



**Aplikasi Pupuk Cair Organik dari Buah dan Sayur Terhadap
Pertumbuhan Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*)**

**Application of Liquid Organic Fertilizer from Fruits and Vegetables
on the Growth of Water Spinach (*Ipomoea aquatica*)**

Giaz Adi Martha*, Adi Mustika, Andhi Krisdhianto

Universitas PGRI Argopuro Jember

*email: giazmartha@gmail.com

diterima : 10 Maret 2025; dipublikasi : 31 Maret 2025

DOI: 10.32528/bioma.v9i2.2994

ABSTRAK

Penelitian bertujuan mengevaluasi Pupuk Cair Organik (PCO) dari buah dan sayur terhadap pertumbuhan Kangkung (*Ipomoea aquatica*). Metodenya adalah fermentasi limbah sayur dan buah selama 21 hari menggunakan mikroorganisme efektif (EM4). Dianalisis kandungan unsur hara (N, P, K) dan pH. Variasi perlakuan pada uji efektivitas terdiri dari kontrol tanpa PCO (P0), PCO (20, 40, dan 60 mL/L air sumur). Hasil menunjukkan pH PCO= 3,77 dengan (N, P, K) sebesar 5,6%, sesuai standar Kementerian Pertanian. Uji efektivitas menunjukkan PCO 60 mL/L paling efektif meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah. PCO dari limbah sayur dan buah berpotensi sebagai pupuk ramah lingkungan yang meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus mengurangi dampak limbah organik.

Kata kunci : Pupuk Cair Organik, Buah dan Sayur, *Ipomea aquatica*

ABSTRACT

The study aims to evaluate the effects of Liquid Organic Fertilizer (LOF) from fruits and vegetables on the growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*). The method involves fermenting vegetable and fruit waste for 21 days using effective microorganisms (EM4), followed by an analysis of nutrient content (N, P, K) and pH. The effectiveness test includes control without LOF (P0) and OLF at 20, 40, and 60 mL/L of well water. Results show that LOF has a pH of 3.77 and an N, P, K content of 5.6%, meeting the Ministry of Agriculture's standards. The 60 mL/L concentration was most effective in increasing plant height, leaf count, and fresh weight. LOF from vegetable and fruit waste has the potential to serve as an eco-friendly fertilizer, enhancing plant productivity while reducing organic waste impact.

Keywords: Liquid Organic Fertilizer; Fruits and Vegetables; *Ipomea aquatica*

PENDAHULUAN

Pasar tradisional di Indonesia, seperti Pasar Tanjung Jember, memainkan peran penting dalam perekonomian lokal sebagai pusat perdagangan kebutuhan sehari-hari masyarakat, khususnya sayur dan buah. Namun, di balik peranannya yang signifikan, pasar ini juga menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar, terutama dari sisa-sisa sayuran dan buah yang tidak terjual (Idris *et al.*, 2022). Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember, sekitar 30-40% dari total produk sayur dan buah yang diperdagangkan di pasar sering kali berakhir menjadi sampah yang tidak terkelola dengan baik. Biasanya limbah ini dibakar atau dibuang ke tempat pembuangan sampah, yang dapat memperburuk masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat (Matius *et al.*, 2022). Menurut studi yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Jember (2020), sekitar 70% dari total sampah yang dihasilkan di pasar ini merupakan limbah organik, sebagian besar berasal dari buah-buahan dan sayuran segar. Jumlah limbah sayur dan organik yang dihasilkan di pasar ini mencapai 10-15 ton per hari. Setiap hari, limbah tersebut diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari.

Limbah organik dari sayur dan buah memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan lebih lanjut, salah satunya dalam bentuk pupuk cair organik (Dwi Haryanta *et al.*, 2022). Pupuk cair organik merupakan solusi yang ramah lingkungan karena dapat meningkatkan kesuburan tanah tanpa menyebabkan pencemaran tanah atau air, yang sering kali terjadi akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan. Penggunaan limbah sayur dan buah sebagai pupuk cair organik dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan sekaligus menghasilkan produk yang bermanfaat untuk sektor pertanian (Santoso *et al.*, 2023). Meskipun pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk cair telah banyak dibahas dalam berbagai penelitian, penerapan metode ini secara khusus di Pasar Tanjung Jember masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian mengenai optimalisasi pupuk cair organik yang berasal dari limbah buah dan sayur yang berasal dari pasar konvensional seperti Pasar Tanjung Jember perlu dilakukan untuk mengevaluasi potensi dan kualitas pupuk cair yang dihasilkan. Penelitian ini juga penting untuk menilai apakah pupuk cair yang dihasilkan dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian lokal.

Secara umum, Salah satu masalah utama dalam menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan adalah pengelolaan limbah pasar. Sebagian besar limbah sayur dan buah masih dibuang begitu saja tanpa pemanfaatan yang maksimal (Caldera *et al.*, 2020). Hal ini tentu berkontribusi terhadap masalah pencemaran dan pemborosan sumber daya. Berdasarkan beberapa penelitian, seperti yang dijelaskan (Xie *et al.*, 2019), pengolahan limbah organik menjadi pupuk cair dapat mengurangi volume sampah yang ada, sekaligus menghasilkan pupuk yang bermanfaat bagi pertanian dan meningkatkan kesadaran publik tentang daur ulang dan pengelolaan limbah.

Namun, tidak semua jenis limbah organik dapat langsung digunakan sebagai pupuk cair tanpa proses tertentu (Marina Fernández-Delgado *et al.*, 2022). Proses fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme tertentu penting dilakukan untuk mengubah limbah sayur dan buah menjadi pupuk cair yang mengandung unsur hara yang bermanfaat, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan pH, yang sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Bayazitova *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian tentang optimalisasi pupuk cair organik dari limbah sayur dan

buah ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta menganalisis kandungan unsur hara dalam pupuk cair yang dihasilkan (Walunguru *et al.*, 2022).

Pembangunan berkelanjutan bergantung pada pengurangan jumlah limbah yang dibuang ke tempat pembuangan sampah dan pencemaran yang disebabkan oleh limbah organik. Dengan pemanfaatan limbah sayur dan buah yang ada di Pasar Tanjung Jember, tidak hanya masalah limbah yang bisa diatasi, namun juga dapat membantu meningkatkan keberlanjutan dalam sektor pertanian melalui pemakaian pupuk organik (Salihin *et al.*, 2020).

Fokus penelitian ini adalah mengubah limbah sayur dan buah dari Pasar Tanjung Jember menjadi Pupuk Cair Organik (PCO). PCO yang dihasilkan akan dianalisis untuk mengetahui kandungan unsur hara makro (N, P, K) serta pH, guna memastikan kualitasnya. Selanjutnya, uji efektivitas dilakukan pada tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) untuk menilai pengaruhnya terhadap pertumbuhan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi terhadap permasalahan limbah pasar, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengelolaan tanah yang lebih ramah lingkungan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Kelurahan Mangli, Kecamatan Kaliwates, Jember, dari November 2024 hingga Februari 2025. Tujuannya adalah mengoptimalkan Pupuk Cair Organik (PCO) yang dihasilkan dari limbah sayur dan buah, dan menganalisis kandungan unsur hara makro (N, P, K) serta pH dari PCO di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember. Penelitian ini juga mengkaji dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dengan mengawasi pertumbuhan, jumlah daun, dan berat basah tanaman.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini mencakup reaktor fermentasi yang terbuat dari plastik dengan kapasitas 50 L, timbangan, selang, botol kecil, karung goni berlubang kecil, pemberat berupa batu, tali, sarung tangan, masker, serta wadah pengukur. Bahan yang digunakan meliputi 10 kg limbah sayur dan buah yang telah dibersihkan, larutan mikroba EM 4 (*Effective Microorganism*), molase, serta air sumur.

Langkah-langkah Penelitian

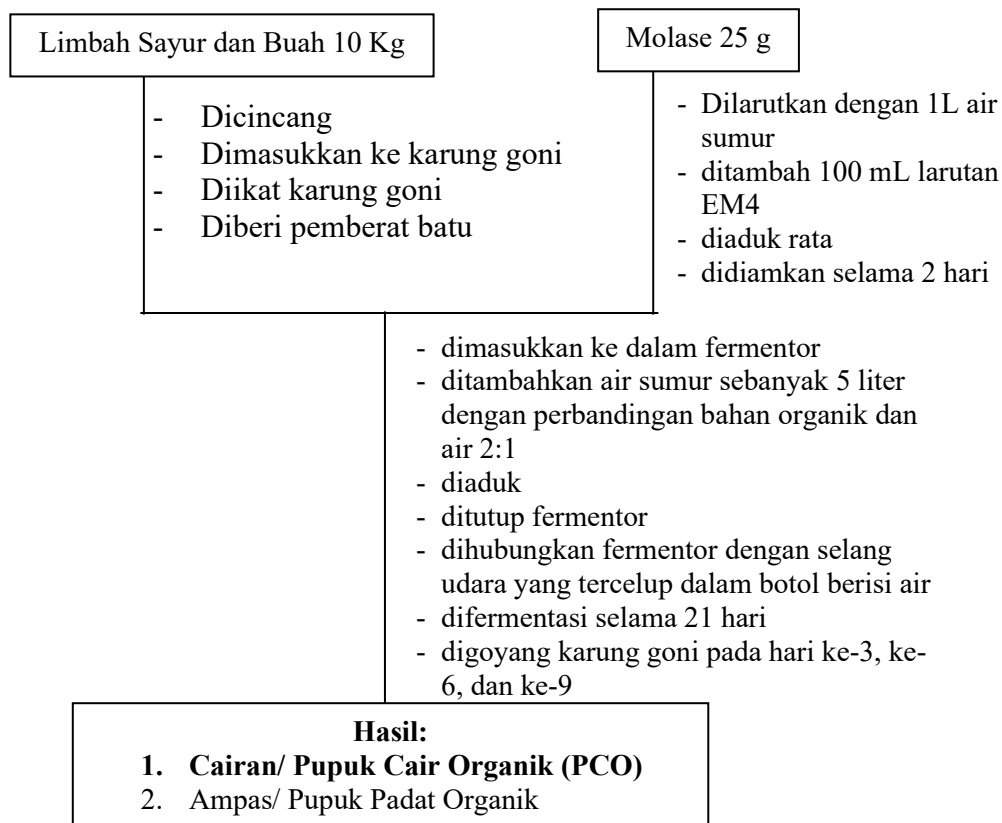
1. Persiapan Larutan Mikroba EM 4

Aktivasi larutan mikroba EM 4 (*Effective Microorganism*) dibuat dengan melarutkan 25 gram molase dalam 1 L air sumur, kemudian ditambahkan 100 mL larutan EM 4. Campuran ini diaduk rata dan didiamkan selama 1-3 hari di tempat yang teduh (Yenny Sitanggang *et al.*, 2022) (Gambar 1).

2. Pembuatan Pupuk Cair Organik (PCO)

Proses pembuatan pupuk cair organik dimulai dengan mencincang halus 10 kg limbah sayur dan buah, lalu memasukkannya ke dalam karung goni yang telah diberi pori dan diikat dengan batu pemberat. Karung goni berisi limbah ini kemudian dimasukkan ke dalam fermentor, lalu ditambahkan air sumur sebanyak 5 liter dengan perbandingan bahan organik dan air 2:1. Setelah itu, larutan EM 4 yang telah diaktivasi ditambahkan, lalu campuran dalam fermentor diaduk. Fermentor ditutup dan dihubungkan dengan selang udara yang tercelup dalam botol berisi air untuk menjaga

kondisi anaerob. Berdasarkan penelitian sebelumnya, waktu optimal proses fermentasi adalah selama 21 hari, dengan penggoyangan karung goni pada hari ke-3, ke-6, dan ke-9. Setelah fermentasi selesai, cairan yang dihasilkan disebut sebagai pupuk cair organik dengan volume sekitar 10 L, sementara ampas dalam karung goni dimanfaatkan untuk pupuk padat organik (Yenny Sitanggang *et al.*, 2022) (Gambar 1).



Gambar 1. Prosedur Pembuatan Pupuk Organik Cair

3. Karakterisasi Pupuk Cair Organik (PCO)

Karakterisasi pupuk cair organik dilakukan untuk menganalisis kandungan elemen hara, termasuk nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan pH. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember.

4. Uji Efektivitas pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*)

Uji efektivitas Pupuk Cair Organik (PCO) dilakukan dengan tiga variasi perlakuan dan satu kontrol. Kontrol (P0) merupakan tanaman kangkung tanpa penambahan Pupuk Cair Organik (PCO). Perlakuan 1 (P1) menggunakan PCO dengan konsentrasi 20 mL/L air sumur, perlakuan 2 (P2) dengan konsentrasi 40 mL/L air sumur, dan perlakuan 3 (P3) dengan konsentrasi 60 mL/L air sumur.

Sebanyak 20 biji tanaman kangkung disiapkan untuk penelitian ini, dengan masing-masing perlakuan dan kontrol mendapatkan 5 biji. Biji kangkung disemai selama 5 hari sebelum dipindahkan ke polybag. Pupuk cair organik diberikan sebanyak 50 mL setiap dua hari sekali pada pagi hari untuk setiap perlakuan. Selama 30 hari, pertumbuhan tanaman kangkung diamati berdasarkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan

berat basah. Sampel limbah sayur dan buah diambil secara acak, dan data dianalisis menggunakan deskripsi statistik, dengan deviasi standar untuk menggambarkan karakteristik PCO. Keberhasilan penelitian diukur berdasarkan kualitas PCO dan peningkatan pertumbuhan tanaman kangkung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Pupuk Cair Organik (PCO) dari Limbah Sayur dan Buah

Jenis bahan baku, metode fermentasi, dan kondisi selama proses pengolahan memengaruhi jumlah hara dalam pupuk cair organik (PCO). Secara umum, kandungan utama dalam PCO ini meliputi nitrogen (N), yang berasal dari protein yang terdegradasi dalam limbah sayur dan buah; fosfor (P), yang dihasilkan dari senyawa organik fosfat dalam bahan organik; serta kalium (K), yang banyak ada dalam sayuran dan buah-buahan, seperti pisang dan kulit jeruk. Selain itu, nilai pH PCO dipengaruhi oleh proses fermentasi yang menghasilkan senyawa asam organik (Kilo & , Hendri Iyabu, 2023). Hasil pengukuran unsur hara dalam PCO dari limbah sayur dan buah pada penelitian ini terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa PCO dari limbah sayur dan buah

Parameter	Standar Minimum Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019	PCO dari Limbah Sayur & Buah
Unsur Hara Makro (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	Minimum 2%	5,6 %
pH	4-9	3,77 ≈ 4

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa PCO yang dibuat dari limbah sayur dan buah sudah memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Nilai pH yang tercatat berada dalam batas aman, yaitu sekitar 3,77 hingga 4, sehingga tidak menimbulkan masalah bagi tanaman. Selain itu, kandungan total unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) juga sudah memenuhi standar minimum, yaitu 5,6%. Berdasarkan perbandingan dengan standard yang telah ditetapkan dalam Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, PCO dari limbah sayur dan buah ini dapat dikategorikan sebagai pupuk cair organik yang layak digunakan untuk pertanian organik. Namun, komposisi akhir pupuk cair ini sangat dipengaruhi oleh bahan baku dan proses fermentasi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas PCO, optimasi dalam pemilihan bahan baku dan metode fermentasi perlu dilakukan agar kandungan unsur hara dalam pupuk dapat lebih tinggi (Bogusz, 2022).

Efektivitas Pupuk Cair Organik (PCO) dari Limbah Sayur dan Buah pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*)

Pemupukan merupakan faktor penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*). Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan pada keseimbangan tanah dan lingkungan

(Zafar *et al.*, 2021). Oleh karena itu, Karena mengandung unsur hara makro (N, P, K) yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman, pupuk cair organik (PCO) yang dibuat dari limbah sayur dan buah menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan.



Gambar 2. P0, P1, P2 dan P3

Berdasarkan hasil penelitian, berikut efektivitas Pupuk Cair Organik (PCO) dari limbah sayur dan buah pada tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*):

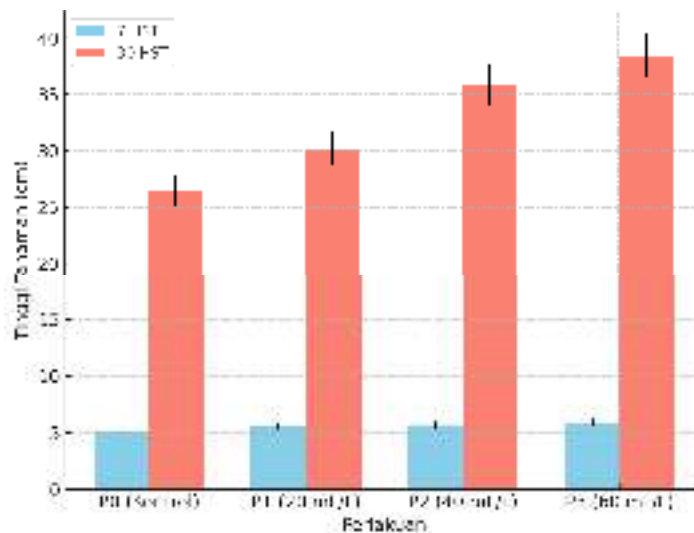
a. Tinggi Tanaman

Ketersediaan unsur nitrogen (N) dalam tanah, yang bertanggung jawab atas sintesis protein dan pembentukan klorofil, sangat memengaruhi tingkat pertumbuhan tanaman kangkung (Ashenafi *et al.*, 2022). Hubungan biokimia antara penambahan Pupuk Cair Organik (PCO) dan pertumbuhan tinggi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme utama. PCO menyediakan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang esensial bagi metabolisme tanaman (Raksun *et al.*, 2022). Nitrogen berperan dalam sintesis asam amino, protein, dan klorofil yang meningkatkan fotosintesis dan pertumbuhan batang. Fosfor berkontribusi dalam transfer energi (ATP) serta sintesis DNA dan RNA yang mempercepat pembelahan sel di titik tumbuh tanaman (Fu *et al.*, 2022). Kalium berfungsi dalam transportasi air dan nutrisi serta memperkuat dinding sel, yang mendukung pertumbuhan batang dan daun. Selain unsur hara dan mikroba, PCO juga berperan dalam regulasi pH dan keseimbangan ion dalam tanah. Nilai pH sekitar 3,77, PCO membantu menyeimbangkan kondisi tanah sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih efisien (Xia *et al.*, 2022). Kombinasi faktor-faktor ini secara sinergis mempercepat pemanjangan dan pembelahan sel, yang akhirnya meningkatkan tinggi tanaman secara optimal (Shawky Soliman, 2020). Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran tinggi tanaman untuk berbagai perlakuan.

Tabel 3. Hasil pengukuran tinggi tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	
	7 Hari Sesudah Tanam	30 Hari Sesudah Tanam
P0 (Kontrol)	5,2	26,5
P1 (20 mL/L)	5,5	30,2
P2 (40 mL/L)	5,7	35,8
P3 (60 mL/L)	5,9	38,4

Data menunjukkan bahwa konsentrasi PCO tumbuh lebih cepat. Konsentrasi 40 mL/L (P2) dan 60 mL/L (P3) menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya; ini menunjukkan bahwa unsur hara dalam PCO mendukung pertumbuhan batang yang optimal.



Gambar 3. Perbandingan tinggi

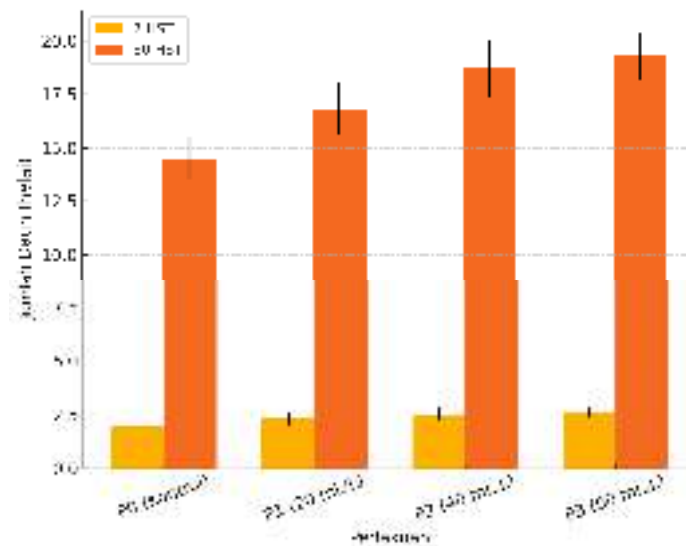
b. Jumlah Daun

Jumlah daun adalah indikator dari pertumbuhan vegetatif yang berkaitan dengan proses fotosintesis. Pupuk Cair Organik (PCO) yang mengandung nitrogen (N) dan fosfor (P) mendukung pembentukan daun yang lebih banyak (Zhang & Hedin, 2022). Selain itu, PCO merangsang produksi hormon pertumbuhan seperti sitokinin, auksin, dan giberelin. Sitokinin mendorong pembelahan sel pada titik tumbuh tanaman, sementara auksin membantu diferensiasi sel dan organogenesis daun. Giberelin berperan dalam perkembangan primordia daun, yaitu struktur awal pembentukan daun baru pada batang (Ritonga *et al.*, 2023). Penambahan PCO meningkatkan jumlah daun pada tanaman kangkung dengan cara meningkatkan ketersediaan unsur hara yang diperlukan dalam sintesis protein dan klorofil, merangsang produksi hormon pertumbuhan, mempercepat penyerapan nutrisi melalui mikroba, serta meningkatkan efisiensi fotosintesis, yang semuanya berkontribusi pada perkembangan dan penambahan jumlah daun secara optimal (Barickman *et al.*, 2020). Hasil menunjukkan (Tabel 4 dan Gambar 4) bahwa jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan PCO 60 mL/L (P3).

Tabel 4. Hasil pengukuran jumlah daun

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)	
	7 Hari Sesudah Tanam	30 Hari Sesudah Tanam
P0 (Kontrol)	2,0	14,5
P1 (20 mL/L)	2,3	16,8
P2 (40 mL/L)	2,5	18,7
P3 (60 mL/L)	2,6	19,3

Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis PCO, semakin banyak jumlah daun yang terbentuk, karena tanaman mendapatkan pasokan nutrisi yang cukup untuk fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif (Agathokleous, 2021).



Gambar 4. Hasil pengukuran jumlah daun

c. Berat Basah Tanaman

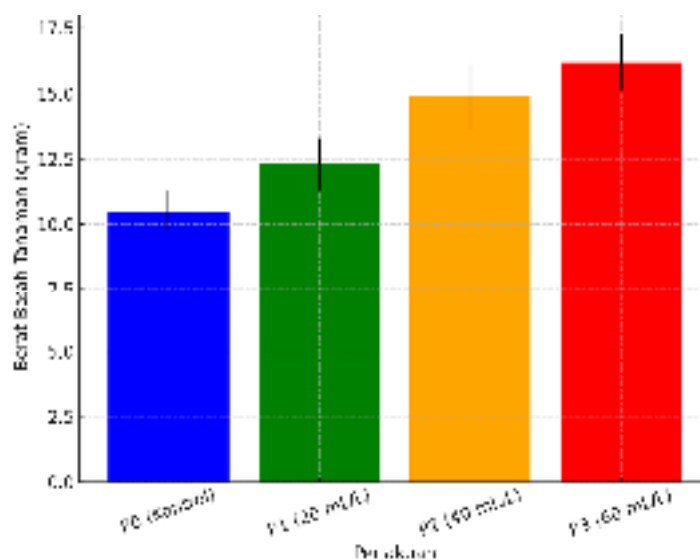
Berat basah tanaman menggambarkan akumulasi biomassa dan hasil produksi tanaman. Pemberian Pupuk Cair Organik (PCO) yang kaya akan unsur hara esensial membantu meningkatkan berat basah tanaman (Dey *et al.*, 2021). PCO berkontribusi terhadap peningkatan berat basah tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) melalui berbagai mekanisme biokimia, termasuk peningkatan ketersediaan unsur hara, stimulasi hormon pertumbuhan, peran mikroba tanah, serta efisiensi metabolisme air dan fotosintesis (Mohd Noor *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, kombinasi peningkatan ketersediaan nutrisi, stimulasi hormon pertumbuhan, peran mikroba tanah, serta optimalisasi fotosintesis dan metabolisme air menjadikan PCO efektif dalam meningkatkan berat basah tanaman kangkung (Barickman *et al.*, 2020).

PCO dengan konsentrasi 60 mL/L (P3) menghasilkan berat basah tertinggi, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5 dan Gambar 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran berat basah tanaman pada 30 HST

Perlakuan	Berat Basah (g)
P0 (Kontrol)	10,5 g
P1 (20 mL/L)	12,3 g
P2 (40 mL/L)	14,9 g
P3 (60 mL/L)	16,2 g

Hal ini menunjukkan bahwa pemberian nutrisi yang cukup berkontribusi dalam pertumbuhan biomassa tanaman (Sinha *et al.*, 2020).



Gambar 5. Hasil pengukuran berat basah

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa pupuk cair organik (PCO) yang berasal dari limbah sayur dan buah dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kangkung secara signifikan. Dengan konsentrasi 40 mL/L (P2) dan 60 mL/L (P3), PCO paling efektif meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman. Dengan demikian, PCO dari limbah sayur dan buah dapat menjadi alternatif pupuk organik yang hemat biaya, berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengurangan sampah di Pasar Tanjung pada penelitian ini dilakukan melalui edukasi kepada pedagang dan pengunjung dan program daur ulang menjadi Pupuk Cair Organik (PCO). Pembuatan pupuk cair organik dari limbah sayur dan buah dilakukan dengan mencacah bahan organik, kemudian difermentasi menggunakan mikroorganisme efektif (EM4) selama 21 hari hingga menghasilkan cairan kaya unsur hara. Pupuk cair organik yang dihasilkan mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan

kalium (K) sebesar 5,6% dan pH sebesar 3,77. PCO dengan konsentrasi 40 mL/L dan 60 mL/L terbukti efektif meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, serta berat basah kangkung.

Agar pupuk cair organik menjadi lebih baik, perlu dilakukan optimalisasi komposisi bahan baku dan metode fermentasi agar kandungan unsur hara lebih optimal. Uji efektivitas juga sebaiknya diperluas pada berbagai jenis tanaman guna mengetahui manfaatnya secara lebih luas. Penerapan dalam skala lebih besar dapat melibatkan petani lokal dan pemerintah daerah untuk meningkatkan pemanfaatan limbah organik. Edukasi kepada masyarakat juga diperlukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan nilai ekonomi limbah. Selain itu, pengujian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan dampak jangka panjang pupuk cair organik terhadap kesuburan tanah dan hasil panen, guna mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agathokleous, E. (2021). The rise and fall of photosynthesis: hormetic dose response in plants. *Journal of Forestry Research*, 32(2), 889–898. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01252-1>
- Ashenafi, E. L., Nyman, M. C., Holley, J. M., Mattson, N. S., & Rangarajan, A. (2022). Phenotypic plasticity and nutritional quality of three kale cultivars (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) under field, greenhouse, and growth chamber environments. *Environmental and Experimental Botany*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104895>
- Barickman, T. C., Ku, K. M., & Sams, C. E. (2020). Differing precision irrigation thresholds for kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) induces changes in physiological performance, metabolites, and yield. *Environmental and Experimental Botany*, 180(September), 104253. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104253>
- Bayazitova, Z. E., Kurmanbayeva, A. S., Tleuova, Z. O., & Temirbekova, N. G. (2023). Application of the Thermophilic Fermentation Method to Obtain Environmentally Friendly Organic Fertilizer. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 202–216. <https://doi.org/10.12911/22998993/159647>
- Bogusz, P. (2022). The Possibility of Using Waste Phosphates from the Production of Polyols for Fertilizing Purposes. *Molecules*, 27(17). <https://doi.org/10.3390/molecules27175632>
- Caldera, S., Ryley, T., & Zatyko, N. (2020). Enablers and barriers for creating a marketplace for construction and demolition waste: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12239931>
- Dey, S., Chaudhuri, U., Mandal, D., Bhattacharya, A., Banerjee, B., & McNairn, H. (2021). BiophyNet: A regression network for joint estimation of plant area index and wet biomass from SAR data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 18(10), 1701–1705. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2020.3008757>
- Dwi Haryanta, Tatuk Tojibatus Sa'adah, & Mochamad Thohiron & Fungsi Sri Rejeki. (2022). *Haryanta, D., Tojibatus Sa'adah, T., Thohiron, M., & Rezeki, F. (2023). Utilization of urban waste as liquid organic fertilizer for vegetable crops in urban farming system. Plant Science Today. httpsdoi.org10.14719pst.2.pdf.*
- Fu, Y. F., Yang, X. Y., Zhang, Z. W., & Yuan, S. (2022). Synergistic effects of nitrogen metabolites on auxin regulating plant growth and development. *Frontiers in Plant*

- Science*, 13(December), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1098787>
- Idris, S., Umar, R., Lullulangi, M., & Pertiwi, N. (2022). *The Traditional Market Function Based on Sustainable Development*. 654, 57–60.
- Kilol, A. La, & , Hendri Iyabu², S. A. I. (2023). *Study on Content of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium from Mixed Waste of Empty Fruit Bunch of Oil Palm and Banana Stem as Organic Fertilizer for Tomato*.
- Marina Fernández-Delgado, Esther del Amo-Mateos, Susana Lucas, M. Teresa García-Cubero, & Mónica Coca. (2022). *Liquid fertilizer production from organic waste by conventional and microwave-assisted extraction technologies: Techno-economic and environmental assessment Marina*.
- Matius, A., Saili, A. R., Hamzah, N., & Abdul Fatah, F. (2022). *Current practices and challenges of pineapple smallholder growers in managing the pineapple waste in Samarahan, Sarawak Malaysia*.
- Mohd Noor, N., Mohd Ropi, N. A., & Leong, H. Y. (2022). Effects of Organic, Inorganic and Compound Fertilizer on Growth and Quality of Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) under Polyculture Condition. *Journal Of Agrobiotechnology*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.37231/jab.2022.13.1.247>
- Raksun, A., Ilhamdi, M. L., Merta, I. W., & Mertha, I. G. (2022). The Growth Response of Kale Land (*Ipomoea reptans* Poir) to the Applications of Vermicompost and NPK Fertilizer. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 504–510. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3447>
- Ritonga, F. N., Zhou, D., Zhang, Y., Song, R., Li, C., Li, J., & Gao, J. (2023). The Roles of Gibberellins in Regulating Leaf Development. *Plants*, 12(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants12061243>
- Salihin, A., Nur, A., & Ain, H. (2020). *Research And Development Of Organic Fertilizer From Banana Peels : Halalan Tayyiban Perspective*. 5, 101–116.
- Santoso, B., Permatasari, A. P., Pratama, S., Susmanto, P., & Yunita, R. R. (2023). *Valorization of Waste Cooking Oil into Liquid Organic Fertilizer by Anaerobic Fermentation Method*. 7(1), 39–47.
- Shawky Soliman, A. (2020). Plant Growth Hormones. In *Cell Growth* (Issue September 2019). <https://doi.org/10.5772/intechopen.84350>
- Sinha, S. K., Upadhyay, T. K., Sharma, S. K., & Sharma, M. (2020). *A Review : Bacterial Diversity , Physicochemical Factors and Quality of Compost for White Button Mushroom Cultivation*. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr>
- Walunguru, L., Mone, M. K., & Abdullah, Y. (2022). *Effect of Application Liquid Organic Fertilizer of Fruit Waste Enriched by Organic Substances to Shallot Yield*. 28.
- Xia, X., Qiao, H., Sun, Q., Liu, K. P., Chen, X. B., He, X. Y., Hu, Y. J., & Su, Y. R. (2022). Effects of Organic Materials on Phosphorus Fractions and phoD-harboring Bacterial Community in Karst Soil. *Huanjing Kexue/Environmental Science*, 43(9), 4636–4646. <https://doi.org/10.13227/j.hjcx.202111304>
- Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019). Green process innovation , green product innovation , and corporate financial performance : A content analysis method ☆. *Journal of Business Research*, 101(January), 697–706. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.010>
- Yenny Sitanggang, *et al*, Elvri Melliaty Sitinjak, *et al*, & New Vita Mey Destty Marbun, *et al*. (2022). *Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Baku*
- Giaz Adi Martha, *et al*. Optimalisasi Pengurangan ...

- Limbah Sayuran/Buah di Lingkungan I, Kelurahan Namo Gajah Kecamatan Medan Tuntungan, Medan Yenny.* 17–20.
- Zafar, S., Farooq, S., Khursheed, I., Hussain, K., Qazi, H. A., Jaweed, T. H., & Lone, F. A. (2021). *Sewage sludge and NPK Application to enhance growth , yield and quality of kale and spinach crops.* 12(4), 132–142. <https://doi.org/10.5897/JSSEM2021.0866>
- Zhang, J., & Hedin, L. O. (2022). *Leaf N : P ratio does not predict productivity trends across natural terrestrial ecosystems.* July. <https://doi.org/10.1002/ecy.3789>
- Zihao Meng, *et al*, Lixin Zhang, & He Li. (2022). *Design and Application of Liquid Fertilizer pH Regulation Controller Based on BP-PID-Smith Predictive Compensation Algorithm.*