

Pupuk Organik Cair Dari Limbah Ikan (*Sardinella* sp) Untuk Produktivitas Tanaman Terung (*Solanum melongena* L): Analisis Nilai Tambah Ekonomi Biru

Alberto Ignasius Ile Badin¹, Dati Nawastuti², Marianus Ada Lein³

¹albertoilebadin@gmail.com

²datinawastuti@iktl.ac.id

³leinmarianus@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) berbahan dasar limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung (*Solanum melongena* L.), menentukan konsentrasi POC yang memberikan hasil terbaik, serta menganalisis potensi pemanfaatan limbah ikan dalam perspektif ekonomi biru. Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri atas empat perlakuan, yaitu P0 (0 ml/L), P1 (20 ml/L), P2 (40 ml/L), dan P3 (60 ml/L), dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 12 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah buah, dan bobot buah. Data agronomis dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT), sedangkan aspek ekonomi biru dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC limbah ikan sardinella memberikan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah buah, dan bobot buah. Perlakuan P3 (60 ml/L) memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman dengan rata-rata 31,31 cm, jumlah daun 9,19 helai, jumlah buah 1,11 buah, dan bobot buah 87,43 g. Pada parameter diameter batang, P1 (20 ml/L) menghasilkan rata-rata tertinggi sebesar 3,8 cm, namun tidak berbeda nyata dengan P2 (40 ml/L) dan P3 (60 ml/L). Dari aspek ekonomi biru, pengolahan 1 kg limbah ikan menghasilkan 5 L POC dengan biaya produksi Rp141.000, potensi penerimaan Rp250.000, keuntungan Rp109.000, R/C Ratio 1,77, dan BEP produksi 2,82 L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ikan sardinella sebagai POC berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi, mengurangi limbah perikanan, dan mendukung penerapan prinsip ekonomi biru serta pertanian berkelanjutan..

Kata Kunci: pupuk organik cair, limbah ikan sardinella, *Solanum melongena* L., produktivitas, ekonomi biru.

Abstract

This study aimed to determine the effect of applying liquid organic fertilizer (LOF) derived from (*Sardinella* sp.) fish waste on the growth and productivity of eggplant (*Solanum melongena* L.), identify the LOF concentration yielding the best results, and analyze the potential utilization of fish waste from a blue economy perspective. An experimental method was employed using a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor comprising four treatments—P0 (0 ml/L), P1 (20 ml/L), P2 (40 ml/L), and P3 (60 ml/L)—and three replications, resulting in 12 experimental units. Observed parameters included plant height, number of leaves, stem diameter, number of fruits, and fruit weight. Agronomic data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at the 5% significance level, followed by *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT), while the blue economy aspect was analyzed descriptively. The results indicated that the application of *Sardinella* fish waste LOF had a highly significant effect on plant height, number of leaves, stem diameter, number of fruits,

and fruit weight. Treatment P3 (60 ml/L) yielded the best results for plant height (mean 31.31 cm), number of leaves (9.19), number of fruits (1.11), and fruit weight (87.43 g). Regarding stem diameter, P1 (20 ml/L) produced the highest mean (3.8 cm), though this did not differ significantly from P2 (40 ml/L) and P3 (60 ml/L). From a blue economy perspective, processing 1 kg of fish waste yields 5 L of liquid organic fertilizer (POC) with a production cost of IDR 141,000, potential revenue of IDR 250,000, a profit of IDR 109,000, an R/C ratio of 1.77, and a production break-even point (BEP) of 2.82 L. These results demonstrate that utilizing *Sardinella* fish waste to produce liquid organic fertilizer has the potential to enhance eggplant growth and productivity while generating economic value, reducing fishery waste, and supporting the implementation of blue economy principles and sustainable agriculture.

Keywords: *iquid organic fertilizer, Sardinella fish waste, Solanum melongena L., productivity, blue economy.*

Alberto Ignasius Ile Badin

albertoilebadin@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor perikanan di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan, baik pada kegiatan penangkapan maupun pengolahan hasil perikanan. Peningkatan aktivitas tersebut berimplikasi pada bertambahnya jumlah limbah ikan yang dihasilkan, seperti kepala, tulang, sisik, kulit, dan jeroan, yang hingga saat ini sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. limbah ikan tersebut sering kali dibuang langsung ke lingkungan perairan maupun daratan, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, bau tidak sedap, serta menurunkan kualitas sanitasi di sekitar lokasi pengolahan ikan (Ni Made Darmadi *et al*, 2023).

Limbah ikan memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan karena mengandung protein, asam amino, lemak, serta unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Unsur nitrogen (N) berperan penting dalam pembentukan klorofil dan protein yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Fosfor (P) berfungsi dalam pembentukan dan perkembangan sistem perakaran, proses pembungaan, serta pembentukan buah. Kalium (K) berperan dalam pengaturan keseimbangan air, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, serta berpengaruh terhadap kualitas dan bobot buah. Sementara itu, magnesium (Mg) merupakan unsur penyusun utama klorofil yang berperan langsung dalam proses fotosintesis. Kandungan nutrisi tersebut menjadikan limbah ikan berpeluang untuk diolah menjadi produk bernilai guna (Jumirah *et al*, 2018).

Limbah ikan, termasuk limbah ikan sarden, telah dimanfaatkan dalam berbagai bentuk, antara lain sebagai bahan baku tepung ikan, silase ikan, pupuk organik padat, hidrolisat protein ikan, minyak ikan, serta bahan pakan dan keperluan industri lainnya. Meskipun memiliki beragam alternatif pemanfaatan, pengolahan limbah ikan menjadi pupuk organik cair dinilai memiliki keunggulan karena proses pembuatannya relatif sederhana, mudah diaplikasikan, serta mampu menyediakan unsur hara dalam bentuk yang lebih cepat tersedia bagi tanaman (Atma, 2016).

Salah satu bentuk pemanfaatan limbah ikan yang potensial adalah pengolahannya menjadi pupuk organik cair, yang tidak hanya berperan dalam mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah berupa peningkatan nilai ekonomi

limbah ikan, penyediaan unsur hara bagi tanaman, serta peluang pengurangan biaya produksi pertanian. Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk berbahan dasar organik yang diproduksi melalui proses fermentasi, sehingga unsur hara yang dikandungnya berada dalam bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman (Widya *et al*, 2025). POC berbahan limbah ikan diketahui dapat memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik.

Pemanfaatan pupuk organik cair dari limbah ikan juga sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan dan konsep ekonomi biru, yang menekankan efisiensi pemanfaatan sumber daya, pengurangan limbah, serta peningkatan nilai tambah sumber daya perikanan (Sastro *et al*, 2023). Melalui pendekatan ini, limbah ikan yang sebelumnya tidak bernilai atau berpotensi mencemari lingkungan dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai guna bagi sektor pertanian.

Tanaman terung (*Solanum melongena* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi dan banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena permintaan pasar yang relatif stabil. Produktivitas tanaman Terung sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen untuk mendukung pertumbuhan vegetatif serta fosfor dan kalium yang berperan penting dalam pembentukan bunga dan buah. Selama ini, upaya peningkatan produktivitas tanaman Terung umumnya masih bergantung pada penggunaan pupuk anorganik. Namun, penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dan berlebihan dapat menyebabkan degradasi kualitas tanah, pencemaran lingkungan, serta meningkatnya biaya produksi bagi petani (Widowati *et al*, 2023).

Penelitian oleh Ni Made Darmadi *et al*. (2023) menunjukkan bahwa pelatihan penggunaan pupuk organik cair yang berasal dari bahan organik mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman hortikultura, termasuk tanaman Terung. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh pupuk organik cair berbahan limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman Terung, terutama terkait penentuan konsentrasi optimal, masih relatif terbatas. Selain itu, kajian yang mengaitkan pemanfaatan limbah ikan sebagai pupuk organik cair dengan penerapan konsep ekonomi biru juga masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Penelitian ini mengintegrasikan evaluasi efektivitas pupuk organik cair berbahan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap produktivitas tanaman terung dengan analisis pemanfaatan limbah dalam perspektif ekonomi biru, sehingga tidak hanya menilai aspek agronomis tetapi juga nilai keberlanjutan pemanfaatan limbah perikanan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai pengaruh pemberian pupuk organik cair dari limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman Terung (*Solanum melongena* L.) penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan limbah perikanan sebagai pupuk organik cair yang ramah lingkungan, berkelanjutan, serta mampu meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi terhadap limbah ikan.

METODE

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) dari limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung (*Solanum melongena* L.).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu konsentrasi pupuk organik cair (POC) dari limbah

ikan. Untuk memperoleh perbedaan respon tanaman yang lebih jelas dan menghindari jarak konsentrasi perlakuan yang terlalu dekat, tingkat konsentrasi POC disusun dengan selang yang cukup renggang. Adapun rancangan perlakuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- P₀ : 0 ml/L POC tanpa limbah ikan (kontrol)
- P₁ : POC limbah ikan konsentrasi 20 ml/L
- P₂ : POC limbah ikan konsentrasi 40 ml/L
- P₃ : POC limbah ikan konsentrasi 60 ml/L

Pada tanaman terung (*Solanum melongena* L.) penelitian tersebut menunjukkan bahwa variasi konsentrasi tersebut mampu memberikan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, sehingga layak digunakan sebagai perlakuan dalam penelitian (Supriana *et al.* 2026)

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh total unit percobaan sebanyak 12 unit percobaan. Seluruh unit percobaan ditempatkan secara acak untuk meminimalkan pengaruh faktor luar yang tidak dikendalikan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2026 sampai dengan Juni 2026. Kegiatan penelitian dilakukan pada dua lokasi yang berbeda sesuai dengan tahapan penelitian, yaitu lokasi pembuatan pupuk organik cair dan lokasi budidaya tanaman.

Proses pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah ikan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan. Kegiatan ini meliputi pengolahan bahan baku limbah ikan, pencampuran bahan tambahan.

Selanjutnya, kegiatan penanaman dan pemeliharaan tanaman terung (*Solanum melongena* L.) dilakukan di kebun percobaan yang berlokasi di Desa Lewohala, Kecamatan Ile Mandiri, Kabupaten Flores Timur. Tahapan ini meliputi persiapan media tanam, penanaman bibit terung, pemeliharaan tanaman, serta aplikasi pupuk organik cair sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan.

Kegiatan pengamatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung juga dilakukan di lokasi kebun percobaan yang sama. Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan berat buah per tanaman.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ember fermentasi (kontener ukuran 10 liter) yang dilengkapi dengan penutup, pisau, blender atau alat pencacah, timbangan, gelas ukur, botol plastik sebagai wadah pupuk organik cair, polybag sebagai media tanam, penggaris atau mistar untuk pengukuran tinggi tanaman, alat tulis untuk pencatatan data, serta kamera yang digunakan untuk dokumentasi kegiatan penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah ikan sardinella yang berasal dari sisa hasil pengolahan ikan, seperti kepala, tulang, sisik, jeroan, dan bagian ikan yang tidak dimanfaatkan. Limbah ikan tersebut diperoleh dari kegiatan sortasi hasil tangkapan nelayan atau proses pengolahan ikan dan digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan pupuk organik cair.

Bahan lain yang digunakan dalam proses pembuatan pupuk organik cair adalah air bersih sebagai pelarut, gula merah sebagai sumber energi bagi mikroorganisme selama proses fermentasi, serta EM4 sebagai starter mikroba fermentasi yang berperan dalam mempercepat proses penguraian bahan organik. Selain itu, digunakan daun pepaya tua segar sebagai bahan pendukung yang berfungsi membantu mempercepat proses fermentasi melalui aktivitas enzim papain. Daun pepaya tidak dijadikan sebagai variabel perlakuan, melainkan hanya sebagai alat bantu fermentasi.

Bahan untuk tahap budidaya tanaman meliputi benih tanaman terung yang digunakan sebagai objek penelitian untuk mengamati respons pertumbuhan dan produktivitas tanaman terhadap pemberian pupuk organik cair dari limbah ikan. Benih Terung dipilih dalam kondisi sehat dan seragam guna meminimalkan perbedaan pertumbuhan yang disebabkan oleh faktor genetik.

Selain itu, digunakan media tanah sebagai media tanam yang berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya tanaman terung. Media tanah berperan dalam menopang sistem perakaran serta menyediakan unsur hara dasar yang diperlukan tanaman selama masa pertumbuhan, sehingga pengaruh pemberian pupuk organik cair dapat diamati secara lebih optimal.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Ikan

Pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah ikan diawali dengan menyiapkan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan utama. Limbah ikan yang digunakan berupa bagian sisa hasil pengolahan ikan, meliputi kepala, tulang, sisik, jeroan, dan sisa ikan yang tidak dimanfaatkan, yang diperoleh dari kegiatan sortasi hasil tangkapan nelayan atau proses pengolahan ikan. Limbah ikan digunakan sebanyak 1 kg sebagai bahan baku utama dalam setiap proses pembuatan pupuk organik cair, limbah ikan tersebut dicuci dan dibersihkan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran.

Setelah proses pencucian, limbah ikan direbus bersama air bekas pencucian ikan menggunakan kompor selama ± 10 menit. Perebusan ini bertujuan untuk menurunkan jumlah mikroorganisme patogen, mengurangi bau amis, serta melunakkan jaringan ikan sehingga lebih mudah terurai pada tahap fermentasi selanjutnya. Setelah direbus, limbah ikan didiamkan hingga benar-benar dingin sebelum dicampurkan dengan bahan fermentasi lainnya.

Tahap berikutnya adalah persiapan bahan tambahan, yaitu daun pepaya tua segar sebanyak 300 g dicuci bersih, kemudian dicacah halus, penambahan daun pepaya yaitu bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi melalui aktifitas enzim papain, serta tidak di jadikan sebagai variabel perlakuan dalam penelitian. Daun pepaya sebagai alat bantu fermentasi.

Bahan hasil penghalusan kemudian dicampurkan dengan gula merah cair sebanyak 150 g sebagai sumber energi bagi mikroorganisme, serta ditambahkan EM4 pertanian sebanyak 50 ml. Selanjutnya, campuran tersebut ditambahkan air bersih sebanyak 2 liter dan diaduk hingga homogen. Campuran bahan fermentasi ini kemudian dimasukkan ke dalam wadah kontener berkapasitas 10 liter.

Proses fermentasi dilakukan selama ± 30 hari, dihitung sejak hari pertama penyimpanan. Selama masa fermentasi, pupuk organik cair diamati setiap hari untuk memantau perubahan fisik, seperti aroma, warna, dan terbentuknya gas sebagai indikator berlangsungnya proses fermentasi. Setelah fermentasi selesai, pupuk organik cair dari limbah ikan sardinella siap digunakan sebagai bahan perlakuan pada tanaman terung sesuai dengan konsentrasi yang telah ditetapkan dalam penelitian

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas kompos, pasir, dan tanah top soil dengan perbandingan 1:1:2 (v/v). Kompos dibuat dari campuran daun kering, batang pisang yang telah dicincang, dan tanah top soil. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut disiram menggunakan larutan aktivator yang terdiri atas EM4 sebanyak 50 ml, gula merah sebanyak 150 g yang telah dilarutkan, dan air cucian beras sebanyak 2 L.

Campuran bahan kemudian difermentasi selama 30 hari hingga menjadi kompos yang matang, yang ditandai dengan warna cokelat kehitaman, bertekstur remah, dan tidak berbau menyengat.

Setelah kompos matang, media tanam disiapkan dengan mencampurkan kompos, pasir, dan tanah humus dengan perbandingan 1:1:2 hingga homogen. Humus yang digunakan merupakan tanah lapisan atas (0–20 cm) karena memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang lebih tinggi sehingga sesuai sebagai media pertumbuhan tanaman.

Sebelum digunakan, media tanam dibersihkan dari batu, sisa akar, dan benda asing lainnya, kemudian diaduk hingga merata dan dimasukkan ke dalam polybag dengan ukuran yang seragam. Media tanam yang telah dimasukkan ke dalam polybag didiamkan selama beberapa hari sambil disiram secukupnya untuk menjaga kelembapan. Tahap persiapan ini bertujuan agar media tanam memiliki kondisi fisik, kimia, dan biologis yang stabil sehingga mampu mendukung pertumbuhan awal tanaman terung secara optimal.

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Benih tanaman terung disemai terlebih dahulu pada media semai hingga berkecambah dan tumbuh menjadi bibit. Bibit tanaman terung yang telah berumur 40 hari atau telah memiliki 3–4 helai daun sejati dipindahkan ke dalam polybag yang telah berisi media tanam. Proses pemindahan bibit dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada sistem perakaran tanaman.

Pemeliharaan tanaman meliputi beberapa kegiatan, antara lain penyiraman, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan secara rutin dengan menyesuaikan kondisi cuaca dan kelembapan media tanam agar tanaman tidak mengalami kekeringan maupun kelebihan air. Penyiangan gulma dilakukan secara manual untuk mengurangi kompetisi antara tanaman terung dan gulma dalam memperoleh unsur hara, air, dan cahaya.

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara manual dan mekanis, seperti dengan memungut hama yang terlihat secara langsung, guna menghindari penggunaan pestisida kimia yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Kegiatan pemeliharaan ini bertujuan untuk menciptakan kondisi pertumbuhan tanaman yang optimal sehingga pengaruh pemberian pupuk organik cair dari limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman Terung dapat diamati secara maksimal.

Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair (POC) dari limbah ikan diaplikasikan pada tanaman terung sesuai dengan perlakuan konsentrasi yang telah ditetapkan dalam rancangan penelitian. Aplikasi POC mulai dilakukan pada umur 40 hari setelah tanam, yaitu setelah bibit beradaptasi dengan media tanam. Selanjutnya, POC diberikan satu kali setiap tujuh hari hingga tanaman memasuki fase generatif atau awal pembentukan buah.

Pemberian POC dilakukan dengan cara menyiramkan larutan pupuk ke media tanam di sekitar perakaran tanaman sesuai dengan konsentrasi perlakuan, yaitu P0 (tanpa POC), P1 (20 ml/L air), P2 (40 ml/L air), dan P3 (60 ml/L air). Seluruh perlakuan diberikan dengan volume yang sama pada setiap aplikasi agar perbedaan respons tanaman hanya dipengaruhi oleh konsentrasi pupuk yang diberikan.

Aplikasi pupuk organik cair bertujuan untuk menyediakan unsur hara secara bertahap selama fase pertumbuhan vegetatif hingga awal fase generatif, sehingga pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung dapat diamati secara optimal. Selama

penelitian berlangsung, seluruh perlakuan diberikan secara seragam sesuai jadwal aplikasi untuk meminimalkan pengaruh faktor luar terhadap hasil penelitian.

Parameter Pengamatan Agronomi

Parameter agronomi merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman terhadap perlakuan yang diberikan. Pengamatan parameter agronomi bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Menurut (Firdaus Ridwan Sutarta¹, Asri Widiatsih² 2021) pertumbuhan tanaman dapat diamati melalui perubahan ukuran dan jumlah organ tanaman, sedangkan produktivitas tanaman dapat dinilai berdasarkan hasil panen yang dihasilkan. Parameter agronomi yang diamati dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanam

Parameter agronomi digunakan untuk menilai respons pertumbuhan dan hasil tanaman terung akibat perlakuan pemberian POC limbah ikan. Parameter agronomi yang diamati meliputi:

➤ **Tinggi Tanaman (cm)**

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan vegetatif yang mencerminkan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan unsur hara untuk proses pembelahan dan pemanjangan sel. Pengukuran dilakukan dari permukaan media tanam hingga titik tumbuh tertinggi menggunakan mistar atau penggaris ukur. Pengamatan dilakukan secara berkala sesuai jadwal pengamatan.

➤ **Jumlah Daun (helai)**

Jumlah daun digunakan sebagai indikator perkembangan vegetatif tanaman karena daun merupakan organ utama yang berperan dalam proses fotosintesis. Pengamatan dilakukan dengan menghitung seluruh daun yang telah membuka sempurna pada setiap tanaman selama masa penelitian.

➤ **Diameter Batang (cm)**

Diameter batang diukur pada bagian pangkal batang tanaman, sekitar 2–3 cm di atas permukaan media tanam, menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*). Pengukuran dilakukan secara berkala setiap tujuh hari sekali sejak satu minggu setelah tanam hingga akhir masa penelitian.

➤ **Jumlah Buah per Tanaman (buah)**

Jumlah buah per tanaman merupakan salah satu parameter hasil yang digunakan untuk mengetahui produktivitas tanaman akibat perlakuan yang diberikan. Pengamatan dilakukan dengan menghitung seluruh buah yang dipanen dari setiap tanaman selama periode panen.

➤ **Bobot Buah per Tanaman (gram)**

Bobot buah per tanaman merupakan parameter hasil yang menunjukkan tingkat produktivitas tanaman secara kuantitatif. Pengukuran dilakukan dengan menimbang seluruh buah yang dipanen dari setiap tanaman menggunakan timbangan digital, kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh bobot total buah per tanaman.

Parameter Ekonomi Biru

Parameter ekonomi biru digunakan untuk menilai aspek keberlanjutan ekonomi dan pemanfaatan limbah perikanan dalam kerangka konsep ekonomi biru. Parameter ini mencerminkan efisiensi biaya, potensi nilai ekonomi, serta nilai tambah dari pengolahan limbah ikan menjadi pupuk organik cair. Parameter ekonomi biru yang diamati meliputi:

1. **Biaya Produksi Pupuk Organik Cair (POC)**

$$\text{Rumus: } TC = FC + VC$$

Keterangan:

(TC) = Total biaya produksi (Rp)

(FC) = Fixed Cost atau biaya tetap (Rp)

(VC) = Variable Cost atau biaya variabel (Rp)

2. Jumlah POC yang Dihasilkan (liter)

Jumlah POC yang dihasilkan dihitung berdasarkan total volume pupuk organik cair yang diperoleh setelah proses fermentasi selesai. Volume POC dinyatakan dalam satuan liter (L).

3. Penerimaan

$$\text{Rumus: } TR = P \times Q$$

Keterangan:

(TR) = Total penerimaan atau nilai produksi (Rp)

(P) = Harga jual POC per liter (Rp/L)

(Q) = Jumlah POC yang dihasilkan (L)

4. Keuntungan

$$\text{Rumus: } \pi = TR - TC$$

Keterangan:

(π) = Keuntungan (Rp)

(TR) = Total penerimaan atau nilai produksi (Rp)

(TC) = Total biaya produksi (Rp)

5. R/C ratio (*Revenue/Cost Ratio*)

$$\text{Rumus: } R/C \text{ Ratio} = \frac{TR}{TC}$$

Keterangan:

(TR) = Total penerimaan (Rp)

(TC) = Total biaya produksi (Rp)

Kriteria penilaian:

Jika $R/C > 1$, maka usaha dinilai menguntungkan atau layak secara ekonomi.

Jika $R/C = 1$, maka usaha berada pada kondisi impas.

Jika $R/C < 1$, maka usaha dinilai tidak menguntungkan.

6. Efisiensi Biaya Pupuk

$$\text{Rumus: } BEP_{\text{produksi}} = \frac{Tc}{p}$$

Keterangan:

BEP_{produksi} = Titik impas produksi (L)

TC = Total biaya produksi (Rp)

P = Harga jual POC per liter (Rp/L)

7. Nilai Tambah

$$\text{Margin Ekonomi} = TR - TC$$

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengamatan dan pengukuran langsung terhadap tanaman terung (*Solanum melongena* L.) di lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup parameter pertumbuhan dan produktivitas tanaman, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan berat buah per tanaman.

Pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan secara berkala setiap 7 hari sekali (mingguan) sejak tanaman berumur satu minggu setelah tanam hingga menjelang panen. Pemilihan interval mingguan didasarkan pada pertimbangan bahwa perubahan pertumbuhan tanaman terung berlangsung secara bertahap dan relatif stabil dalam rentang waktu tersebut. Dengan demikian, frekuensi pengamatan mingguan dianggap cukup untuk menggambarkan pola pertumbuhan tanaman secara akurat. Metode ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sinu *et al*, 2024 yang melakukan pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun terung setiap minggu selama masa pertumbuhan dalam penelitiannya mengenai pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung (Sinu *et al*, 2024).

Sementara itu, pengamatan jumlah buah dan pengukuran berat buah dilakukan pada saat panen. Pengamatan dilakukan terhadap seluruh tanaman sampel dari setiap perlakuan untuk memperoleh data hasil yang representatif. Pendekatan ini mengikuti metode yang digunakan oleh (Buana *et al*, 2025) yang meneliti pengaruh pupuk organik cair terhadap hasil dan mutu buah terung ungu, di mana parameter hasil tanaman diamati dan diukur pada waktu panen.

Seluruh data hasil pengamatan dicatat secara sistematis dalam lembar pengamatan yang telah disiapkan sebelumnya. Data kemudian dianalisis secara statistik untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) dari limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung. Teknik ini diharapkan dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri atas data parameter ekonomi biru dianalisis secara deskriptif data disajikan dalam bentuk tabel diagram dan gambar. Data parameter agronomi (Data pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang jumlah buah, dan berat buah) dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance/ANOVA*) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dan menentukan konsentrasi pupuk organik cair dari limbah ikan yang memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung.

Model matematis Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Mattjik dan Sumertajaya, 2000):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan konsentrasi pupuk organik cair ke-i

ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Agronomi

Parameter agronomi merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung (*Solanum melongena* L.) terhadap pemberian pupuk organik cair (POC) berbahan dasar limbah ikan *Sardinella* (*Sardinella* sp.) Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter

batang, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman. Pengamatan dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan selama penelitian. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

Tinggi Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter agronomi yang diamati untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Pengukuran dilakukan setiap tujuh hari sekali selama 12 minggu setelah tanam (MST) menggunakan mistar dengan satuan sentimeter (cm). Hasil pengamatan tinggi tanaman disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Tinggi Tanaman Terung Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Ulangan			Toal	Rata-Rata (cm)
	I	II	III		
P0 (0 ml/L)	22,3333	22	20,8333	65,1666	22
P1 (20 ml/L)	24,4167	26	25,8333	76,25	25
P2 (40 ml/L)	27,9167	26,75	26,1667	80,8334	27
P3 (60 ml/L)	32,0833	32,75	29,0833	93,9166	31,31
Jumlah Total				316,1666	26,3

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 1, terlihat bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan dengan dosis yang berbeda memberikan hasil tinggi tanaman yang berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan P0 (0 ml/L) memiliki rata-rata tinggi tanaman terendah, yaitu 22 cm, sedangkan perlakuan P1 (20 ml/L) memiliki rata-rata tinggi tanaman sebesar 25 cm. Perlakuan P2 (40 ml/L) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman sebesar 27 cm, sementara rata-rata tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (60 ml/L), yaitu sebesar 31,31 cm.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk organik cair limbah ikan mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman terung. Kondisi tersebut diduga karena semakin tinggi konsentrasi POC yang diberikan, semakin besar pula ketersediaan unsur hara makro, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang berperan penting dalam proses pembentukan klorofil, pembelahan sel, sintesis protein, dan pemanjangan batang. Menurut Raksun et al. (2021), ketersediaan nitrogen yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman melalui peningkatan pembentukan jaringan baru. Selain itu, Kahar et al. (2022) menjelaskan bahwa POC berbahan limbah ikan mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih efisien

Tabel 1 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Tinggi Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Sk	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
Perlakuan	3	141,6	47,2	12,55	4,07	7,59	**
Galat/Sisa	8	12,0	1,50				
Total	11	153,6					

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%.

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh nilai Fhitung sebesar 12,55, lebih besar daripada Ftabel 5% (4,07) maupun Ftabel 1% (7,59). Dengan demikian, pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman terung.

Karena hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh sangat nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Tabel 2 Hasil Uji DMRT Tinggi Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Rata-rata (cm)	Notasi DMRT
P3	31,31	a
P2	27	b
P1	25	b
P0	22	c

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Berdasarkan hasil uji DMRT diketahui bahwa perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi dan berada pada kelompok (a), sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) berada pada kelompok (c). Perlakuan P1 dan P2 memiliki notasi huruf yang sama (b), sehingga keduanya tidak berbeda nyata.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pemberian POC pada konsentrasi 60 ml/L telah mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara optimal. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi dari 20 ml/L menjadi 40 ml/L belum memberikan tambahan unsur hara yang cukup besar untuk menghasilkan perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman yang signifikan secara statistik.

Peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan P3 diduga dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen yang lebih optimal dibandingkan perlakuan lainnya. Nitrogen merupakan unsur hara yang berperan penting dalam pembentukan klorofil, sintesis protein, serta pembelahan dan pemanjangan sel, sehingga mampu merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk peningkatan tinggi tanaman. Pemberian pupuk organik cair pada konsentrasi 60 ml/L diduga mampu menyediakan nitrogen dalam jumlah yang lebih mencukupi sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung lebih optimal dibandingkan perlakuan dengan konsentrasi yang lebih rendah maupun kontrol. Hasil penelitian ini sejalan dengan Raksun et al. (2021) yang menyatakan bahwa kecukupan nitrogen berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif melalui pembentukan jaringan baru.

Temuan penelitian ini juga didukung oleh (Tina, Afsarimanesh, and Nag 2025) yang melaporkan bahwa pemberian nitrogen berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan pertumbuhan vegetatif. Selain itu, (Markiewicz, Golcz, and Kujawski 2008) menjelaskan bahwa fosfor dan kalium berperan dalam mendukung perkembangan akar, meningkatkan aktivitas enzim, serta mengoptimalkan metabolisme tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung lebih baik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman terung sekaligus mendukung penerapan

konsep ekonomi biru melalui pemanfaatan limbah perikanan menjadi produk yang bernilai tambah dan ramah lingkungan.

1.1.1 Jumlah Daun Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Jumlah daun merupakan salah satu parameter agronomi yang diamati untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya proses fotosintesis sehingga jumlah daun dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman. Pengamatan dilakukan setiap tujuh hari sekali selama 12 minggu setelah tanam (MST). Hasil pengamatan jumlah daun tanaman terung disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Jumlah Daun Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata (helai)
	I	II	III		
P0 (0 ml/L)	5,83333	6,91667	7,16667	19,91667	6,64
P1 (20 ml/L)	7,66667	7,08333	6,83333	21,58333	7,19
P2 (40 ml/L)	7,91667	9,16667	7,58333	24,66667	8,22
P3 (60 ml/L)	9,08333	9,08333	9,41667	27,58333	9,19
Jumlah Total				93,75	7,81

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa rata-rata jumlah daun tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (60 ml/L) yaitu 9,19 helai, diikuti perlakuan P2 (40 ml/L) sebesar 8,22 helai, perlakuan P1 (20 ml/L) sebesar 7,19 helai, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata terendah yaitu 6,64 helai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mampu meningkatkan jumlah daun tanaman terung. Hasil analisis ragam (ANOVA) jumlah daun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Jumlah Daun Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Sk	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
Perlakuan	3	11,5	3,8	19,35	4,07	7,59	**
Galat/Sisa	8	2,8	0,35				
Total	11	14,3					

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%.

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh nilai Fhitung sebesar 19,35, lebih besar daripada Ftabel 5% (4,07) dan Ftabel 1% (7,59). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap jumlah daun tanaman terung. Karena hasil ANOVA menunjukkan pengaruh sangat nyata, maka dilakukan uji lanjut DMRT pada taraf 5%.

Tabel 6. Hasil Uji DMRT Jumlah Daun Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Rata-rata (helai)	Notasi DMRT
P3	9,19	a
P2	8,22	b

P1	7,19	c
P0	6,64	c

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji DMRT diketahui bahwa perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan P2, P1, dan P0 masing-masing berada pada kelompok huruf yang berbeda, sehingga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk organik cair limbah ikan sardinella memberikan peningkatan jumlah daun secara nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan *Sardinella*. mampu meningkatkan jumlah daun tanaman terung. Perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu 9,19 helai, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan jumlah daun terendah, yaitu 6,64 helai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian POC pada konsentrasi 60 ml/L mampu menyediakan unsur hara yang lebih optimal sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman berlangsung lebih baik. Kondisi ini diduga menyebabkan proses pembentukan daun menjadi lebih aktif dibandingkan perlakuan dengan konsentrasi yang lebih rendah maupun tanpa pemberian POC.

Peningkatan jumlah daun diduga terutama dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen yang berperan dalam pembentukan klorofil dan sintesis protein. Ketersediaan nitrogen yang cukup meningkatkan laju fotosintesis sehingga tanaman memiliki energi dan hasil asimilasi yang lebih besar untuk membentuk daun baru. Semakin banyak daun yang terbentuk, semakin luas pula permukaan fotosintesis yang dimiliki tanaman, sehingga pertumbuhan vegetatif dapat berlangsung secara lebih optimal. Hasil penelitian ini sejalan dengan (Raksun *et al.* 2021) yang menyatakan bahwa kecukupan nitrogen berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif, khususnya jumlah daun. Penelitian (Tina *et al.* 2025) juga melaporkan bahwa pemberian nitrogen memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan daun tanaman terung.

Secara keseluruhan, pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terbukti mampu meningkatkan jumlah daun tanaman terung serta mendukung pemanfaatan limbah perikanan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan sesuai dengan konsep ekonomi biru.

Diameter Batang Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Diameter batang merupakan salah satu parameter agronomis yang diamati untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Diameter batang mencerminkan kekuatan batang dalam menopang pertumbuhan tanaman serta kemampuan tanaman dalam mengangkut air dan unsur hara. Pengukuran diameter batang dilakukan setiap tujuh hari sekali selama 12 minggu setelah tanam menggunakan jangka sorong dengan satuan sentimeter (cm).

Hasil pengamatan diameter batang tanaman terung selama penelitian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Diameter Batang Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata (cm)
	I	II	III		

P0 (0 ml/L)	2,5	2,83333	3,25	8,58333	2,9
P1 (20 ml/L)	3,25	4,08333	3,91667	11,25	3,8
P2 (40 ml/L)	3,83333	3,66667	3,5	11	3,7
P3 (60 ml/L)	3,83333	3,41667	3,58333	10,83333	3,6
Jumlah Total				41,66666	3,47

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa rata-rata diameter batang tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 (20 ml/L) yaitu 3,8 cm, diikuti perlakuan P2 (40 ml/L) sebesar 3,7 cm, perlakuan P3 (60 ml/L) sebesar 3,6 cm, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata diameter batang terendah yaitu 2,9 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella mampu meningkatkan diameter batang dibandingkan perlakuan kontrol

Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella terhadap diameter batang tanaman terung, dilakukan analisis ragam (*Analysis of Variance*/ANOVA) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Diameter Batang Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Sk	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
Perlakuan	3	133,9	44,6	9,00	4,07	7,59	**
Galat/Sisa	8	0,8	0,10				
Total	11	134,8					

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan:** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%.

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh nilai Fhitung sebesar 9,00, lebih besar daripada Ftabel 5% (4,07) maupun F tabel 1% (7,59). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap diameter batang tanaman terung.

Karena hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

Tabel 9. Hasil Uji DMRT Diameter Batang Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Rata-rata (cm)	Notasi DMRT
P0	2,9 cm	b
P1	3,8 cm	a
P2	3,7 cm	a
P3	3,6 cm	a

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji DMRT diketahui bahwa perlakuan P1, P2, dan P3 berada pada kelompok huruf yang sama (a), sehingga tidak berbeda nyata satu sama lain.

Namun, ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan P0 (0 ml/L) yang berada pada kelompok (b).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp). memberikan pengaruh sangat nyata terhadap diameter batang tanaman terung. Perlakuan P1 (20 ml/L) menghasilkan rata-rata diameter batang tertinggi, yaitu 3,8 cm, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata diameter batang terendah, yaitu 2,9 cm. Hasil uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) menunjukkan bahwa perlakuan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata, tetapi ketiganya berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (P0). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian POC pada konsentrasi 20 ml/L sudah mampu meningkatkan pertumbuhan diameter batang, sedangkan peningkatan konsentrasi menjadi 40 ml/L dan 60 ml/L tidak memberikan tambahan pengaruh yang signifikan. Hal ini diduga karena kebutuhan unsur hara untuk pertumbuhan diameter batang telah terpenuhi pada konsentrasi 20 ml/L, sehingga penambahan konsentrasi POC tidak lagi meningkatkan diameter batang secara nyata.

Peningkatan diameter batang diduga berkaitan dengan peran kalsium dalam pembentukan dan penguatan dinding sel, sehingga batang menjadi lebih kokoh dan mampu berkembang dengan baik. Ketersediaan kalsium yang cukup mendukung pembentukan jaringan batang serta meningkatkan kekuatan struktur tanaman. Hasil penelitian ini sejalan dengan Markiewicz et al. (2008) yang menyatakan bahwa kalsium berperan penting dalam pembentukan dinding sel dan pertumbuhan jaringan tanaman. Namun, berbeda dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah daun yang menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi POC, pada diameter batang peningkatan konsentrasi di atas 20 ml/L tidak memberikan perbedaan yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap pemberian POC dapat berbeda pada setiap parameter pertumbuhan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Raksun et al. (2021) yang menyatakan bahwa ketersediaan unsur hara makro berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk diameter batang. Selain itu, Markiewicz *et al.* (2008) menjelaskan bahwa kalium berperan dalam memperkuat jaringan tanaman, sedangkan kalsium berfungsi dalam pembentukan dinding sel sehingga mendukung pertumbuhan batang yang lebih kuat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair mampu meningkatkan pertumbuhan diameter batang tanaman terung. Selain meningkatkan pertumbuhan vegetatif, pemanfaatan limbah ikan sebagai pupuk organik cair juga mendukung penerapan konsep ekonomi biru melalui pengolahan limbah perikanan menjadi produk yang bernilai tambah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Jumlah Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Jumlah buah merupakan salah satu parameter produktivitas yang diamati untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap hasil tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Pengamatan jumlah buah dilakukan saat tanaman memasuki fase generatif hingga masa panen dengan menghitung seluruh buah yang terbentuk pada setiap tanaman sampel. Hasil pengamatan jumlah buah tanaman terung selama penelitian disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Jumlah Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata (buah)
	I	II	III		

P0 (0 ml/L)	1	0,66667	0,66667	2,33334	0,78
P1 (20 ml/L)	1	0,66667	0,66667	2,33334	0,78
P2 (40 ml/L)	0,66667	1	1	2,66667	0,89
P3 (60 ml/L)	1	1,33333	1	3,33333	1,11
Jumlah Total				10,66668	0,9

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Berdasarkan Tabel 10, rata-rata jumlah buah tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (60 ml/L), yaitu 1,11 buah, diikuti P2 (40 ml/L) sebesar 0,89 buah. Perlakuan P0 (0 ml/L) dan P1 (20 ml/L) menghasilkan rata-rata jumlah buah yang sama, yaitu 0,78 buah.. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mampu meningkatkan jumlah buah tanaman terung dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap jumlah buah tanaman terung, data dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance/ANOVA*) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$).

Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Jumlah Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Sk	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
Perlakuan	3	8,87	3,0	20,02	4,07	7,59	**
Galat/Sisa	8	0,30	0,04				
Total	11	9,17					

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan:** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%.

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh nilai Fhitung sebesar 20,02 sedangkan nilai Ftabel pada taraf 5% sebesar 4,07 dan Ftabel pada taraf 1% sebesar 7,59. Nilai Fhitung lebih besar daripada Ftabel 5% maupun F tabel 1% ($20,02 > 7,59$), sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap jumlah buah tanaman terung.

Karena hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Tabel 12. Hasil Uji DMRT Jumlah Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Rata-rata (buah)	Notasi DMRT
P3	1,11	a
P2	0,89	b
P1	0,78	c

P0	0,78	c
----	------	---

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil uji DMRT diketahui bahwa perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan jumlah buah tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan P2. Sementara itu, perlakuan P1 dan P0 berada pada kelompok huruf yang sama (c), sehingga keduanya tidak berbeda nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap jumlah buah tanaman terung. Perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan rata-rata jumlah buah tertinggi yaitu 1,11 buah, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata terendah yaitu 0,79 buah. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan P3 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan P1 dan P0 tidak berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap jumlah buah tanaman terung.

Peningkatan jumlah buah pada perlakuan P3 diduga berkaitan dengan peran fosfor yang mendukung pembentukan bunga, proses pembuahan, dan perkembangan buah. Ketersediaan fosfor yang lebih optimal memungkinkan pembentukan bunga berlangsung lebih baik sehingga peluang terbentuknya buah juga meningkat. Sebaliknya, tidak adanya perbedaan nyata antara perlakuan P1 dan P0 menunjukkan bahwa konsentrasi 20 ml/L belum cukup untuk memberikan respons yang berbeda terhadap pembentukan buah. Hasil penelitian ini sejalan dengan Markiewicz et al. (2008) yang menyatakan bahwa fosfor berperan penting dalam pembentukan bunga dan perkembangan buah, serta Raksun et al. (2021) yang melaporkan bahwa kecukupan unsur hara berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas tanaman terung.

Peningkatan jumlah buah diduga dipengaruhi oleh kandungan unsur hara pada pupuk organik cair limbah ikan tembang. Pada fase pembentukan buah, fosfor dan kalium merupakan unsur yang paling berperan. Fosfor membantu pembentukan bunga, pembuahan, dan perkembangan buah, sedangkan kalium meningkatkan translokasi hasil fotosintesis ke buah sehingga pembentukan buah menjadi lebih optimal. Nitrogen juga berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif pada fase awal sehingga tanaman memiliki kemampuan fotosintesis yang baik sebelum memasuki fase generatif.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Raksun et al. (2021) yang menyatakan bahwa ketersediaan unsur hara makro mampu meningkatkan produktivitas tanaman terung. Selain itu, Markiewicz et al. (2008) menjelaskan bahwa fosfor berperan dalam pembentukan bunga dan buah, sedangkan kalium membantu pengisian buah serta meningkatkan kualitas hasil panen.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair mampu meningkatkan produktivitas tanaman terung, khususnya jumlah buah. Selain meningkatkan hasil panen, penggunaan pupuk organik cair dari limbah ikan juga mendukung penerapan konsep ekonomi biru melalui pemanfaatan limbah perikanan menjadi produk yang bernilai tambah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Bobot Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Bobot buah merupakan salah satu parameter produktivitas yang diamati untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap hasil akhir tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Pengamatan bobot buah dilakukan satu kali pada saat panen akhir, yaitu setelah tanaman berumur tiga bulan. Bobot buah diukur dengan menimbang seluruh buah yang dihasilkan pada setiap tanaman sampel menggunakan timbangan digital dengan satuan gram (g). Parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat produktivitas tanaman setelah diberikan perlakuan pupuk organik cair limbah ikan tembang.

Tabel 13 Hasil Pengamatan Bobot Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata (g)
	I	II	III		
P0 (0 ml/L)	43,9	40,6	43	127,5	42,50
P1 (20 ml/L)	88	48,6	74,3	210,9	70,3
P2 (40 ml/L)	61,4	69,5	55	185,9	62,0
P3 (60 ml/L)	80,4	90,4	91,5	262,3	87,43
Jumlah Total				786,6	65,55

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Berdasarkan Tabel 13 diketahui bahwa rata-rata bobot buah tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (60 ml/L) sebesar 87,43 g, diikuti perlakuan P1 (20 ml/L) sebesar 70,3 g, perlakuan P2 (40 ml/L) sebesar 62,00 g, sedangkan perlakuan P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata berat buah terendah yaitu 42,50 g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mampu meningkatkan berat buah tanaman terung dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) terhadap bobot buah tanaman terung, data dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance*/ANOVA) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Bobot Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Sk	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
Perlakuan	3	3136,8	1045,6	11.31	4,07	7,59	**
Galat/Sisa	8	986,4	123,30				
Total	11	4123,2					

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Keterangan: ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%.

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Tabel 14 diperoleh nilai Fhitung sebesar 11,31, sedangkan nilai Ftabel pada taraf 5% sebesar 4,07 dan pada taraf 1% sebesar 7,59. Nilai Fhitung lebih besar daripada Ftabel 5% maupun Ftabel 1% ($11,31 > 7,59$), sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap bobot buah tanaman terung.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mampu memengaruhi bobot buah tanaman terung. Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa pemberian

pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) berpengaruh terhadap bobot buah tanaman terung dapat diterima.

Karena hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

Tabel 15. Hasil Uji DMRT Bobot Buah Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

Perlakuan	Rata-Rata (g)	Notasi DMRT
P3	87,43	a
P1	70,30	b
P2	62,00	b
P0	42,50	c

Sumber: Data primer yang diolah (2026).

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil uji DMRT pada Tabel 15 diketahui bahwa perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan rata-rata bobot buah tertinggi yaitu 87,43 g dengan notasi (a), sehingga berbeda nyata dengan perlakuan P0 (0 ml/L) yang memiliki notasi (c). Perlakuan P1 (20 ml/L) dan P2 (40 ml/L) memiliki notasi yang sama, yaitu (b), sehingga kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata satu sama lain. Namun demikian, kedua perlakuan tersebut menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol.

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis statistik, pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) memberikan pengaruh nyata terhadap bobot buah tanaman terung. Perlakuan P3 (60 ml/L) menghasilkan rata-rata bobot buah tertinggi yaitu 87,43 g, sedangkan perlakuan kontrol P0 (0 ml/L) menghasilkan rata-rata bobot buah terendah yaitu 42,50 g.

Peningkatan bobot buah pada perlakuan P3 diduga terjadi karena tanaman mampu memanfaatkan unsur hara yang tersedia secara lebih efisien selama fase generatif. Pertumbuhan vegetatif yang lebih baik pada fase sebelumnya menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dan luas permukaan fotosintesis yang lebih besar, sehingga fotosintat yang dihasilkan tanaman juga meningkat. Fotosintat tersebut kemudian ditranslokasikan ke buah sebagai hasil simpanan untuk mendukung proses pengisian dan pembesaran buah. Akibatnya, buah yang dihasilkan pada perlakuan P3 memiliki bobot yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan P3 (60 ml/L) memberikan hasil bobot buah yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan kontrol (P0). Sementara itu, perlakuan P1 (20 ml/L) dan P2 (40 ml/L) tidak berbeda nyata, sehingga peningkatan konsentrasi pupuk dari 20 ml/L menjadi 40 ml/L belum memberikan peningkatan berat buah yang signifikan. Namun, peningkatan konsentrasi hingga 60 ml/L mampu menghasilkan berat buah tertinggi pada penelitian ini.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair mampu meningkatkan bobot buah tanaman terung. Perlakuan P3 (60 ml/L) memberikan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Peningkatan bobot buah diduga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara makro, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang berperan dalam proses fotosintesis, pembentukan bunga, serta pengisian buah sehingga hasil produksi tanaman menjadi lebih optimal. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Faisal and Baharuddin 2022) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk organik cair berbahan limbah ikan mampu meningkatkan produksi

tanaman hortikultura, termasuk bobot buah. Dengan demikian, pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai pupuk organik cair tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman terung, tetapi juga memberikan nilai tambah pada limbah hasil perikanan serta mendukung penerapan konsep ekonomi biru melalui pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Ekonomi Biru (*Blue Economy*)

Konsep ekonomi biru dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif berdasarkan pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC) untuk budidaya tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Analisis dilakukan untuk menggambarkan bagaimana limbah hasil perikanan yang sebelumnya belum dimanfaatkan dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai tambah, sehingga mendukung prinsip pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pemanfaatan limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) sebagai pupuk organik cair tidak hanya bertujuan meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, tetapi juga menjadi salah satu upaya mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah organik hasil perikanan. Dengan mengolah limbah tersebut menjadi pupuk organik cair, nilai ekonomi limbah meningkat sehingga memberikan manfaat bagi sektor pertanian maupun perikanan. Hasil pengamatan parameter ekonomi biru disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16 Parameter Ekonomi Biru

No	Indikator Ekonomi Biru	Hasil Pengamatan	Keterangan
1	Pemanfaatan limbah ikan	Limbah ikan sardinella (<i>Sardinella</i> sp.) dimanfaatkan sebagai bahan baku POC	Mengurangi limbah organik hasil perikanan
2	Pengurangan pencemaran lingkungan	Limbah tidak dibuang langsung ke lingkungan	Mendukung lingkungan yang lebih bersih
3	Nilai tambah limbah	Limbah diolah menjadi pupuk organik cair	Memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi
4	Penggunaan pupuk ramah lingkungan	POC digunakan sebagai alternatif pupuk organik	Mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia
5	Mendukung pertanian berkelanjutan	POC dimanfaatkan untuk budidaya tanaman terung	Mendukung sistem pertanian berkelanjutan

Berdasarkan Tabel 16, limbah ikan *Sardinella* sp. telah dimanfaatkan sebagai bahan baku POC. Pemanfaatan tersebut memberikan dua manfaat utama, yaitu manfaat lingkungan melalui pengurangan limbah dan manfaat ekonomi melalui pengolahan limbah menjadi produk yang memiliki nilai jual. POC yang dihasilkan selanjutnya dimanfaatkan dalam budidaya tanaman terung sehingga pemanfaatan limbah perikanan dapat terhubung dengan kegiatan pertanian.

Analisis Ekonomi Biru

Analisis ekonomi biru dilakukan untuk mengevaluasi manfaat ekonomi dari pemanfaatan limbah ikan *Sardinella* (*Sardinella* sp.) sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC). Analisis ini mengacu pada parameter ekonomi biru yang telah ditetapkan dalam penelitian, yaitu biaya produksi POC, jumlah POC yang dihasilkan, potensi nilai

jual, efisiensi biaya pupuk, dan nilai tambah limbah ikan. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah ikan tidak hanya memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman, tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi limbah serta mendukung penerapan prinsip ekonomi biru.

Biaya Produksi Pupuk Organik Cair (POC)

Biaya produksi merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan dalam proses pembuatan POC dari limbah ikan *Sardinella* sp. Dalam penelitian ini, biaya produksi dibedakan menjadi biaya tetap (*Fixed Cost/FC*) dan biaya tidak tetap atau biaya variabel (*Variable Cost/VC*).

Total biaya produksi dihitung menggunakan rumus:

$$TC = FC + VC$$

Keterangan:

TC = Total biaya produksi (Rp)

FC = Biaya tetap (*Fixed Cost*) (Rp)

VC = Biaya variabel (*Variable Cost*) (Rp)

Berdasarkan komponen biaya produksi, wadah fermentasi termasuk dalam biaya tetap, sedangkan limbah ikan, EM4, gula merah, tenaga kerja, dan air termasuk biaya variabel.

Tabel 17. Biaya Pupuk Organik Cair

No.	Komponen Biaya	Jumlah	Jenis Biaya	Harga satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1	Wadah fermentasi	1 wadah	Biaya tetap (FC)	Rp 15.000	Rp 15.000
2	Limbah ikan	1 kg	Biaya variabel (VC)	Rp 10.000	Rp 10.000
3	EM4	1 botol	Biaya variabel (VC)	Rp 36.000	Rp 36.000
4	Gula merah	3 lempeng	Biaya variabel (VC)	Rp 10.000	Rp 30.000
5	Air	10 liter	Biaya variabel (VC)	Rp 10.000	Rp 10.000
6	Tenaga kerja	2 orang	Biaya variabel (VC)	Rp 20.000	Rp 40.000
	Total biaya variabel		VC		Rp 126.000
	Total biaya produksi		TC		Rp 141.000

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Perhitungan biaya tetap:

$$FC = \text{Rp}15.000$$

Perhitungan biaya variabel:

$$VC = \text{Rp}10.000 + \text{Rp}36.000 + \text{Rp}30.000 + \text{Rp}10.000 + \text{Rp}40.000$$

$$VC = \text{Rp}126.000$$

Dengan demikian, total biaya produksi adalah:

$$TC = FC + VC$$

$$TC = \text{Rp}15.000 + \text{Rp}126.000$$

$$TC = \text{Rp}141.000$$

Dengan demikian, total biaya yang diperlukan untuk menghasilkan POC dalam satu kali proses produksi adalah Rp141.000. Biaya variabel merupakan komponen biaya terbesar karena mencakup bahan dan tenaga kerja yang digunakan selama proses produksi.

Volume POC yang Dihasilkan

Volume POC merupakan jumlah pupuk organik cair yang diperoleh setelah proses fermentasi limbah ikan selesai. Dalam penelitian ini, 1 kg limbah ikan *Sardinella* sp. yang difermentasi selama 30 hari menghasilkan 5 liter POC. Selama proses fermentasi terjadi perubahan karakteristik fisik, antara lain perubahan warna dari cokelat kemerahan menjadi cokelat tua kehitaman dan perubahan aroma dari bau amis menjadi

aroma asam khas hasil fermentasi. Perubahan tersebut menunjukkan berlangsungnya proses penguraian bahan organik selama fermentasi.

Tabel 18. Volume Pupuk Organik Cair (POC) Yang Dihasilkan

No	Uraian	Jumlah
1	Berat limbah ikan yang digunakan (kg)	1 kg
2	Lama fermentasi (hari)	30 Hari
3	Volume POC yang dihasilkan (Liter)	5 L

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa limbah ikan *Sardinella* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku POC melalui proses fermentasi. Volume POC sebesar 5 liter selanjutnya menjadi dasar dalam menghitung potensi penerimaan atau nilai produksi POC. Dengan demikian, pemanfaatan limbah ikan menghasilkan produk yang dapat digunakan dalam kegiatan pertanian sekaligus memiliki potensi ekonomi.

Penerimaan atau Nilai Produksi POC

Penerimaan merupakan potensi nilai ekonomi yang diperoleh dari penjualan POC berdasarkan jumlah produk yang dihasilkan dan harga jual per satuan produk.

Penerimaan dihitung menggunakan rumus:

$$TR = P \times Q$$

Keterangan:

TR = Total penerimaan (*Total Revenue*) (Rp)

P = Harga jual POC per liter (Rp/L)

Q = Volume POC yang dihasilkan (L)

Dalam penelitian ini, volume POC yang dihasilkan adalah 5 liter, sedangkan harga jual yang digunakan adalah Rp50.000 per liter.

Tabel 19 Penerimaan/Nilai Produksi

No	Uraian	Nilai
1	Volume POC yang dihasilkan (Liter)	5 L
2	Harga jual per liter (Rp)	Rp 50.000
	Potensi Nilai Jual	Rp 250.000

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Perhitungan total penerimaan:

$$TR = P \times Q$$

$$TR = \text{Rp}50.000 \times 5 \text{ L}$$

$$TR = \text{Rp}250.000$$

Dengan demikian, potensi penerimaan dari penjualan POC dalam satu kali proses produksi adalah sebesar Rp250.000. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah ikan dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai ekonomi dan berpotensi memberikan penerimaan melalui penjualan POC.

Keuntungan Pupuk Organik Cair

Keuntungan merupakan selisih antara total penerimaan (*Total Revenue/TR*) dan total biaya produksi (*Total Cost/TC*). Analisis keuntungan digunakan untuk mengetahui hasil ekonomi yang diperoleh setelah seluruh biaya produksi diperhitungkan.

Rumus keuntungan:

$$\pi = TR - TC$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}\pi &= \text{Keuntungan (Rp)} \\ \text{TR} &= \text{Total penerimaan (Rp)} \\ \text{TC} &= \text{Total biaya produksi (Rp)}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, total penerimaan dari POC adalah Rp250.000, sedangkan total biaya produksi adalah Rp141.000.

Perhitungan keuntungan:

$$\pi = \text{Rp}250.000 - \text{Rp}141.000$$

$$\pi = \text{Rp}109.000$$

Dengan demikian, keuntungan yang diperoleh dari pengolahan limbah ikan menjadi POC dalam satu kali proses produksi adalah sebesar Rp109.000. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penerimaan dari penjualan POC lebih besar dibandingkan dengan biaya produksi yang dikeluarkan.

Dari perspektif ekonomi biru, keuntungan tersebut menunjukkan adanya potensi ekonomi dari pemanfaatan hasil samping perikanan. Limbah ikan yang sebelumnya belum dimanfaatkan dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai guna dan nilai jual sehingga pemanfaatan sumber daya menjadi lebih optimal.

R/C Ratio (*Revenue/Cost Ratio*)

R/C Ratio (*Revenue Cost Ratio*) digunakan untuk mengetahui perbandingan antara penerimaan yang diperoleh dengan biaya produksi yang dikeluarkan.

Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{R/C Ratio} = \frac{\text{TR}}{\text{TC}}$$

Dengan:

$$\text{TR} = \text{Rp } 250.000$$

$$\text{TC} = \text{Rp } 141.000$$

Maka:

$$\text{R/C Ratio} = \frac{\text{Rp } 250.000}{\text{Rp } 141.000}$$

$$\text{R/C Ratio} = 1,77$$

Tabel 20. R/C Ratio (*Revenue/Cost Ratio*)

No.	Uraian	Nilai (Rp)
1	Total penerimaan	Rp 250.000
2	Total biaya produksi	Rp 141.000
3	R/C Ratio	1,77

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Nilai R/C Ratio sebesar 1,77 menunjukkan bahwa setiap pengeluaran sebesar Rp1,00 dalam proses produksi POC menghasilkan penerimaan sebesar Rp1,77. Karena nilai R/C Ratio lebih besar dari 1, kegiatan pengolahan limbah ikan menjadi POC berdasarkan perhitungan tersebut dapat dinilai menguntungkan secara ekonomi.

Break Even Point (BEP) Produksi

Break Even Point (BEP) produksi digunakan untuk mengetahui jumlah minimum POC yang harus diproduksi dan dijual agar seluruh biaya produksi dapat tertutupi.

Rumus BEP produksi:

$$\text{BEP}_{\text{Produksi}} = \frac{\text{TC}}{\text{P}}$$

Keterangan:

BEP_{Produksi} = titik impas produksi (L)

TC = total biaya produksi (Rp)

P = harga jual POC per liter (Rp/L)

Perhitungan:

$$\text{BEP}_{\text{Produksi}} = \frac{\text{Rp}141.000}{\text{Rp}50.000}$$

$$\text{BEP}_{\text{Produksi}} = 2,82 \text{ L}$$

Dengan demikian, titik impas produksi POC adalah sebesar 2, 82 liter.

Jumlah produksi aktual adalah 5 liter, sehingga produksi aktual lebih besar daripada BEP sebesar 2, 82 liter. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah POC yang dihasilkan telah melewati titik impas produksi. Dengan demikian, berdasarkan parameter BEP, produksi POC memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan secara ekonomi.

Efisiensi Biaya Pupuk

Efisiensi biaya pupuk dianalisis dengan membandingkan harga satuan POC dari limbah ikan dengan harga satuan pupuk kimia NPK yang digunakan sebagai pembanding dalam penelitian.

Tabel 21. Perbandingan Harga POC dan Pupuk Kimia

Jenis Pupuk	Kebutuhan	Biaya (Rp)
Pupuk Organik Cair Limbah Ikan	1 Liter	Rp 50.000
Pupuk Kimia (NPK)	1 Kg	Rp 170.000
Selisih Penghematan		Rp 120.000

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 21, harga POC yang digunakan dalam penelitian adalah Rp50.000 per liter, sedangkan harga pupuk kimia NPK adalah Rp170.000 per kilogram. Berdasarkan harga satuan tersebut terdapat selisih sebesar:

$$\text{Rp}170.000 - \text{Rp}50.000 = \text{Rp}120.000$$

Dengan demikian, terdapat perbedaan harga satuan sebesar Rp120.000 antara 1 kg pupuk NPK dan 1 liter POC berdasarkan harga yang digunakan dalam penelitian. Hasil ini menunjukkan adanya potensi efisiensi biaya penggunaan POC.

Namun, perbandingan tersebut belum dapat diartikan sebagai penghematan biaya pemupukan secara langsung, karena satuan POC dan NPK yang dibandingkan berbeda. Selain itu, kebutuhan dosis dan daya pemupukan kedua jenis pupuk belum disetarakan. Oleh karena itu, hasil ini lebih tepat digunakan untuk menunjukkan perbedaan harga satuan, bukan sebagai penghematan biaya pemupukan yang mutlak.

Hal tersebut tetap menunjukkan bahwa pemanfaatan POC dari limbah ikan memiliki potensi ekonomi karena limbah perikanan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pupuk organik dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap input pupuk kimia. Data perbandingan harga tersebut berasal dari data penelitian.

Margin Ekonomi Pemanfaatan Limbah Ikan Menjadi POC

Dalam penelitian ini, nilai tambah dihitung menggunakan pendekatan margin ekonomi, yaitu selisih antara total penerimaan dari produk POC dengan total biaya produksi. Penggunaan istilah margin ekonomi dimaksudkan untuk memperjelas bahwa nilai tersebut merupakan hasil perhitungan berdasarkan pendekatan sederhana $TR - TC$, sebagaimana definisi operasional yang digunakan dalam penelitian.

Rumus:

$$\text{Margin Ekonomi} = TR - TC$$

Keterangan:

TR = total penerimaan atau potensi nilai jual POC (Rp)

TC = total biaya produksi POC (Rp)

Tabel 22. Margin Ekonomi Pemanfaatan Limbah Ikan Menjadi POC

No.	Uraian	Nilai (Rp)
-----	--------	------------

1	Total biaya produksi POC	Rp 141.000
2	Potensi nilai jual POC	Rp 250.000
3	Margin ekonomi	Rp 109.000

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Perhitungan margin ekonomi:

$$\begin{aligned}\text{Margin Ekonomi} &= \text{TR} - \text{TC} \\ &= \text{Rp}250.000 - \text{Rp}141.000 \\ &= \text{Rp}109.000\end{aligned}$$

Dengan demikian, pengolahan limbah ikan *Sardinella* sp. menjadi POC menghasilkan margin ekonomi sebesar Rp109.000 dalam satu kali proses produksi. Nilai tersebut menunjukkan adanya selisih positif antara nilai ekonomi POC yang dihasilkan dengan biaya produksi yang dikeluarkan.

Dalam konteks ekonomi biru, margin ekonomi tersebut menunjukkan bahwa hasil samping perikanan dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai guna dan nilai ekonomi. Pengolahan tersebut juga memberikan manfaat melalui pemanfaatan sumber daya secara lebih optimal dan pengurangan limbah hasil perikanan.

Rekapitulasi Parameter Ekonomi Biru

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa parameter yang menggambarkan manfaat ekonomi dari pengolahan limbah ikan *Sardinella* sp. menjadi POC.

Tabel 23. Rekapitulasi Parameter Ekonomi Biru

No.	Parameter Ekonomi Biru	Hasil
1	Total biaya produksi POC	Rp141.000
2	Volume POC yang dihasilkan	5 L
3	Harga jual POC per liter	Rp50.000/L
4	Potensi nilai jual/penerimaan	Rp250.000
5	Keuntungan	Rp109.000
6	R/C Ratio (<i>Revenue/Cost Ratio</i>)	1,77
7	BEP produksi	2,82 L
8	Margin ekonomi	Rp109.000

Sumber: Data primer yang diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 23, produksi POC dari 1 kg limbah ikan *Sardinella* sp. menghasilkan 5 liter POC dengan harga jual yang digunakan sebesar Rp50.000 per liter, sehingga potensi nilai jual atau penerimaan mencapai Rp250.000. Total biaya produksi yang dikeluarkan sebesar Rp141.000, sehingga diperoleh keuntungan sebesar Rp109.000 dalam satu kali proses produksi.

Nilai R/C Ratio sebesar 1,77 menunjukkan bahwa penerimaan yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya produksi. Sementara itu, nilai BEP produksi sebesar 2,82 liter menunjukkan bahwa jumlah produksi aktual sebesar 5 liter telah melampaui titik impas. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi ekonomi dalam pengolahan limbah ikan menjadi POC.

Margin ekonomi yang diperoleh sebesar Rp109.000 menunjukkan adanya selisih positif antara nilai jual POC dengan biaya produksinya. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa limbah ikan dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi, selain memberikan manfaat dalam pemanfaatan hasil samping perikanan.

Secara keseluruhan, pemanfaatan limbah ikan *Sardinella* (*Sardinella* sp.) menjadi pupuk organik cair (POC) memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Dari 1 kg limbah ikan dihasilkan 5 liter POC dengan total biaya produksi sebesar Rp141.000 dan potensi penerimaan sebesar Rp250.000. Hasil tersebut memberikan keuntungan sebesar Rp109.000, R/C Ratio sebesar 1,77, dan BEP produksi sebesar 2,82 liter.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengolahan limbah ikan menjadi POC memiliki potensi ekonomi yang positif, sekaligus membantu mengurangi limbah hasil perikanan. Dengan demikian, pemanfaatan limbah ikan menjadi POC mendukung penerapan ekonomi biru melalui pemanfaatan limbah, penciptaan nilai ekonomi, dan penggunaan sumber daya secara lebih optimal.

Kandungan Pupuk Organik Cair Limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.)

Untuk mengetahui kandungan unsur hara pada pupuk organik cair (POC) limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.), dilakukan analisis laboratorium terhadap beberapa unsur hara makro yang berperan dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Parameter yang dianalisis meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca). Analisis kandungan Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca) dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom Nyala (SSA Nyala), sedangkan Nitrogen Total (N) dianalisis menggunakan metode Kjeldahl, dan Fosfor (P) dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Visible (UV-Vis). Hasil analisis laboratorium disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24 Hasil Analisis Kandungan Pupuk Organik Cair Limbah Ikan Tembang

No	Parameter	Hasil	Hasil %	Satuan	Metode Analisis	Standar Mutu POC*
1	Kalium (K)	662,25	0,0662%	mg/L	SSA Nyala	2–6 %
2	Magnesium (Mg)	98,17	0,0098 %	mg/L	SSA Nyala	2–6 %
3	Kalsium (Ca)	1.070,25	0.1070 %	mg/L	SSA Nyala	-
4	Nitrogen Total (N)	0,37	0,37 %	% b/v	Kjeldahl	≥0,5 %
5	Fosfor (P)	189,41	0,0189 %	mg/L	Spektrofotometer UV-Vis	2–6 %

Sumber: Hasil Uji Laboratorium (2026).

Keterangan: Standar mutu mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Metode SSA Nyala digunakan untuk analisis unsur Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca), metode Kjeldahl digunakan untuk analisis Nitrogen Total (N), sedangkan Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk analisis Fosfor (P).

Berdasarkan hasil analisis laboratorium pada Tabel 24 diketahui bahwa pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mengandung unsur hara makro berupa nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan kalsium (Ca), sedangkan magnesium (Mg) tidak terdeteksi pada hasil pengujian. Kandungan unsur hara tersebut diduga menjadi faktor yang mendukung peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung pada penelitian ini.

Kandungan nitrogen (N) pada pupuk organik cair sebesar 0,37%. Meskipun nilainya masih berada di bawah standar mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, unsur nitrogen tetap berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama pembentukan klorofil, sintesis protein, pembelahan sel, serta pertumbuhan batang dan daun. Hal ini terlihat pada hasil penelitian, di mana seluruh perlakuan yang diberikan POC menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Keya et al.

2020) yang menyatakan bahwa peningkatan ketersediaan nitrogen mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman terung.

Kandungan kalium (K) sebesar 662,25 mg/L diduga merupakan unsur yang paling berpengaruh terhadap hasil penelitian ini. Kalium berfungsi mengaktifkan berbagai enzim, mengatur keseimbangan air, meningkatkan efisiensi fotosintesis, serta membantu translokasi hasil fotosintesis menuju buah. Peran tersebut terlihat dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan P3 menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan berat buah tertinggi. Hubungan antara nitrogen dan kalium sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman karena kedua unsur tersebut bekerja secara sinergis dalam proses metabolisme tanaman (Raddatz et al. 2020).

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa pupuk organik cair limbah ikan sardinella (*Sardinella* sp.) mengandung magnesium (Mg) sebesar 98,17 mg/L. Magnesium merupakan unsur hara makro sekunder yang berperan dalam pembentukan klorofil sehingga mendukung proses fotosintesis tanaman. Fotosintesis yang berlangsung optimal akan menghasilkan energi dan fotosintat yang digunakan untuk pertumbuhan batang, daun, dan perkembangan buah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian, di mana pemberian pupuk organik cair mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan perlakuan kontrol. Menurut (Hauer-Jákli and Tränkner 2019), magnesium berperan penting dalam pembentukan klorofil dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Selain itu (Ahmed et al. 2023) menyatakan bahwa kecukupan magnesium dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. (Mao et al. 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah ikan tembang (*Sardinella* sp.) terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung (*Solanum melongena* L.), dapat disimpulkan bahwa pemberian POC limbah ikan tembang berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap seluruh parameter agronomis yang diamati, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah buah, dan bobot buah. Perlakuan P₃ dengan konsentrasi 60 ml/L merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman terung, yang ditunjukkan oleh nilai tertinggi pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan bobot buah. Sementara itu, diameter batang tertinggi diperoleh pada perlakuan P₁ (20 ml/L), namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan P₂ dan P₃ berdasarkan uji DMRT.

Hasil analisis pupuk organik cair limbah ikan tembang menunjukkan bahwa pupuk tersebut mengandung unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) yang berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman terung. Selain itu, pemanfaatan limbah ikan tembang sebagai bahan baku pupuk organik cair berpotensi mendukung penerapan konsep *Blue Economy* melalui pemanfaatan limbah perikanan menjadi produk bernilai tambah dan penggunaan sumber daya yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., Zhang, B., Bozdar, B., Chachar, S., Rai, M., Li, J., Li, Y., Hayat, F., Chachar, Z., & Tu, P. (2023). The Power of Magnesium: Unlocking the Potential for Increased Yield, Quality, and Stress Tolerance of Horticultural Crops. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1285512. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1285512>
- Atma, Y. (2016). "Pemanfaatan limbah ikan sebagai sumber alternatif produksi gelatin dan peptida bioaktif: Review. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1–

6.

- Buana, A. C., Theresia, Y., Astuti, M., & Hartati, R. M. (2025). Pengaruh dosis pupuk organik cair dari berbagai sumber terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu (*Solanum melongena* L.). 3, 894–900..
- Faisal, M., & Baharuddin, R. (2022). Pengaruh POC air limbah budidaya ikan lele dan NPK organik terhadap pertumbuhan serta produksi pare (*Momordica charantia* L.). *Jurnal Agroteknologi Agribisnis dan Akuakultur*, 2(2), 83–94.
- Firdaus Ridwan Sutarta1, Asri Widiatsih2, Inna Hamida Zusfindhana. 2021. *Dasar - Dasar Fisiologi Tumbuhan*.
- Hauer-Jákli, M., & Tränkner, M. (2019). Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: A systematic review and meta-analysis from 70 years of research. *Frontiers in Plant Science*, 10, 766. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00766>
- Jumirah, Jati, A. W. N., & Yulianti, L. I. M. (2018). Kualitas pupuk cair organik dengan kombinasi limbah ampas jamu dan limbah ikan. *Biota*, 3(2), 53–61.
- Keya, I. J., Islam, M. S., Islam, M. M., & Hossain, B. (2020). Appraisal of different doses of nitrogen fertilizer on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(4), 452–456. <https://doi.org/10.26832/24566632.2020.050403>
- Mao, J., Mao, Q., Zheng, M., & Mo, J. (2020). Responses of foliar nutrient status and stoichiometry to nitrogen addition in different ecosystems: A meta-analysis. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(2), 1–16. <https://doi.org/10.1029/2019JG005347>
- Markiewicz, B., Golcz, A., & Kujawski, P. (2008). Effect of plant nutritional status on the yield of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in organic substrates. Part I. Nitrogen, phosphorus, potassium. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 7(2), 11–20.
- Ni Made Darmadi, I. G. M. Arjana, D. G. S. Edi, H. Sumah, & I. K. R. A. Antara. (2023). Community partnership program of making liquid organic fertilizer from fish waste in Pedungan Village, Denpasar. *Asian Journal of Community Services*, 2(6), 453–460. <https://doi.org/10.55927/ajcs.v2i6.4621>.
- Raddatz, N., Morales de los Ríos, L., Lindahl, M., Quintero, F. J., & Pardo, J. M. (2020). Coordinated transport of nitrate, potassium, and sodium. *Frontiers in Plant Science*, 11, 247. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00247>
- Rafidah, A. A., Hidayat, & Zaenab. (2023). Utilization fish waste as fertilizer organic liquid (POC) with addition skin pineapple fruit and washing water rice. *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 23(2), 261–273.
- Raksun, A., Ilhamdi, M. L., Merta, I. W., & Mertha, I. G. (2021). Vegetative growth of green eggplant due to treatment of vermicompost and NPK fertilizer. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 917–925. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2948>
- Sastro, Y., Astuti, E. P., Ikrarwati, & Sutardi, S. (2023). Efektivitas pupuk organik cair hasil fermentasi limbah ikan pada caisim dan selada skala lapangan. *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan*, 232–238.
- Sinu, G. T. D., Agastya, I. M. I., Anggarbeni, S. R., & Hapsari, E. I. R. I. (2024). Pemanfaatan pupuk organik cair kulit bawang merah pada tanaman terung ungu (*Solanum melongena* L.). 24(2), 25–32.
- Supriana, Fatmawaty, A. A., Roidelindho, K., & Firnia, D. (2026). The effect of the concentration of Jakaba and Biosaka liquid organic fertilizers on the growth and yield of purple eggplant (*Solanum melongena* L.) variety F1 Mustang. *Jurnal Agrotek Ummat*, 13(1), 24. <https://doi.org/10.31764/jau.v13i1.38212>

- Susanto, I. K., Tirta, D., & Waruwu, S. (2025). Efektivitas pupuk organik cair bonggol pisang terhadap pertumbuhan bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) umur 0–14 HST. *14*(2).
- Tina, F. W., Afsarimanesh, N., & Nag, A. (2025). Integrating AIoT technologies in aquaculture: A systematic review.
- Widowati, L. R., Siregar, A. F., Wibowo, H., Sipahutar, I. A., Anggria, L., Septiyana, Rostaman, T., Budianto, A., Ariani, R., Zakiah, K., Santri, J. A., Kusumawati, D. I., Lindawati, E., & Mutammimah, U. (2023). *Sumber Hara Tanaman Berbahan Baku Lokal*.
- Widya Alivia, Lizawati, & Fitriani, M. S. (2025). Pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah ikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *J. Agroecotenia*, *8*(1), 1–12.