan pertanian dan menyulitkan petani dalam mengolah lahan yang semakin terbatas. Pertumbuhan populasi juga meningkatkan permintaan bahan pangan, khususnya sayuran dan buah-buahan, yang tidak sebanding dengan ketersediaan lahan akibat konversi lahan pertanian menjadi permukiman. Sistem hidroponik dapat menjadi alternatif dalam usaha pertanian serta berpotensi sebagai solusi ketahanan pangan. Bercocok tanam dengan teknik hidroponik

adalah cara menanam tanaman yang memanfaatkan air, bukan tanah, sebagai media pertumbuhannya, sehingga dapat memaksimalkan penggunaan lahan yang terbatas. (Roidah, 2015).

Pakcoy merupakan salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik. Varietas tanaman berumur singkat ini menyajikan densitas nutrisi luar biasa, kaya akan vitamin kompleks K, A, C, E dan senyawa folat, meski siklus hidupnya relatif cepat (Rizal, 2017). Tanaman ini telah menjadi sayuran populer di Indonesia dan sering menjadi pilihan utama masyarakat, bersaing dengan sayuran lain seperti sawi hijau dan selada. (Herwibowo & Budiana, 2014).

Hidroponik, teknik kultivasi dari akar kata Yunani "*hydro*" (air) dan "*ponos*" (kerja),

menerapkan sistem pemanfaatan medium cair diperkaya nutrisi sebagai sumber esensial mendukung perkembangan vegetatif tanaman (Himanyana & Aini, 2018). Hidroponik memiliki sejumlah keunggulan, seperti tidak bergantung pada musim, menghasilkan kualitas tanaman yang lebih baik, lebih higienis, efisien dalam penggunaan pupuk, mudah dalam perawatan, bebas dari pestisida, serta membutuhkan tenaga kerja yang minimal (Fevria, 2021). Sistem ini dapat diterapkan melalui berbagai metode, salah satunya sistem sumbu (wick) yang mengalirkan larutan nutrisi ke media tanam. Keberhasilan budidaya dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dan formulasi nutrisi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman (Fitriyani et al., 2023).

Nutrisi AB Mix mengandung 16 unsur esensial, terdiri atas unsur makro (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro (Fe, Mn, Bo, Mo, Co, Zn, dan Cl). Unsur makro dibutuhkan dalam jumlah besar, sedangkan unsur mikro diperlukan dalam jumlah kecil namun tetap penting bagi pertumbuhan tanaman (Suarsana et al., 2019). Formulasi sintesis AB-mix menunjukkan limitasi berupa harga premium dan potensi risiko kesehatan akibat kandungan kimianya, sehingga pupuk organik cair (POC) berbasis kompos terfermentasi, bahan alami, dan air menawarkan alternatif ekologis untuk mengurangi ketergantungan pada nutrisi sintesis dengan tetap memenuhi kebutuhan nutrisi spesifik tanaman (Masluki et al., 2015).

Pupuk cair organik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pupuk padat, terutama dalam hal kemudahan penggunaan. Unsur hara dalam bentuk cair lebih cepat diserap tanaman, dan kandungan mikroorganismenya membantu mengatasi defisiensi nutrisi. Selain itu, pupuk ini tidak menyebabkan kehilangan hara akibat pencucian, mampu menyuplai nutrisi secara cepat, serta proses pembuatannya relatif lebih singkat. Aplikasinya juga lebih praktis karena dapat langsung disemprotkan ke tanaman (Fitria, 2013).

Paitan (*Tithonia diversifolia*), atau sering disebut bunga matahari Meksiko, adalah gulma perdu dari famili Asteraceae yang umum tumbuh di area pertanian maupun non-pertanian. Tanaman ini dapat diolah menjadi pupuk organik, baik dalam bentuk padat

maupun cair (Mardianto, 2014). Keunggulannya antara lain pertumbuhan biomassa yang cepat, adaptasi yang luas, kemampuan tumbuh di lahan kurang subur, serta proses dekomposisi yang cepat. Selain itu, kandungan haranya yang tinggi membantu memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan hasil pertanian (Nurrohman et al., 2014).

*Tithonia diversifolia* belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat meskipun berpotensi sebagai sumber pupuk organik. Menurut Hartatik (2007), terdapat kandungan unsur hara utama berupa nitrogen (3,43%), fosfor (0,31%), kalium (4,16%), kalsium (1,14%), dan magnesium (0,78%) yang berperan dalam menunjang pertumbuhan tanaman serta mendukung keberlanjutan sistem pertanian.

Sistem hidroponik memiliki keterbatasan dalam efisiensi pemberian nutrisi, khususnya pada sistem sumbu yang bersifat pasif. Penelitian ini mengusulkan penerapan teknologi gelembung nano sebagai solusi inovatif. Teknologi ini bekerja dengan mereduksi ukuran partikel nutrisi menjadi skala nanometer ( $1 \times 10^{-9}$  meter). Pada skala nano, material memperoleh sifat-sifat unik yang tidak dimiliki dalam bentuk makro. Implementasi teknologi meningkatkan kelarutan nutrisi secara signifikan. Hasil penelitian Razak (2021) membuktikan efektivitas metode ini dalam optimalisasi penyerapan nutrisi tanaman.

Aplikasi teknologi nano dalam formulasi pupuk memungkinkan pengaturan pelepasan nutrisi yang lebih presisi melalui mekanisme terkontrol. Hasil penelitian Zaidy et al. (2021) membuktikan keunggulan gelembung nano dalam meningkatkan oksigen terlarut secara signifikan dibandingkan metode aerasi konvensional. Sistem nano mendukung penyerapan nutrisi secara selektif oleh tanaman, sehingga meminimalkan risiko defisiensi hara. Struktur nanomaterial berlapis pelindung mampu mempertahankan ketersediaan nutrisi dalam jangka panjang. Mekanisme pelepasan bertahap nanopartikel meningkatkan efisiensi serapan hara hingga 40% dibanding pupuk konvensional (Yanuar & Widawati, 2014).

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung pada bulan Juli hingga Oktober 2024 dan dilaksanakan di rumah kawat serta Laboratorium Penelitian, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan dan lima ulangan. Adapun perlakuan yang diberikan meliputi:

P1: 100% AB Mix,

P2: 75% AB Mix + 25% POC nano,

P3: 50% AB Mix + 50% POC nano,

P4: 25% AB Mix + 75% POC nano, dan

P5: 100% POC nano.

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sistem wick, baki tanam, gelas plastik, gelas ukur 250 mL, beaker glass 1000 mL, batang pengaduk, timbangan digital dan manual, pH meter, TDS meter, penggaris, oven, corong kaca, botol semprot, pisau, gunting, kamera, rockwool, netpot, serta aerator nanobubble. Adapun bahan yang digunakan terdiri atas bibit pakcoy, tanaman paitan, air kelapa, dan EM4 sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair (POC).

### Paramater Pengukuran

Parameter pertumbuhan tanaman dievaluasi berdasarkan dua variabel utama, yakni tinggi tanaman dan jumlah daun. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap tiga hari sekali mulai dari minggu pertama hingga minggu kelima setelah tanam, menggunakan penggaris sebagai alat ukur. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang hingga daun tertinggi sebagai titik acuan. Sementara itu, jumlah daun dihitung setiap minggu dengan hanya memasukkan daun yang telah berkembang secara sempurna sesuai kriteria seleksi.

Pengukuran luas daun dilakukan dengan metode gravimetri mengacu pada protokol (Irwan & Wicaksono, 2017). Seluruh daun tanaman diamati kecuali dua daun primer pada fase perkecambahan. Rumus  $LD = BD \times LK/BK$

diterapkan untuk menghitung luas daun, di mana BD merepresentasikan berat daun, LK menunjukkan luas kertas, dan BK menyatakan berat kertas. Pendekatan ini memberikan estimasi akurat terhadap total luas daun selama penelitian.

Penimbangan berat basah tanaman dilakukan pada akhir masa penelitian, yaitu pada usia lima minggu setelah tanam, dengan menimbang seluruh bagian tanaman yang meliputi akar, batang, dan daun. Sementara itu, berat kering tanaman diperoleh melalui proses pengeringan seluruh bagian tanaman tersebut dalam oven pada suhu 60°C hingga diperoleh bobot yang konstan. Data berat kering ini digunakan sebagai acuan untuk analisis biomassa kering tanaman pada tahap selanjutnya.

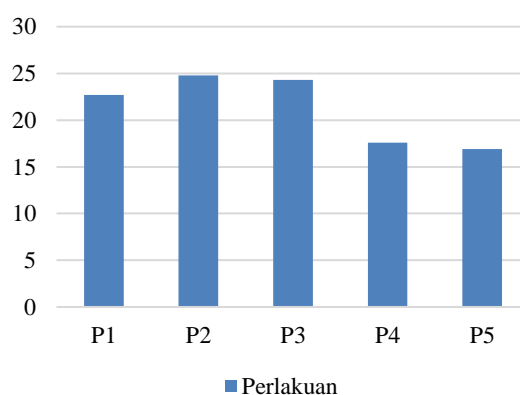
### Teknik Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji ANOVA (Analysis of Variance) dengan bantuan perangkat lunak SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Apabila ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 5% (Hanafiah, 2014)

## Hasil

### Tinggi Tanaman

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada **Gambar 1**, dapat terlihat bahwa terdapat perbedaan pertumbuhan di antara perlakuan yang diberikan. Perlakuan P1, P2, dan P3 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan P4 dan P5.

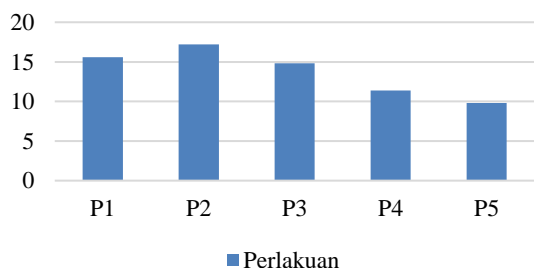


**Gambar 1.** Rata - rata tinggi tanaman pakcoy

Hasil analisis sidik ragam, diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar  $23,733 > F_{tabel} 2,87$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy. Oleh karena itu, diperlukan uji lanjut DMRT untuk mengelompokkan berdasarkan tingkat perbedaannya.

### Jumlah Daun

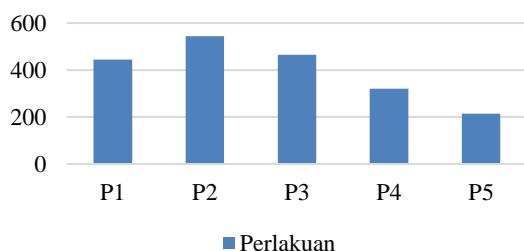
Analisis jumlah daun pakcoy (**Gambar 2**) menunjukkan bahwa perlakuan P2 menghasilkan jumlah daun tertinggi, secara signifikan lebih banyak dibandingkan P1 dan P3, sedangkan P4 dan P5 menunjukkan performa terendah. Hasil uji ANOVA mengkonfirmasi adanya perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan ( $F_{hitung} = 61,811 > F_{tabel} = 2,87$  pada  $\alpha = 0,05$ ), sehingga dilakukan uji lanjut MRT untuk mengidentifikasi perlakuan terbaik.



**Gambar 2.** Rata - rata jumlah daun tanaman pakcoy

### Luas Daun

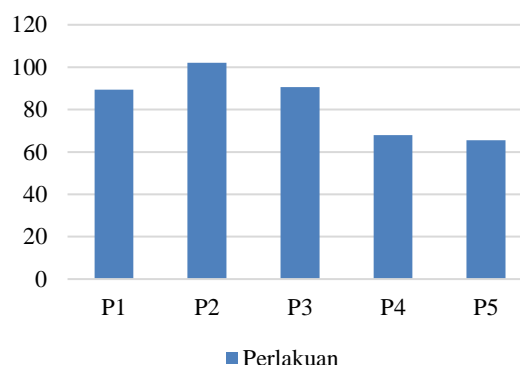
Grafik rata-rata luas daun tanaman pakcoy (**Gambar 3**) perlakuan P2 menghasilkan luas daun terbesar, diikuti oleh P1 dan P3, sementara P4 dan P5 memiliki luas daun yang lebih kecil. Setelah dilakukan uji diketahui bahwa  $F_{hitung} (17,720) > F_{tabel} (2,87)$ , maka terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan yang diberikan. Perlu dilakukan Uji DMRT agar dapat diketahui perlakuan man yang berbeda secara signifikan.



**Gambar 3.** Rata - rata luas daun tanaman pakcoy

### Berat Basah

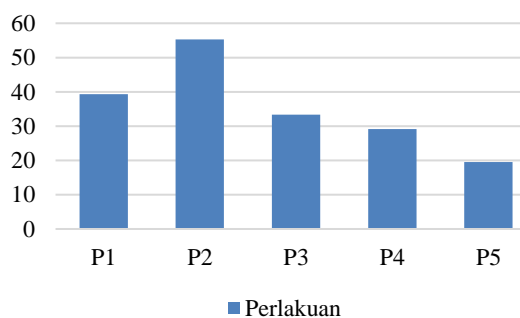
Hasil analisis berat basah tanaman pakcoy (**Gambar 4**) menunjukkan variasi yang signifikan antar kelima perlakuan (P1-P5). Perlakuan P2 menghasilkan berat basah tertinggi, diikuti secara berurutan oleh P3 dan P1, sedangkan P4 dan P5 menunjukkan nilai terendah. Uji ANOVA mengkonfirmasi adanya perbedaan yang sangat signifikan ( $F_{hitung} = 40,282 > F_{tabel} = 2,87$  pada  $\alpha = 0,05$ ), sehingga dilakukan uji lanjut DMRT untuk mengidentifikasi kelompok perlakuan yang berbeda nyata secara statistik.



**Gambar 4.** Rata - rata berat basah tanaman pakcoy

### Berat Kering

Analisis data berat kering tanaman pakcoy (**Gambar 5**) menunjukkan variasi nyata antar perlakuan (P1-P5). Perlakuan P2 menghasilkan berat kering tertinggi, diikuti secara berurutan oleh P1, P3, dan P4, sedangkan P5 mencatat nilai terendah. Hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ( $F_{hitung} = 31,806 > F_{tabel} = 2,87$ ), sehingga dilanjutkan dengan uji DMRT untuk menentukan kelompok perlakuan yang berbeda nyata secara statistik.



**Gambar 5.** Rata - rata berat kering tanaman pakcoy

## Pembahasan

### Tinggi tanaman

Tinggi tanaman pakcoy dipengaruhi secara signifikan oleh formulasi nutrisi, dengan P2 (75% AB Mix + 25% POC nano) mencatat nilai tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi tersebut menyediakan unsur hara yang paling efektif untuk mendukung fase vegetatif. Perlakuan P2 (75% AB Mix + 25% POC nano) menunjukkan performa terbaik karena AB Mix menyediakan ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang mudah terlarut, sementara POC nano berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi melalui ukuran partikelnya yang ultra-kecil. Meskipun P1 (100% AB Mix) dan P3 (50% AB Mix + 50% POC nano) memberikan hasil pertumbuhan yang cukup baik, keduanya tidak mampu menyaingi efektivitas P2. Sebaliknya, P4 (25% AB Mix + 75% POC nano) dan P5 (100% POC nano) menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih rendah, mengindikasikan bahwa ketergantungan berlebih pada POC nano tanpa keseimbangan AB Mix justru mengurangi efektivitas nutrisi dalam mendukung pertumbuhan vegetatif pakcoy.

Kombinasi optimal antara nutrisi AB Mix dan pupuk organik cair (POC) nano terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman hidroponik dibandingkan penggunaan tunggal salah satu nutrisi (Susilawati et al., 2018). AB Mix secara khusus diformulasikan untuk menyediakan keseimbangan unsur hara makro dan mikro esensial bagi pertumbuhan tanaman (Resh, 2013). Sementara itu, teknologi nano pada POC meningkatkan efisiensi penyerapan hara melalui ukuran partikelnya yang ultra-kecil, memungkinkan penetrasi yang lebih baik ke dalam jaringan tanaman. Namun, porsi POC nano yang berlebihan tanpa penyeimbang AB Mix dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi yang justru menghambat pertumbuhan (Warsini et al., 2020).

### Jumlah Daun

Penelitian mengenai pengaruh kombinasi nutrisi AB Mix dan Pupuk Organik Cair (POC) berteknologi nano terhadap jumlah daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) menunjukkan bahwa perlakuan P2 (AB Mix 75% + POC nano 25%) menghasilkan jumlah daun terbanyak. Perlakuan

P2 secara konsisten menghasilkan jumlah daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kombinasi 75% AB Mix + 25% POC nano memberikan keseimbangan optimal antara nutrisi anorganik dan organik. AB Mix menyediakan unsur hara makro dan mikro esensial yang mudah diserap tanaman, sementara POC nano, dengan ukuran partikelnya yang lebih kecil, meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan mendukung aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Kombinasi ini menciptakan sinergi yang meningkatkan jumlah daun pada tanaman pakcoy.

Nitrogen berperan krusial dalam perkembangan daun serta peningkatan laju fotosintesis, sehingga keberadaannya dalam jumlah yang memadai sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Kalium turut berperan dalam pembentukan enzim serta proses pembelahan dan pemanjangan sel (Dikdik, 2014). Dalam sistem hidroponik, AB Mix dirancang agar menyediakan nitrogen dalam bentuk yang lebih mudah diserap dibandingkan dengan POC nano. Proporsi seimbang POC nano seperti pada P2 dapat memperbaiki penyerapan hara serta merangsang aktivitas mikroba rhizosfer, yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan tanaman (Subandi et al., 2015). Selain itu, tingginya kandungan nitrogen juga mendukung pembentukan klorofil yang berperan penting dalam proses fotosintesis (Violita, 2017).

### Luas daun

Hasil penelitian membuktikan bahwa pemberian kombinasi nutrisi AB Mix dan POC nano berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan luas daun pakcoy. Perlakuan P2 (75% AB Mix + 25% POC nano) menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi AB Mix dengan proporsi dominan (75%) yang diperkaya dengan POC nano dalam jumlah yang tepat (25%) mampu menyediakan unsur hara yang ideal untuk ekspansi daun.

Teknologi gelembung nano diketahui mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi karena partikel berukuran sangat kecil dapat menembus jaringan tanaman dengan lebih efektif (Liu & Lal, 2015). Aplikasi POC nano dengan konsentrasi proporsional, khususnya pada formulasi P2, menghasilkan respons

pertumbuhan tanaman yang lebih superior dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi dominan sebagaimana ditunjukkan pada perlakuan P4 dan P5.

Luas daun terendah teridentifikasi pada perlakuan P4 (kombinasi 25% AB Mix dengan 75% POC nano) dan P5 (aplikasi 100% POC nano). Penurunan luas daun yang signifikan ini menunjukkan bahwa dominasi POC nano dalam larutan nutrisi belum mampu mencukupi kebutuhan hara untuk mendukung ekspansi sel daun secara maksimal, terutama unsur nitrogen dan fosfor yang memiliki peran penting dalam perkembangan daun (Putri & Fevria, 2023).

### **Berat Basah**

Bobot basah tanaman pakcoy menunjukkan diferensiasi signifikan antara berbagai perlakuan dalam penelitian ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa berat basah tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 (75% AB Mix + 25% POC nano), sedangkan nilai terendah terdapat pada P5 (100% POC nano), dengan urutan P3, P1, dan P4. Formulasi AB Mix 75% yang dikombinasikan dengan POC nano 25% mendemonstrasikan efektivitas optimal dalam menyuplai nutrisi berimbang, mendukung fase vegetatif pakcoy, meningkatkan akumulasi biomassa, dan mengoptimalkan kapasitas retensi air, sehingga menghasilkan biomassa basah superior dibandingkan perlakuan lainnya.

Pemberian larutan nutrisi dengan komposisi yang sesuai dapat meningkatkan akumulasi biomassa tanaman hingga 30% dibandingkan dengan larutan yang tidak seimbang (Savvas et al., 2018). Dalam penelitian ini, perlakuan P2 memberikan komposisi nutrisi yang paling mendekati kebutuhan ideal bagi tanaman pakcoy. Pupuk organik cair teknologi nano mengandung komponen bioaktif dan fitohormon alami yang berperan dalam stimulasi pertumbuhan vegetatif tanaman. Asam humat dan fulvat dalam POC berperan meningkatkan permeabilitas membran selular, akselerasi absorpsi nutrisi, dan aktivasi sistem enzimatis pada metabolisme tanaman (Du Jardin, 2015).

### **Berat Kering**

Berat kering tanaman berperan sebagai indikator utama dalam menilai efisiensi proses fotosintesis serta produksi biomassa. Lambers et al. (2017) menyatakan bahwa tanaman yang

memperoleh nutrisi secara optimal akan mengalami peningkatan aktivitas fotosintetik, yang pada gilirannya mendorong akumulasi bahan kering dalam jumlah lebih tinggi. Selain itu, berat kering juga merefleksikan kandungan karbohidrat dan protein yang tersimpan di dalam jaringan tanaman.

Perlakuan P2, kombinasi 75% AB Mix dengan 25% POC nano mampu menyediakan keseimbangan nutrisi yang ideal untuk mendukung proses fotosintesis dan pembentukan biomassa tanaman pakcoy. Unsur hara seperti nitrogen, magnesium, dan besi yang berperan penting dalam pembentukan klorofil, aktivasi enzim fotosintesis, serta komponen fotosistem lainnya tersedia dalam jumlah seimbang melalui kombinasi nutrisi ini. Biomassa kering tertinggi diperoleh pada perlakuan P2, yang secara signifikan mengungguli hasil perlakuan lain, mengindikasikan superioritas kombinasi tersebut. Hasil penelitian ini mengkonfirmasi prospek yang menjanjikan dari integrasi nanoteknologi dengan pupuk organik dalam budidaya hidroponik sebagai pendekatan pertanian berkelanjutan untuk optimalisasi produktivitas tanaman.

### **Kesimpulan**

Penelitian membuktikan bahwa pertumbuhan dan produksi pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada kultur hidroponik menunjukkan respons positif terhadap aplikasi pupuk organik cair (POC) yang diolah dari tanaman *Tithonia* dengan teknologi nano bubble. Dosis optimal POC nano memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan parameter vegetatif meliputi tinggi tanaman, kuantitas daun, luas area daun, serta biomassa basah dan kering tanaman pakcoy. Hal ini disebabkan oleh peningkatan efektivitas absorpsi nutrisi dan optimalisasi kadar oksigen dalam media nutrisi hidroponik. Kombinasi POC nano dengan pupuk anorganik dalam perbandingan yang seimbang disarankan untuk mendukung pertumbuhan serta hasil panen pakcoy secara optimal dalam sistem hidroponik berbasis teknologi gelembung nano. Inovasi ini menunjukkan potensi sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Biologi, Universitas Negeri Padang yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

## Referensi

- Dikdik, T. (2014). Fungsi Utama Hara N. Media Petani.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Fitria, Yulya. 2013. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (Effective microorganism 4)*. Pp 72. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Fitriyani, Indri Hapsari., Qonita Qurrota A'yun., & Gunawan Djajakirana. 2023. Pembuatan Dan Aplikasi Pupuk Organik Cair (Poc) Sebagai Substitusi Nutrisi Ab Mix Terhadap Tanaman Kangkung (*Ipomoea Reptans*) Pada Hidroponik Wick System. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. Vol 10 No 2: 401-407. DOI:10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.23.
- Hartatik, Wiwik. 2007. "Tithonia diversifolia Sumber Pupuk Hijau". *Jurnal Penelitian Tanah*. Vol. 29, No. 5.
- Hanafiah, K. A. 2014. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Edisi Ketiga*. Jakarta: Rajawali Press.
- Herwibowo Kunto dan Budiana, N. S. 2014. *Hidroponik sayuran untuk Hobi dan Bisnis*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Himayana, A. T., & Aini, N. (2018). Pengaruh pemberian air limbah cucian beras terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* var. *chinensis*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(6), 1180-1188. DOI 10.21176/protan.v6i6.763.
- Lambers, H., Chapin, F.S., & Pons, T.L. (2017). *Plant Physiological Ecology* (3rd ed.). Springer.
- Liu, R., & Lal, R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*, 514, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>
- Masluki., Naim, M., & Mutmainnah. 2015. Pemanfaatan pupuk organik cair (POC) pada lahan sawah melalui sistem mina padi. *Prosiding Seminar Nasional*. 2(1): 866-896.
- Mardianto, R. 2014. *Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai (Capsicum annum L.) dengan Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Tithonia diversifolia dan Gamal*. Universitas Tamansiswa Padang. Padang.
- Nurrohman, M., A. Suryanto dan K.P. Wicaksono. 2014. Penggunaan Fermentasi Ekstrak Paitan (*Tithonia diversifolia* L.) dan Kotoran Kelinci Cair sebagai Sumber Hara pada Budidaya Sawi (*Brassica juncea* L.) secara Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Produksi Tanaman*, Vol. 2 (8): 649 – 657
- Putri, A. A., & Fevria, R. (2023). Pengaruh pupuk organik cair (POC) teknologi nano terhadap pertumbuhan pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik. *MASALIQ: Jurnal Pendidikan dan Sains*, 4(1), 2542. <https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i1.2542>
- Razak, A. 2021. *Ekonanobioteknologi: konsep pendekatan pengembangan bidang kajian zoologidan ekologi hewan*. Padang: Universitas Negeri Padang Repository.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003133254>
- Rizal, S. (2017). Pengaruh Nutrisi Yang Diberikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Yang Ditanam Secara Hidroponik. *Jurnal Online Universitas PGRI Palembang*, 14(1), 38-44. <https://doi.org/10.31154/sainmatika.v14i1.1112>
- Roidah, I. S. (2015). PEMANFAATAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK. *Jurnal BONOROWO*, 1(2), 43-49.

- <https://doi.org/10.36563/bonorowo.v1i2.14>
- Savvas, D., Ntatsi, G., & Barouchas, P. (2018). Impact of grafting and rootstock on nutrient-to-water uptake ratio during the vegetative and reproductive stage of cucumber. *Scientia Horticulturae*, 234, 344-353.  
<https://doi.org/10.1080/14620316.2016.1265903>
- Suarsana, M., Parmila, P.I., & Gunawan, A. K. (2019). Pengaruh Konsentrasi Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Dengan Hidroponik Sistem Sumbu (Wick System). *Agricultural Journal*, 2(2), 98-105. DOI 10.37637/ab.v2i2.393.
- Subandi, M., Salam, N. P., & Frasetya, B. (2015). Pengaruh Berbagai Nilai EC (Electrical Conductivity) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam (*Amaranthus sp.*) pada Hidroponik Sistem Rakit Apung (Floating Hydroponics System). *Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(2), 136-143
- Susilawati, et al. (2018). *Dasar-Dasar Bertanam Secara Hidroponik*. Universitas Sriwijaya. Retrieved from <https://repository.unsri.ac.id/26306>
- Violita. (2017). Efisiensi Penggunaan Nitrogen (Nue) Dan Resorpsi Nitrogen Pada Hutan Taman Nasional Bukit Dua belas Dan Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bioscience*, 1(1), 8–17. DOI: 10.24036/02017117185-0-00
- Yanuar, F., dan M. Widawati. 2014. Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Litbang Kesehatan*, 2(1): 1-10.
- Zaidy, A. B., Anggoro, A. D., & Kasmawijaya, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Nanobubble dalam Transportasi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Akuatika Indonesia*, 6(2), 50-56. DOI: 10.24198/jaki.v6i2.35723