

Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Hasil Fermentasi Limbah Kulit Buah terhadap Pertumbuhan Tanaman Terong

Firda Rizki Rhomadoni^{#1}, Siti Jamilatun^{*2}, Nurmustaqimah^{#3}, Budi Setya Wardhana^{#4}, Putry Ayu Auliyasari^{#5}

[#] Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad selatan, Tamanan, Bantul, Yogyakarta, 55166

¹firdarizki0308@gmail.com

Riwayat Artikel

Received: 22 Mei 2025 | Final Revision: 12 Juni 2025 | Accepted: 30 Desember 2025

Limbah kulit buah merupakan salah satu jenis sampah organik yang sering dibuang, padahal memiliki potensi besar sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC). Pengolahan limbah ini menjadi POC dapat mengurangi dampak lingkungan sekaligus memberikan manfaat bagi pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh POC dari limbah kulit buah terhadap pertumbuhan tanaman terong dan membandingkannya dengan pupuk organik cair komersil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan fermentasi limbah kulit buah (buah naga, mangga, jeruk, dan alpukat) selama 20 hari. POC yang dihasilkan kemudian diuji kandungan unsur haranya, dan percobaan pemupukan dilakukan dengan dua rasio POC berbeda (4 ml:1000 ml dan 8 ml:1000 ml) serta pupuk komersil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman terong yang diberi POC dengan rasio 8 ml:1000 ml tumbuh paling baik, mencapai tinggi 38 cm dan 28 helai daun pada akhir pengamatan. Sebaliknya, perlakuan tanpa pupuk menunjukkan pertumbuhan paling lambat. Kesimpulannya, POC dari limbah kulit buah terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman terong, memberikan alternatif berkelanjutan untuk pupuk kimia, dan berkontribusi pada pengurangan limbah, yang relevan untuk pengembangan praktik pertanian

Kata Kunci—Pupuk Organik Cair, Fermentasi, Limbah Kulit Buah, Pertumbuhan. Terong

I. PENDAHULUAN

Buah-buahan adalah kebutuhan vital bagi manusia. Biasanya, orang-orang secara eksklusif menggunakan daging buah untuk tujuan seperti memproduksi jus, selai, salad, sirup, dan aplikasi serupa. Kulitnya hanya dibuang dan menjadi sampah. Bersamaan dengan itu, kulit buah dibuang dan dijadikan sampah [1]. Limbah buah sangat potensial sebagai bahan baku untuk produksi pupuk organik cair. Akumulasi limbah buah ini jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, karena tidak sesuai untuk pakan ternak. Umumnya, limbah buah dibiarkan tanpa penanganan, sehingga menghasilkan bau tidak sedap yang dapat merusak kebersihan lingkungan dan kesehatan. Untuk mengatasi dampak limbah buah, limbah tersebut dapat diolah menjadi pupuk organik cair yang kaya akan protein, selulosa, dan lignin yang tidak dapat digantikan oleh pupuk kimia [2]. POC adalah produk dalam bentuk cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik [3]. Unsur hara terdapat dalam pupuk cair organik untuk pertumbuhan tanaman dan mikroba untuk membantu penguraian bahan organik [4]. Secara umum, proses dan tahapan yang terjadi dalam pembuatan POC adalah konversi bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana melalui pencacahan, penggunaan aktivitas mikroba, serta bantuan dekomposer dan aktivator [5], [6].

POC memiliki banyak manfaat bagi pertumbuhan tanaman karena mengandung hormon tanaman dan enzim yang berguna sebagai katalisator metabolisme pertumbuhan tanaman. Pupuk organik memiliki tiga manfaat: Meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah, meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman, dan mengurangi kebutuhan pupuk sintetis. Ketersediaan nutrisi untuk tanaman dapat ditingkatkan melalui penggunaan pupuk organik. Pembuatan POC dari limbah buah ini mirip dengan pembuatan eko enzim yang juga dapat dihasilkan dari konversi limbah organik [7]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh [8]. Pembuatan POC dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah buah-buahan, antara lain semangka, jeruk, dan pepaya, dengan interval pengambilan sampel 10, 13, dan 16 hari, dan memvariasikan jumlah bioaktivator EM4 sebanyak 40 ml, 50 ml, dan 60 ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume

bioaktivator EM4 60 ml menghasilkan kadar nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) tertinggi pada hari ke-13, yaitu 13,4%, P 10,92%, dan K 6,39%. Sementara itu, menurut [9]. POC dapat dibuat dengan bahan baku limbah kulit POC yang berasal dari limbah kulit nanas mengalami fermentasi selama satu bulan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa POC yang berasal dari limbah kulit nanas mengandung unsur-unsur sebagai berikut: fosfor 23,63 ppm, kalium 8,25 ppm, nitrogen 1,27%, kalsium 27,55 ppm, magnesium 137,25 ppm, natrium 79,52 ppm, besi 1,27 ppm, mangan 28,75 ppm, tembaga 0,17 ppm, seng 0,53 ppm, dan karbon organik 3,10 ppm [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi POC terhadap pertumbuhan tanaman terong. Penelitian ini akan menilai kualitas POC yang dihasilkan dari penelitian ini dibandingkan dengan POC yang tersedia secara komersial. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan masukan yang berharga bagi petani dalam memilih pupuk yang efisien untuk meningkatkan produktivitas pertanian.

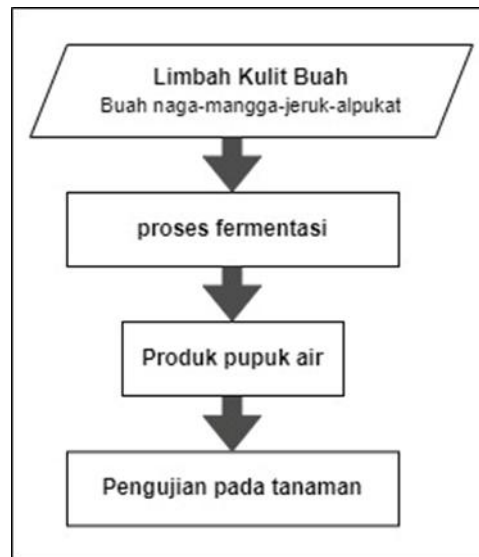
II. METODOLOGI PENELITIAN

II.1 ALAT DAN BAHAN

Dalam penelitian ini, digunakan alat dan bahan berupa 4 kg limbah kulit buah-buahan (buah naga, mangga, jeruk, dan alpukat), 0,25 kg gula merah (1/4 kg), 1 kg ubi singkong, 1000 ml air, 200 ml cairan biodecomposer, serta tanaman terong. Rincian ini bertujuan untuk mendukung kelancaran proses penelitian.

II.2 TAHAP PEMBUATAN PUPUK CAIR

Berikut beberapa tahapan atau prosedur pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dapat dilihat dibawah ini.



Gambar.1 Diagram alir Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)

Untuk membuat pupuk cair, pertama siapkan bahan-bahan yaitu 4 kg limbah kulit buah-buahan (seperti buah naga, mangga, jeruk, dan alpukat), 0,25 kg gula merah, 1 kg ubi singkong, 1000 ml air, dan 200 ml cairan biodecomposer. Potong limbah kulit buah, gula merah, dan ubi singkong, lalu campurkan semua bahan dalam wadah hingga merata. Setelah itu, tambahkan 1000 ml air dan 200 ml cairan biodecomposer, lalu aduk campuran selama 3-5 menit sampai semua bahan tercampur rata. Masukkan campuran ke dalam komposter, tutup rapat, dan miringkan posisi komposter agar air lindi dapat mengalir. Lakukan fermentasi selama 48 jam. Setelah itu, ambil sampel pupuk cair setiap hari untuk memeriksa kesiapan.

II.3 PROSES PENANAMAN DAN PEMUPUKAN

Proses penanaman dan pemupukan tanaman terong dimulai dengan mencampurkan pupuk organik cair (POC) dengan air, yaitu 4 ml POC dicampur dengan 1000 ml air dan 8 ml POC dengan 1000 ml air. Setelah itu, biji tanaman terong ditanam ke dalam polybag. Tanaman harus disiram dua kali sehari untuk menjaga kelembapan. Jika tanaman tidak tumbuh dalam waktu 5 hari setelah tanam, penyulaman perlu dilakukan. Pemupukan dilakukan setiap 7 hari selama satu bulan menggunakan dua jenis POC, yaitu POC hasil fermentasi dan POC komersial. Selama proses ini, penting untuk mengamati morfologi tanaman yang telah diberi pupuk dengan mencatat jumlah daun, warna daun, tinggi batang, dan buah yang dihasilkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses fermentasi dalam produksi pupuk organik cair dilakukan selama kurang lebih 20 hari. Pupuk cair yang diperoleh kemudian akan dianalisis komposisi unsur haranya, termasuk kalium, fosfat dan nitrogen. Dan dilakukan pengujian sampel pada pertumbuhan tanaman terong. Evaluasi komposisi unsur hara terdiri dari tiga unsur: nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sebagaimana diatur oleh Peraturan Menteri No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Karakteristik teknis pupuk organik cair yang diformulasikan sesuai dengan standar kualitas pupuk organik dirinci dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Standar Mutu Pupuk Organik Cair

No	Parameter	Satuan	Standar
1	Nitrogen	%	> 6
2	Fosfor	%	> 6
3	Kalium	%	> 6

Sumber: Peraturan Menteri No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019

Berdasarkan hasil uji lab unsur hara pupuk organik cair didapat sebagai berikut :

Tabel. 2 hasil uji lab terhadap kandungan unsur hara pada pupuk organik cair

Parameter	Satuan	Hasil Uji	
		Pengujian 1	Pengujian 2
Nitrogen	%	0,0448	0,0454
Fosfor	%	0,0704	0,0730
Kalium	%	0,0434	0,0421

Berdasarkan hasil penelitian, Pengujian pertama menghasilkan kandungan nitrogen (N) sebesar 0,0448%, sedangkan pengujian kedua menghasilkan kandungan nitrogen (N) sebesar 0,0454%, seperti yang ditentukan oleh uji POC. Setelah membandingkan hasil pengujian parameter-parameter tersebut dengan nilai standar yang telah ditetapkan, parameter nitrogen ternyata masih berada dalam batas standar, yaitu kurang dari 6% dari komposisi limbah.

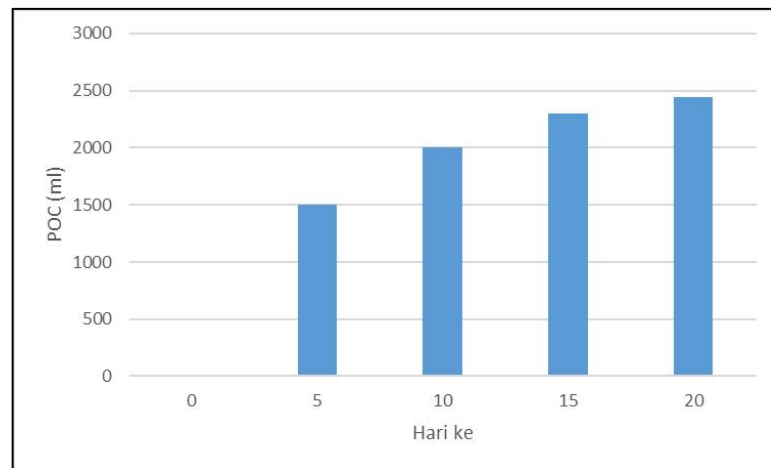
N adalah unsur hara makro yang sangat penting bagi tanaman dan merupakan konstituen penting dari asam amino, yang berfungsi sebagai elemen dasar untuk enzim dan protein dalam tanaman [11]. Selain itu, N merupakan bagian dari molekul klorofil, faktor penting dalam fotosintesis untuk menyerap energi sinar matahari, mendorong pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Bahkan akar pun mengandung unsur penting ini karena protein dan enzim mengontrol asupan air dan nutrisi [12]. Selain itu, N memiliki peran utama dalam adaptasi tanaman terhadap kekurangan unsur hara makro dan mikro. Untuk unsur hara makro, proses penyerapan N dan fosfor (P) berinteraksi bersama, menciptakan keseimbangan nutrisi di bawah ketersediaan nutrisi yang berfluktuasi [13].

Nilai fosfor (P) yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan terhadap POC adalah 0,0704% pada pengujian pertama dan 0,0730% pada pengujian kedua, dimana berdasarkan hasil pengujian tersebut, Fosfor masih dalam ambang batas standar, yaitu kurang dari 6% dari komposisi limbah; dengan demikian, limbah kulit buah, karena kandungan fosfornya, berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai POC. Di bidang pertanian, fosfor (P) adalah unsur hara makro penting yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal [14]. Fosfor berkaitan erat dengan produksi energi, fotosintesis, dan sintesis metabolit tanaman seperti antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan. Ketersediaan P pada tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor pH tanah dan ketersediaan hara lainnya dalam tanah sehingga ketersediaan P pada berbagai jenis tanah menjadi sangat beragam. Ketidakkampuan tanaman untuk mengasimilasi fosfat dapat menyebabkan defisit, sehingga menghambat perkembangan dan produktivitas. Alternatif untuk mengatasi masalah ini adalah pemupukan; oleh karena itu, menentukan dosis pupuk fosfor yang tepat sangatlah penting [15].

Nilai kalium dari POC adalah 0,0434% pada pengujian pertama dan 0,0421% pada pengujian kedua. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan kalium dari limbah kurang dari 6% jika dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, kandungan kalium pada limbah kulit buah menunjukkan bahwa limbah tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai POC. Kalium (K) adalah makronutrien yang vital dan memiliki peran penting dalam tanaman seperti osmoregulasi, regulasi potensial membran, transpor gula, adaptasi stres dan pertumbuhan [16]. Unsur ini berperan dalam pengaturan beberapa proses penting yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman. Karena indeks signifikansi, K dianggap sebagai yang kedua setelah nitrogen dalam hal pertumbuhan tanaman secara keseluruhan [17]. Meskipun kalium (K) penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, kalium yang berlebihan dapat mengganggu banyak proses tanaman [18].

III.1 ANALISA HASIL PUPUK ORGANIK CAIR ± 20 HARI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap limbah kulit buah-buahan dengan campuran limbah buah (buah naga,mangga,jeruk,alpukat) didapat hasil sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik pengaruh waktu terhadap jumlah POC

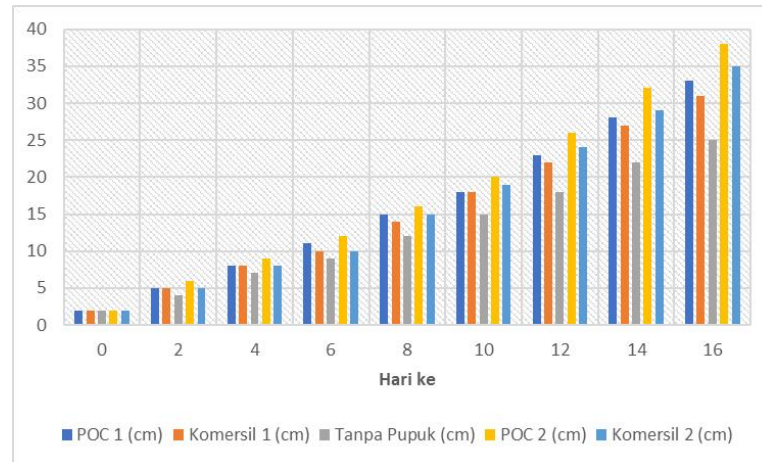
Dari Gambar 1 menunjukkan grafik pengaruh waktu terhadap jumlah Pupuk Organik Cair (POC) yang dihasilkan selama periode 20 hari. Dapat dilihat bahwa jumlah pupuk setiap hari semakin meningkat seiring waktu, dimana pupuk cair mendapatkan jumlah yang konstan, yaitu pada hari ke 20 didapat jumlah POC sebesar 2.439 ml.

III.2 PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK CAIR TERHADAP TINGGI TANAMAN TERONG

Perlakuan yang diberikan terhadap tanaman terong untuk mengetahui pengaruh dari POC tersebut adalah dengan cara melakukan pemupukan menggunakan dua jenis pupuk organik cair yang berbeda kemudian dibandingkan pengaruhnya jika tidak menggunakan pupuk. Perlakuan yang diberikan terhadap tanaman terong yaitu:

- Tanpa penumpukan
- POC 1 (POC : Air) = POC limbah kulit buah dengan perbandingan 4 ml : 1000 ml.
- Komersil 1 (POC : Air) = POC jenis Hortin-D dengan perbandingan 4 ml :1000 ml.
- POC 2 (POC : Air) = POC limbah kulit buah dengan perbandingan 8 ml : 1000 ml.
- Komersil 2 (POC : Air) = POC jenis Hortin-D dengan perbandingan 8 ml : 1000 ml .

Berdasarkan perlakuan tersebut kemudian diamati pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman terong dan dibandingkan satu sama lain. Pengaruh pemberian pupuk organik cair tersebut dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 2. Perbandingan Tinggi Tanaman Terong Berdasarkan Perlakuan Pupuk Organik Cair

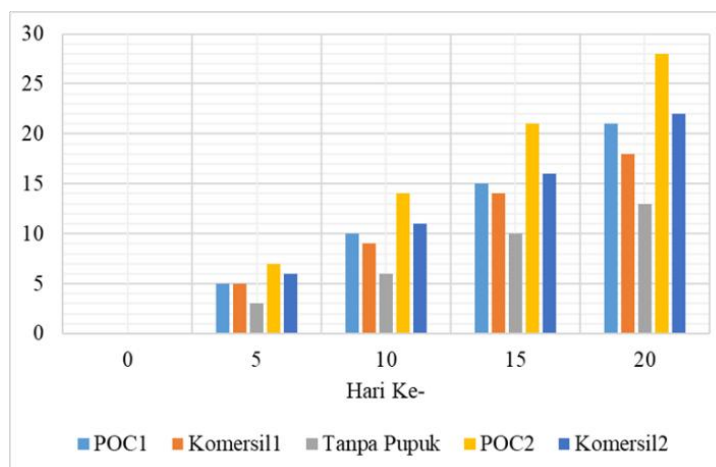
Berdasarkan Gambar 2 di atas, dapat dilihat bahwa pada hari ke-0, semua perlakuan dimulai dengan tinggi tanaman sekitar 2 cm, namun perbedaan pertumbuhan mulai terlihat seiring waktu. Tanaman yang diberikan POC 2 tumbuh paling cepat, mencapai 6 cm pada hari ke-2 dan 38 cm pada hari ke-16. Komersil 2 juga menunjukkan hasil yang baik, dengan tinggi tanaman mencapai 35 cm pada hari ke-16, mendekati POC 2. POC 1 dan Komersil 1 tumbuh dengan pola yang hampir serupa, mencapai 18 cm pada hari ke-10, dan masing-masing tumbuh hingga 33 cm dan 31 cm pada hari ke-16. Sementara itu, tanaman tanpa pupuk menunjukkan pertumbuhan paling lambat, hanya mencapai 25 cm pada hari ke-16. Berdasarkan data ini, dapat disimpulkan bahwa tanaman terong yang mengalami pertumbuhan tercepat terdapat pada perlakuan POC, baik dengan rasio 4:1000 maupun 8:1000. Aplikasi POC dengan rasio 8:1000 menghasilkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan rasio 4:1000, karena semakin banyak pupuk organik, maka semakin tinggi pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [19], yang menunjukkan bahwa Aplikasi pupuk organik cair (POC) dengan dosis tinggi secara nyata meningkatkan perkembangan dan hasil tanaman jagung manis, dengan dosis 400 ml per petak menghasilkan hasil panen tertinggi. Selain itu, penelitian oleh [20] juga mendukung temuan ini, Menunjukkan bahwa jumlah pupuk organik dan anorganik cair yang tepat dapat secara substansial meningkatkan perkembangan tanaman jagung. Konsentrasi pupuk organik cair yang lebih tinggi meningkatkan aksesibilitas hara bagi tanaman.

III.3 PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR TERHADAP JUMLAH DAUN TANAMAN TERONG

Pada awal pengamatan, semua perlakuan menunjukkan jumlah daun yang sama, yaitu 0, menandakan bahwa tanaman berada dalam kondisi yang seragam. Pada hari kelima, terjadi peningkatan jumlah daun di semua perlakuan, di mana POC 1 dan Komersil 1 masing-masing mengalami peningkatan 5 helai daun, sementara perlakuan Tanpa Pupuk hanya menunjukkan 3 helai daun, dan POC2 mencatat hasil terbaik dengan 7 helai daun, diikuti oleh Komersil2 dengan 6 helai daun. Memasuki hari kesepuluh, POC1 mencapai 10 helai daun, diikuti Komersil1 dengan 9 helai daun, sementara Tanpa Pupuk tetap yang paling lambat dengan 6 helai daun, dan POC2 menunjukkan pertumbuhan terbaik dengan 14 helai daun, sementara Komersil2 mencapai 11 helai daun. Pada hari ke-15, POC1 dan Komersil1 menunjukkan peningkatan signifikan, masing-masing menjadi 15 dan 14 helai daun, dengan Tanpa Pupuk mencapai 10 helai daun, sedangkan POC2 tumbuh cepat mencapai 21 helai daun dan Komersil2 mencapai 16 helai daun. Di akhir pengamatan pada hari ke-20, POC1 menunjukkan pertumbuhan sangat baik dengan 21 helai daun, diikuti Komersil1 dengan 18 helai daun, sementara Tanpa Pupuk masih terendah dengan 13 helai daun, dan POC2 tetap yang terbaik dengan 28 helai daun, diikuti Komersil2 dengan 22 helai daun. Kesimpulannya, POC2 menunjukkan pertumbuhan daun terbaik selama periode pengamatan, sementara Tanpa Pupuk menunjukkan pertumbuhan paling sedikit, menegaskan pentingnya penggunaan pupuk untuk pertumbuhan tanaman terong, di mana Komersil1 dan Komersil2 juga menunjukkan pertumbuhan baik meskipun sedikit di bawah POC1 dan POC2, dan penggunaan pupuk organik cair tampaknya lebih efektif dibandingkan pupuk komersil. Berdasarkan hasil pengamatan, tanaman terong yang tidak mendapatkan pupuk organik cair memiliki jumlah daun yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang menggunakan pupuk organik cair [21]. Selain itu, terdapat perbedaan jumlah daun pada

tanaman terong yang mendapatkan variasi POC dan pupuk komersil. Hasil terbaik diperoleh dari perlakuan dengan variasi POC 2, yang menghasilkan 28 helai daun pada hari terakhir pengamatan. Sebaliknya, hasil terburuk didapatkan dari variasi pupuk komersil 1, dengan hanya 18 helai daun pada hari yang sama.

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah daun tanaman terong dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3. Pengaruh pupuk organik cair terhadap jumlah daun tanaman terong

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit jeruk berpotensi untuk digunakan sebagai pupuk organik cair (POC). Efektivitas POC dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman terong terbukti meskipun kadar nitrogen, fosfor, dan kalium yang dihasilkan masih di bawah standar yang ditetapkan ($>6\%$). Pengujian selama 20 hari menunjukkan bahwa POC dengan perbandingan 8 ml:1000 ml memberikan pertumbuhan terbaik, baik dari segi tinggi tanaman maupun jumlah daun. POC lebih efektif dibandingkan pupuk komersil, yang mengindikasikan bahwa penggunaan pupuk organik cair dapat menjadi alternatif yang baik untuk meningkatkan hasil pertanian. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan manfaat penggunaan pupuk organik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Marjenah, W. Kustiawan, I. Nurhifitiani, K. H. M. Sembiring, and R. P. Ediyono, "Pemanfaatan Limbah Kulit Buah-Buahan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair," *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 1, no. 2, pp. 120–127, 2018.
- [2] B. W. R. I. H. Putra and R. Retnawati, "Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator em4," *J. Sains dan Teknol. Lingkung.*, vol. 11, no. 261, pp. 44–56, 2019.
- [3] Syamsia, "The Potential of Liquid Organic Fertilizer for Hydroponic Nutrition : Journal of Agriculture (JoA)," *J. Agric.*, no. 1, pp. 39–46, 2024.
- [4] E. R. Setyawati, D. Pratama Putra, and M. Rinaldy, "Effect of Planting Media Composition and Consentration of Vegetable Waste Liquid Organic Fertilizer on the Growth of Oil Palm Seedlings (*Elaeis Guineensis* Jacq) in the Main Nursery," *Int. J. Life Sci. Agric. Res.*, vol. 03, no. 05, pp. 375–381, 2024.
- [5] W. Peng, Q. Ma, Z. Wang, and Z. Xie, "Research Progress on Comprehensive Utilization of Fruit and Vegetable Waste," *E3S Web Conf.*, vol. 131, 2019.
- [6] H. Suwardiyono, Farikha Maharani, "Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Air Rebusan Olahan Kedelai...", *Inov. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 44–48, 2017.
- [7] N.- Rochyani, R. L. Utpalasari, and I. Dahliana, "ANALISIS HASIL KONVERSI ECO ENZYME MENGGUNAKAN NENAS (*Ananas comosus*) DAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)," *J. Redoks*, vol. 5, no. 2, p. 135, 2020.
- [8] M. Meriatna, S. Suryati, and A. Fahri, "Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganisme) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 7, no. 1, p. 13, 2019.
- [9] N. Susi, S. Surtinah, and M. Rizal, "Pengujian Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit

- Nenas,” *J. Ilm. Pertan.*, vol. 14, no. 2, pp. 46–51, 2018.
- [10] Y. Pratama, H. Suheri, and I. Muthahanas, “Pengaruh Pemberian POC Limbah Buah Nanas (*Ananas comosus*) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.),” pp. 1–9, 2023.
- [11] O. Zayed *et al.*, “Nitrogen Journey in Plants: From Uptake to Metabolism, Stress Response, and Microbe Interaction,” *Biomolecules*, vol. 13, no. 10, 2023.
- [12] Shrivastav *et al.*, “Contaminants in agriculture: Sources, impacts and management,” in *Contaminants in Agriculture: Sources, Impacts and Management*, 2020, pp. 49–59.
- [13] F. Wahid *et al.*, “Sustainable management with mycorrhizae and phosphate solubilizing bacteria for enhanced phosphorus uptake in calcareous soils,” *Agric.*, vol. 10, no. 8, pp. 1–14, 2020.
- [14] A. Aryal, A. K. Devkota, K. Aryal, and M. Mahato, “Effect of different levels of phosphorus on growth and yield of Cowpea varieties in Dang, Nepal,” *J. Agric. Nat. Resour.*, vol. 4, no. 1, pp. 62–78, 2021.
- [15] S. Sanyal *et al.*, “Role of Protein Phosphatases in Signaling, Potassium Transport, and Abiotic Stress Responses,” in *Protein Phosphatases and Stress Management in Plants*, 2020, pp. 203–232.
- [16] R. Johnson *et al.*, “Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance,” *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 172, pp. 56–69, 2022.
- [17] X. Xu *et al.*, “Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings,” *Front. Plant Sci.*, vol. 11, no. June, pp. 1–13, 2020.
- [18] M. Sopyan Harjo, “The Effect Of Liquid Organic Fertilizer (POC) On The Growth and Production Of Carrot (*Daucus carota* L,” *J. Agrotekmas*, pp. 64–69, 2019.
- [19] Y. M. M. Irsyad and D. Kastono, “Pengaruh Macam Pupuk Organik Cair dan Dosis Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.),” *Vegetalika*, vol. 8, no. 4, p. 263, 2019.
- [20] E. C. Wua, S. M. Mambu, and S. D. Umboh, “Pengaruh Aplikasi Berbagai Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.),” *J. Biotechnol. Conserv. WALLACEA*, vol. 02, no. 02, pp. 99–106, 2022.
- [21] A. Anastasya and S. Sudiarso, “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair (POC) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bunga Kol (*Brassica oleracea* var. botrytis L.),” *Produksi Tanam.*, vol. 010, no. 10, pp. 581–589, 2022.