



Inovasi Pupuk Organik Cair Berbahan Whey Tahu dan Limbah Rumah Tangga serta Uji Aplikatif pada Perkecambahan Kacang Hijau

Innovation of Liquid Organic Fertilizer Made from Tofu Whey and Household Waste and Its Applicative Test on Mung Bean Germination

Author(s): Dhea Nicky^{1*}; Siti Harnina Bintari²

(1) Program Studi Magister Pendidikan IPA, FMIPA Universitas Negeri Semarang

(2) Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

*Corresponding author: dheanicky650@gmail.com

Submitted: 28 Jun 2025

Accepted: 8 Sep 2025

Published: 30 Sep 2025

ABSTRAK

Pupuk organik cair (POC) merupakan alternatif ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang berdampak negatif pada ekosistem dan keberlanjutan pertanian. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji efektivitas POC berbahan dasar limbah rumah tangga berupa whey tahu, kulit pisang, blotong, dan kulit telur. Metode yang digunakan adalah fermentasi dua tahap, yaitu fermentasi terpisah masing-masing bahan selama tujuh hari, kemudian pencampuran seluruh bahan dengan penambahan molase dan EM4, dilanjutkan fermentasi lanjutan selama 21 hari dalam kondisi anaerob. Parameter pengamatan meliputi karakteristik fisik larutan seperti warna, aroma, kejernihan, pH, dan endapan. Uji aplikatif dilakukan pada benih kacang hijau untuk mengukur efektivitas POC terhadap panjang rata-rata kecambah. Hasil menunjukkan bahwa POC yang dihasilkan memiliki warna cokelat pekat, aroma asam ringan, pH netral hingga sedikit asam, serta stabil secara visual dan sensorik. Uji efektivitas menunjukkan bahwa rata-rata panjang kecambah pada perlakuan POC adalah 7,84 cm, sedangkan kontrol hanya 6,10 cm. Selisih panjang kecambah (1,74 cm) melebihi nilai BNT 5% (0,93 cm), yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa formulasi POC dari limbah organik rumah tangga melalui fermentasi dua tahap mampu menghasilkan pupuk cair yang efektif mendukung pertumbuhan awal tanaman dan memiliki potensi besar sebagai solusi pemupukan berkelanjutan.

Kata Kunci:

Fermentasi;
Kacang hijau;
Limbah organik;
Pupuk organik cair

ABSTRACT

Keywords:

Fermentation;
mung beans;
organic waste;
liquid organic fertilizer

Liquid organic fertilizer (LOF) is an environmentally friendly alternative to reduce dependence on chemical fertilizers that negatively impact ecosystems and agricultural sustainability. This research aims to develop and test the effectiveness of liquid organic fertilizer (POC) based on household waste such as tofu whey, banana peels, blotong, and eggshells. The method used is a two-stage fermentation, namely the separate fermentation of each material for seven days, followed by the mixing of all materials with the addition of molasses and EM4, and then continued fermentation for 21 days under anaerobic conditions. Observation parameters include the physical characteristics of the solution such as color, aroma, clarity, pH, and sediment. The applicative test was conducted on mung bean seeds to measure the effectiveness of POC on the average length of sprouts. The results showed that the produced POC had a dark brown color, a light sour aroma, a neutral to slightly acidic pH, and was visually and sensorily stable. The effectiveness test showed that the average length of the sprouts in the POC treatment was 7.84 cm, while the control was only 6.10 cm. The difference in sprout length (1.74 cm) exceeded the 5% BNT value (0.93 cm), indicating a significant difference between treatments. The conclusion of this study is that the formulation of POC from household organic waste through a two-stage fermentation process is capable of producing liquid fertilizer that effectively supports the early growth of plants and has great potential as a sustainable fertilization solution.



PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya menggantungkan hidup dari sektor pertanian. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) menyebut bahwa jumlah penduduk yang bekerja per Agustus 2020 sebanyak 128,45 juta orang. Dari angka tersebut, terbanyak bekerja di sektor pertanian dengan 38,23 juta orang tenaga kerja atau sekitar 29,76% (Manaroinsong et al., 2023). Sayangnya kebutuhan pupuk oleh petani masih didominasi oleh kebutuhan terhadap pupuk kimia (Nurdin et al., 2023). Santoso (2017) menyatakan bahwa ketergantungan petani terhadap pupuk kimia makin tinggi. Pertimbangan praktis dan siap pakai menjadi salah satu alasan mengapa pupuk kimia tetap menjadi pilihan petani. penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dan dalam jumlah berlebihan berdampak buruk terhadap lingkungan (Frasawi & Wally, 2025). Dampak negatif tersebut mencakup pencemaran tanah, air, dan udara, serta berkurangnya kandungan bahan organik tanah yang mengakibatkan penurunan kesuburan jangka panjang.

Ketergantungan terhadap pupuk kimia dalam jangka panjang tidak hanya menimbulkan dampak ekologis, tetapi juga berdampak terhadap keberlanjutan sistem pertanian itu sendiri. Kesuburan tanah yang menurun akibat rusaknya struktur dan kandungan bahan organik membuat lahan pertanian menjadi kurang produktif, sehingga petani harus menggunakan pupuk dalam jumlah yang lebih banyak dari waktu ke waktu (Murnita & Taher, 2021). Hal ini menciptakan siklus ketergantungan yang semakin kuat dan tidak menguntungkan. Selain itu, kandungan unsur hara dalam tanah seperti nitrogen, fosfor, dan kalium menjadi tidak seimbang, menyebabkan gangguan pada pertumbuhan tanaman dan menurunkan kualitas hasil panen (Batubara et al., 2024). Di sisi lain, pencemaran lingkungan akibat

limpasan pupuk kimia ke perairan dapat memicu eutrofikasi yang merusak ekosistem akuatik (Akinnowo, 2023). Kondisi ini semakin diperparah dengan adanya fluktuasi harga dan ketersediaan pupuk di pasaran yang kerap kali menyulitkan petani dalam memperoleh pupuk sesuai kebutuhan. Dengan demikian, keberlanjutan pertanian nasional berpotensi terancam apabila tidak segera dilakukan langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia secara bertahap dan sistematis.

Penggunaan pupuk organik dapat memperbaiki kualitas tanah melalui peningkatan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah, serta menambah ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Bahan organik yang digunakan sebagai pupuk berperan dalam meningkatkan kandungan hara tanah, memperbaiki struktur fisik dan kemampuan kimia tanah, serta merangsang aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat. Pupuk organik mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur hara mikro seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan seng (Zn) yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan unsur hara yang relatif lengkap dan dalam jumlah yang memadai menjadikan pupuk organik sebagai salah satu sumber nutrisi penting yang dapat dimanfaatkan secara optimal dalam budidaya tanaman (Muktamar et al., 2016). Seiring dengan itu, berbagai inovasi mulai dikembangkan dengan memanfaatkan limbah organik seperti ampas tebu, whey tahu, kulit pisang, dan cangkang telur sebagai bahan baku utama dalam pembuatan pupuk organik cair yang bernilai guna tinggi (Hasibuan et al., 2021; Putri et al., 2022; Sunaryo et al., 2024; Taufiqurrohman & Dewi, 2024).

Inovasi pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC) bertujuan tidak hanya untuk menyediakan nutrisi bagi tanaman, tetapi

juga sebagai upaya pengelolaan limbah yang ramah lingkungan. Ampas tebu atau blotong mengandung Nitrogen, Fosfat, kalsium, humus, dan lain-lain, kandungan tersebut dapat dijadikan bahan penyubur tanah. Sehingga berpotensi untuk diolah menjadi pupuk organik (Susanti et al., 2022). Whey tahu sebagai limbah cair industri tahu mengandung nitrogen, fosfor, dan kalium yang penting dalam menunjang pertumbuhan awal tanaman (Hartiani & Suprianik, 2024). Kulit pisang memiliki kandungan kalium yang tinggi, sehingga dapat mendukung proses pembungaan dan pembentukan buah, sedangkan cangkang telur kaya akan kalsium karbonat yang berperan dalam memperkuat dinding sel tanaman serta menjaga keseimbangan pH tanah (Hasibuan et al., 2021; Putri et al., 2022). Kombinasi keempat bahan tersebut berpotensi menghasilkan formulasi pupuk organik cair yang tidak hanya kaya nutrisi, tetapi juga mudah dibuat, murah, dan berkontribusi terhadap pengurangan limbah domestik dan industri kecil yang selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal. Pengolahan limbah menjadi POC ini sekaligus menjadi bagian dari pendekatan pertanian berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi sumber daya lokal dan pengurangan dampak lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pupuk organik cair berbahan dasar ampas tebu, whey tahu, kulit pisang, dan cangkang telur terhadap proses perkecambahan tanaman kacang hijau. Pemilihan bahan-bahan tersebut didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah organik serta kandungan nutrisinya yang beragam dan saling melengkapi. Kacang hijau dipilih sebagai tanaman uji karena memiliki waktu perkecambahan yang relatif singkat dan responsif terhadap perlakuan pemupukan, sehingga cocok digunakan untuk melihat pengaruh awal dari pemberian pupuk

(Sivana et al., 2025). Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh informasi mengenai potensi pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk cair yang tidak hanya mampu mendukung pertumbuhan tanaman, tetapi juga memberikan solusi terhadap permasalahan limbah organik yang selama ini kurang dimanfaatkan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di rumah peneliti daerah Indramayu dengan ketinggian 3 m selama bulan Maret hingga April 2025. Kegiatan ini bertujuan untuk mengolah limbah rumah tangga menjadi pupuk organik cair (POC) melalui metode fermentasi sederhana. Alat yang digunakan meliputi panci untuk merebus, saringan, galon plastik berkapasitas 5 liter sebagai wadah fermentasi, gelas ukur, timbangan digital, serta alat pengaduk manual. Bahan-bahan yang digunakan terdiri atas limbah cair pengolahan tahu, kulit pisang, kulit telur, air bersih, dan molase sebagai sumber karbohidrat untuk mendukung proses fermentasi mikroba. Terdapat empat jenis formulasi POC yang dikembangkan, yaitu POC-LOK (dari limbah olahan kedelai yaitu whey tahu), POC-P (dari kulit pisang), POC-A (dari ampas tebu atau blotong), dan POC-T (dari kulit telur). Pada pembuatan POC-LOK, whey tahu disaring dan direbus hingga mendidih untuk menurunkan jumlah mikroorganisme patogen. Setelah didinginkan, sebanyak 3,5 liter whey dicampur dengan 50 mL molase dan dimasukkan ke dalam galon fermentasi. POC-P dibuat dengan cara mengeringkan kulit pisang, menghaluskannya, lalu sebanyak 200 gram dimasukkan ke dalam galon dan ditambahkan 100 mL molase serta air hingga mencapai volume 4 liter. Untuk POC-A, blotong dicampur dengan 750 mL molase dan dimasukkan ke dalam galon tanpa perlakuan pengeringan karena bentuknya sudah lembap. Sedangkan pada POC-T, kulit telur dihancurkan, dijemur

hingga kering, lalu dihaluskan menjadi bubuk. Sebanyak 150 gram bubuk kulit telur dimasukkan ke dalam galon bersama 750 mL molase. Keempat jenis POC tersebut difermentasi secara terpisah selama 7 hari pada suhu kamar (sekitar 27 °C), dengan pengadukan dan pelepasan gas setiap dua hari sekali. Setelah fermentasi awal selesai, seluruh campuran digabungkan dan difermentasi kembali selama 21 hari dengan perlakuan serupa. Parameter pengamatan yang diamati meliputi perubahan visual seperti warna, aroma, dan keberadaan endapan sebagai indikator aktivitas fermentasi. Metode fermentasi yang digunakan mengacu pada prinsip fermentasi anaerobik rumah tangga yang dimodifikasi dari Wardhani et al. (2020), disesuaikan dengan kondisi non-laboratorium. Semua satuan ukuran ditulis berdasarkan sistem internasional (SI) guna memastikan kejelasan dan konsistensi data.

Karakteristik visual POC yang meliputi warna, aroma, konsistensi, dan keberadaan endapan dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh gambaran kualitatif mengenai dinamika proses fermentasi. Data kuantitatif berupa panjang kecambah kacang hijau dianalisis menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5% dengan tujuan mengetahui adanya perbedaan nyata antarperlakuan. Uji statistik hanya

diterapkan pada parameter panjang kecambah karena indikator tersebut bersifat kuantitatif dan mampu merepresentasikan vigor awal pertumbuhan benih, sedangkan parameter visual lebih tepat disajikan secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan pupuk organik cair (POC) berbahan dasar limbah rumah tangga melalui proses fermentasi bertahap. Empat bahan limbah organik, yaitu whey tahu (POC-LOK), kulit pisang (POC-P), blotong atau ampas tebu (POC-A), dan kulit telur (POC-T), difermentasi secara terpisah selama 7 hari. Setelah fermentasi awal, keempat bahan dicampurkan menjadi satu larutan, kemudian ditambahkan EM4 sebanyak 100 mL dan molase sebanyak 250 mL, lalu difermentasi kembali selama 21 hari. Proses fermentasi berlangsung dalam kondisi anaerobik pada suhu kamar dan dilakukan pengadukan serta pengeluaran gas setiap dua hari sekali. Pengamatan awal dilakukan pada fermentasi hari ke-7 untuk melihat perubahan fisik masing-masing bahan sebelum dicampurkan. Tabel 1 menyajikan karakteristik visual empat bahan POC setelah fermentasi awal.

Tabel 1. Karakteristik Visual Empat Bahan POC Setelah Fermentasi Awal (Hari ke-7)

Table 1. Visual Characteristics of Four POC Materials After Initial Fermentation (Day 7)

Bahan <i>Material</i>	Warna <i>Color</i>	Aroma <i>Aroma</i>	Tingkat Kekeruhan <i>Turbidity Level</i>	Volume Endapan (mL)	pH
Whey tahu	Kuning keruh	Asam tajam	Tinggi	230	5,4
Kulit pisang	Cokelat gelap	Manis fermentasi	Sedang	180	5,8
Blotong	Cokelat kehitaman	Aroma khas serat	Tinggi	420	6,1
Kulit telur	Putih kekuningan	Sedikit anyir	Rendah	260	7,2

Keterangan:

Pengamatan fermentasi awal menunjukkan ciri khas fermentasi tergantung bahan.
Initial fermentation observation shows fermentation traits based on materials.

Tabel 1 menyajikan karakteristik visual empat bahan POC setelah fermentasi awal. Tingkat kekeruhan dikategorikan berdasarkan volume endapan yang terbentuk: rendah (<200 mL), sedang (200–400 mL), dan tinggi (>400 mL) (Astuti et al., 2021). Aroma dinilai menggunakan skala subjektif 1–3, di mana 1 = aroma ringan atau hampir netral, 2 = aroma sedang seperti manis fermentasi, dan 3 = aroma kuat seperti asam tajam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa whey tahu menghasilkan aroma asam tajam dan tingkat kekeruhan tinggi (endapan 230 mL, pH 5,4), kulit pisang memberikan aroma manis fermentasi dengan kekeruhan sedang (180 mL, pH 5,8), blotong menghasilkan aroma khas serat dengan kekeruhan tinggi (420 mL, pH 6,1), dan kulit telur memiliki aroma sedikit anyir dengan kekeruhan rendah (260 mL, pH 7,2). Warna dan aroma yang dihasilkan mencerminkan reaksi biokimia yang terjadi selama fermentasi, sedangkan tingkat kekeruhan, volume endapan, dan pH memberikan indikasi sejauh mana senyawa organik terurai dan seberapa stabil produk hasil fermentasi tersebut (Kusuma et al., 2020).

Whey tahu menunjukkan warna kuning keruh dan aroma asam tajam yang menandakan adanya aktivitas mikroorganisme pengurai protein, terutama oleh bakteri asam laktat (Oktafiyanti et al., 2024). Tingkat kekeruhan dikategorikan tinggi karena volume endapan yang mencapai 230 mL masuk dalam rentang >200 mL sesuai skala penilaian yang digunakan, memperkuat indikasi bahwa proses dekomposisi protein belum sepenuhnya selesai sehingga masih banyak partikel kasar tersuspensi di dalam larutan. pH yang rendah (5,4) menunjukkan bahwa fermentasi berlangsung secara anaerobik dengan dominasi mikroba pembentuk asam. Hal ini sesuai dengan Oktafiyanti et al. (2024) yang menyebutkan bahwa

limbah protein seperti whey tahu cenderung menghasilkan lingkungan yang lebih asam akibat produksi asam organik seperti asam laktat dan asam asetat.

Sementara itu, kulit pisang menunjukkan karakteristik berbeda. Warna coklat gelap dan aroma manis fermentasi mengindikasikan bahwa bahan ini mengalami fermentasi alkoholik ringan akibat kandungan gula sederhana seperti sukrosa dan glukosa. Tingkat kekeruhan sedang dan volume endapan yang relatif rendah (180 mL) menunjukkan bahwa sebagian besar bahan telah terurai menjadi larutan. pH pada kulit pisang lebih tinggi (5,8) dibanding whey tahu, yang berarti fermentasi berjalan lebih moderat. Menurut Putri et al. (2020) limbah kulit pisang memiliki potensi besar sebagai bahan POC karena kandungan karbohidratnya yang mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme serta kontribusinya terhadap ketersediaan kalium bagi tanaman.

Blotong atau ampas tebu menghasilkan warna coklat kehitaman dengan aroma khas serat dan tingkat kekeruhan yang tinggi. Volume endapan mencapai 420 mL, yang merupakan nilai tertinggi di antara semua bahan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan serat kasar dan lignoselulosa dalam blotong sangat sulit terurai dalam waktu fermentasi yang singkat (Rostini et al., 2022). pH-nya berada pada 6,1, lebih netral dibanding whey tahu maupun kulit pisang. Bahan-bahan dengan kandungan lignin dan selulosa tinggi seperti blotong memerlukan enzim spesifik seperti selulase dan ligninase untuk dapat terurai sempurna. Oleh karena itu, dalam formulasi akhir POC, blotong sebaiknya digunakan dalam jumlah moderat atau didukung dengan bahan lain yang kaya gula untuk menyeimbangkan fermentasi (Yunilas et al., 2019).

Adapun kulit telur memiliki warna putih kekuningan, aroma yang netral

hingga sedikit anyir, serta tingkat kekeruhan rendah. Volume endapan cukup tinggi (260 mL), yang dapat dijelaskan oleh kandungan mineral anorganik seperti kalsium karbonat (CaCO_3) yang tidak larut dalam air (Amir et al., 2022). pH-nya cukup tinggi, yaitu 7,2, yang berarti bahan ini bersifat basa dan dapat berfungsi sebagai penetral keasaman pada campuran POC akhir. Kulit telur tidak hanya berfungsi sebagai sumber kalsium, tetapi juga sebagai buffer alami yang penting untuk menjaga kestabilan pH pada lingkungan tanah (Tindaon et al., 2024). Penggunaan kulit telur sebagai bahan POC sangat disarankan dalam formulasi gabungan karena fungsinya yang menyeimbangkan kondisi kimia fermentasi.

Secara keseluruhan, data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap bahan memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing. Whey tahu kaya protein tetapi menghasilkan fermentasi yang sangat asam; kulit pisang mudah terurai dan aromanya menyenangkan; blotong memberikan kandungan karbon tinggi tetapi sulit terurai; dan kulit telur mampu meningkatkan pH serta menambahkan kalsium dalam POC. Strategi pencampuran keempat bahan ini secara proporsional sangat berpotensi menciptakan formulasi POC yang stabil, kaya nutrisi, dan

seimbang secara kimia maupun biologis. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip biokonversi limbah organik yang menekankan pada pemanfaatan keragaman substrat untuk menghasilkan produk fermentasi yang optimal (Zulkarnain et al., 2024). Kombinasi fermentasi dengan bahan-bahan yang saling melengkapi inilah yang menjadi dasar formulasi pupuk organik cair yang aplikatif dan relevan di tingkat rumah tangga maupun pertanian skala kecil.

Setelah keempat bahan difermentasi secara terpisah selama tujuh hari, seluruh larutan kemudian dicampurkan dan difermentasi kembali selama 21 hari bersama penambahan molase dan EM4. Tahap fermentasi lanjutan ini bertujuan untuk mengoptimalkan degradasi senyawa organik serta menstabilkan produk akhir pupuk organik cair (POC). Selama proses fermentasi campuran, dilakukan pengamatan berkala terhadap karakteristik visual dan sensorik untuk menilai sejauh mana fermentasi berjalan secara efektif. Parameter-parameter yang diamati meliputi warna larutan, aroma, konsistensi, kejernihan, keberadaan endapan, reaksi pH berdasarkan uji lakmus, muncul atau tidaknya busa, serta stabilitas selama inkubasi. Hasil pengamatan tersebut disajikan secara deskriptif dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Karakteristik Campuran POC Setelah Fermentasi Lanjutan 21 Hari

Table 2. Characteristics of Mixed POC After 21 Days of Secondary Fermentation

Parameter	Deskripsi Pengamatan <i>Observation Description</i>
Warna larutan	Cokelat pekat dan homogen
Aroma	Asam ringan, tidak menyengat
Konsistensi	Agak kental, tidak terlalu cair
Kejernihan	Sedang, tidak sepenuhnya jernih
Reaksi pH	Terbentuk endapan sedang, mudah mengendap didasar galon
Busa	Tidak berbusa saat dikocok
Stabilitas fermentasi	Tidak terjadi gas berlebih, stabil selama inkubasi

Keterangan:

Fermentasi lanjutan menghasilkan POC stabil secara visual dan aromatik.

Fermentasi lanjutan menghasilkan POC stabil secara visual dan aromatik.

Hasil fermentasi lanjutan selama 21 hari terhadap campuran empat bahan organik menunjukkan bahwa larutan pupuk organik cair (POC) memiliki karakteristik visual relatif stabil, terlihat dari warna coklat pekat seragam di seluruh larutan, tanpa perubahan signifikan pada intensitas warna maupun munculnya lapisan endapan di permukaan. Konsistensi warna ini menandakan sebagian besar komponen bahan organik telah terdegradasi dan terlarut merata, sehingga larutan mempertahankan keseragaman visual selama periode pengamatan. Warna coklat pekat ini umum ditemukan pada hasil fermentasi limbah organik karena akumulasi senyawa kompleks hasil degradasi, seperti humat dan fulvat (Pakpahan et al., 2024). Senyawa ini terbentuk dari penguraian lignin, protein, dan karbohidrat yang kemudian bereaksi dengan asam organik dalam suasana fermentatif, sehingga menghasilkan larutan dengan warna gelap dan stabil.

Aroma yang dihasilkan oleh larutan POC adalah asam ringan, namun tidak menyengat. Hal ini menandakan bahwa fermentasi telah mencapai fase stabil, di mana produksi asam organik oleh mikroorganisme telah menurun dan tidak lagi menghasilkan senyawa berbau tajam seperti amonia atau asam butirat yang biasanya muncul dalam fermentasi anaerob yang belum sempurna (Afa et al., 2021). Keberhasilan fermentasi ditandai dengan hilangnya bau menyengat dan munculnya aroma khas fermentasi ringan (Nafis et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan EM4 dan molase dalam fermentasi campuran berperan penting dalam menyeimbangkan populasi mikroba dan mendorong dominasi mikroorganisme yang tidak menghasilkan bau busuk, seperti bakteri asam laktat dan ragi.

Konsistensi larutan yang agak kental dan tidak terlalu cair menunjukkan adanya keseimbangan antara cairan hasil dekomposisi dan sisa partikel bahan

organik yang masih tersuspensi. konsistensi ini menguntungkan karena memudahkan pengaplikasian sekaligus mempertahankan kandungan nutrisi dalam bentuk kompleks. Kejadian ini didukung oleh pengamatan tingkat kejernihan yang sedang, tidak sepenuhnya jernih, namun juga tidak terlalu keruh. Ini menandakan bahwa sebagian besar bahan organik telah terdegradasi, namun masih terdapat senyawa tersuspensi yang dapat berfungsi sebagai sumber nutrisi lambat lepas ketika diaplikasikan ke tanah. Kejernihan POC dipengaruhi oleh keberhasilan fermentasi dan keseimbangan antara senyawa larut dan tidak larut, yang pada akhirnya memengaruhi kualitas dan umur simpan POC tersebut.

Adanya endapan yang terbentuk dalam jumlah sedang dan mudah mengendap di dasar galon merupakan indikator bahwa sebagian bahan terutama komponen padat dari blotong dan kulit telur masih tersisa dalam bentuk partikel kasar. Namun, endapan ini dianggap wajar dan bahkan positif karena dapat menyumbang unsur hara secara bertahap setelah pengaplikasian. Reaksi pH larutan yang berada pada kisaran netral hingga sedikit asam (sekitar pH 6–6,5 berdasarkan lakmus) menunjukkan bahwa fermentasi berada pada zona optimal untuk aktivitas enzim mikroba dan juga cocok untuk sebagian besar tanaman hortikultura. pH ini juga menandakan bahwa EM4 sebagai inokulum mikroba bekerja dengan baik dalam menstabilkan kondisi larutan selama fermentasi lanjutan. Selain itu, tidak terjadinya busa saat larutan dikocok menunjukkan bahwa aktivitas mikroba sudah mereda, menandakan fase akhir fermentasi telah tercapai. Stabilitas fermentasi yang diamati melalui tidak adanya pembentukan gas berlebih mengonfirmasi bahwa proses telah mencapai titik keseimbangan biologis, di mana mikroorganisme telah menyelesaikan proses dekomposisi

senyawa organik tanpa menghasilkan tekanan gas tambahan (Jones, 2024).

Secara keseluruhan, hasil pengamatan ini mengindikasikan bahwa fermentasi lanjutan yang dilakukan setelah pencampuran empat bahan organik memberikan hasil yang stabil secara visual dan sensorik. Larutan POC yang dihasilkan tidak hanya memiliki tampilan yang layak, tetapi juga menunjukkan karakteristik kimia yang sesuai untuk aplikasi pertanian. Kombinasi antara whey tahu, kulit pisang, blotong, dan kulit telur terbukti memberikan efek sinergis dalam menciptakan larutan pupuk yang kaya nutrisi, seimbang dalam reaksi pH, serta stabil dalam penyimpanan dan penggunaan. Fermentasi lanjutan selama 21 hari ini bukan hanya proses penggabungan, tetapi juga proses pematangan biologis yang menentukan kualitas akhir pupuk organik cair.

Proses fermentasi campuran POC selama 21 hari dilanjutkan dengan pengujian efektivitas hasilnya terhadap tanaman. Uji coba dilakukan menggunakan benih kacang hijau (*Vigna radiata*) untuk menilai kemampuan POC dalam mendukung proses perkecambahan. Tanaman kacang hijau dipilih karena mudah tumbuh, siklus hidupnya singkat, dan sangat sensitif terhadap perubahan

nutrisi serta kondisi lingkungan, sehingga cocok dijadikan indikator awal keberhasilan formulasi pupuk (Hidayanti et al., 2022). Secara umum, parameter perkecambahan dapat ditinjau dari persentase daya kecambah, potensi tumbuh maksimum, maupun kecepatan berkecambah. Namun, pada penelitian ini fokus pengamatan diarahkan pada panjang kecambah kacang hijau sebagai indikator vigor pertumbuhan awal yang merefleksikan efektivitas POC dalam mendukung proses fisiologis benih. Dua perlakuan digunakan dalam pengujian, yaitu penyiraman dengan larutan POC (diencerkan 1:10) dan kontrol berupa penyiraman air bersih. Pengamatan dilakukan selama lima hari, kemudian hasil pengukuran panjang kecambah dicatat dan dirata-rata untuk dibandingkan antarperlakuan. Data hasil pengamatan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Dua perlakuan digunakan dalam pengujian, yaitu perlakuan dengan larutan POC (yang telah diencerkan 1:10) dan kontrol berupa penyiraman dengan air bersih. Pengamatan dilakukan selama lima hari dengan mencatat jumlah kecambah yang tumbuh dan menghitung persentase keberhasilan perkecambahan. Data hasil pengamatan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektivitas POC Gabungan terhadap Panjang Kecambah Kacang Hijau

Table 3. The effectiveness of combined POC on mung bean germination and seedling length

Perlakuan	Panjang rata-rata (cm)
POC Gabungan	7,84 ^a
Air biasa (kontrol)	6,10 ^b
BNT 5%	0,93

Keterangan:

POC gabungan menghasilkan rata-rata panjang kecambah lebih tinggi dan perbedaan nyata pada uji BNT 5%.
Combined POC produced higher average seedling length with significant difference at 5% LSD test.

Hasil aplikasi pupuk organik cair (POC) gabungan terhadap pertumbuhan awal kacang hijau menunjukkan adanya perbedaan panjang kecambah

dibandingkan kontrol. Rata-rata panjang kecambah pada perlakuan POC gabungan mencapai 7,84^a cm, sedangkan kontrol hanya 6,10 cm. Berdasarkan hasil uji Beda

Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%, diperoleh nilai sebesar 0,93^b cm. Selisih rata-rata antara kedua perlakuan (1,74 cm) lebih besar daripada nilai BNT tersebut, sehingga dapat dinyatakan bahwa perlakuan POC gabungan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap panjang kecambah kacang hijau pada taraf kepercayaan 95%. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemberian POC mampu meningkatkan pertumbuhan awal benih dibandingkan penyiraman dengan air biasa.

Secara fisiologis, pertumbuhan kecambah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam lingkungan tumbuhnya. POC hasil fermentasi mengandung berbagai senyawa organik dan unsur mikro yang diperlukan untuk proses metabolisme awal tanaman, seperti nitrogen, kalium, fosfor, magnesium, serta senyawa stimulan pertumbuhan seperti asam amino dan vitamin hasil dari proses fermentasi. Kandungan ini tidak tersedia dalam air biasa, yang menjelaskan mengapa kelompok perlakuan menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibanding kontrol. Menurut Hidayat et al. (2017), fermentasi bahan organik dapat meningkatkan bioavailabilitas unsur hara melalui proses pelarutan dan dekomposisi senyawa kompleks menjadi bentuk yang mudah diserap oleh akar tanaman.

Panjang kecambah merupakan salah satu indikator penting dalam menilai vigor benih dan kecepatan pertumbuhan awal tanaman. Tanaman dengan kecambah yang lebih panjang umumnya memiliki aktivitas enzimatis yang lebih tinggi dan proses fotosintesis yang lebih cepat ketika kotiledon mulai membuka (Mahardika et al., 2023). Dalam penelitian ini, panjang kecambah yang lebih besar pada kelompok POC menunjukkan bahwa larutan pupuk tersebut tidak hanya aman bagi benih, tetapi juga mampu mempercepat metabolisme sel. Hal ini menunjukkan

bahwa POC gabungan tidak bersifat toksik dan bahkan menyediakan lingkungan yang lebih optimal untuk pertumbuhan benih. POC yang terfermentasi dengan baik dapat mengandung zat pengatur tumbuh alami seperti auksin dan giberelin, yang secara langsung dapat memengaruhi laju pemanjangan sel dan pembentukan akar primer (Dwi et al., 2024).

Hasil uji coba ini menguatkan bahwa fermentasi dua tahap yang digunakan dalam penelitian, yaitu fermentasi terpisah selama 7 hari dan fermentasi campuran selama 21 hari merupakan strategi yang efektif untuk menghasilkan POC berkualitas. Kombinasi whey tahu, kulit pisang, blotong, dan kulit telur menghasilkan larutan pupuk yang kaya nitrogen dari protein kedelai, kalium dari kulit pisang, karbon dari blotong, dan kalsium dari kulit telur. Formulasi ini tidak hanya memperkaya kandungan nutrisi, tetapi juga menciptakan keseimbangan pH dan kondisi mikrobiologis yang stabil. Dengan demikian, POC gabungan terbukti sebagai alternatif pupuk cair alami yang ramah lingkungan dan mampu mendukung pertumbuhan awal tanaman secara efektif.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC gabungan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang kecambah kacang hijau dibandingkan dengan perlakuan kontrol (air biasa). Panjang rata-rata kecambah pada perlakuan POC gabungan (7,84^a cm) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (6,10^b cm), dengan selisih sebesar 1,74 cm. Uji BNT 5% menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, karena nilai BNT (0,93) lebih kecil daripada selisih rata-rata kedua perlakuan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi POC gabungan efektif meningkatkan panjang kecambah kacang hijau secara signifikan dibandingkan dengan tanpa pemberian POC.


DAFTAR PUSTAKA

- Afa, M., Irwansyah, & Junaedi. (2021). Uji Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Dasar Jeroan Ayam Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Limbah Buah sebagai Dekomposer. *Tarjih Tropical Livestock*, 2(2), 23–30.
- Akinnawo, S. O. (2023). Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies. *Environmental Challenges*, 12(March).
- Amir, A. A., L., M. S., Wahyuni, A., & Rahmaniah. (2022). Analisis Kandungan Kalsium Karbonat (CaCO₃) Batu Gamping Di Kelurahan Bontoa Kecamatan Minasate'ne Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 9(2), 120–126.
- Astuti, Y., Setyaningsih, M., Lestari, S., & Anugrah, D. (2021). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Sebagai Alternatif Pengganti AB MIX Pada Perangkat Hidroponik Di SMA Kebangsaan Pondok Aren. *Jurnal ABDI: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 6.
- Batubara, S. F., Ulina, E. S., Chairuman, N., Lumban Tobing, J. M., Aryati, V., Manurung, E. D., Purba, H. F., & Parhusip, D. (2024). Evaluasi Status Hara Makro Nitrogen, Fosfor dan Kalium di Lahan Sawah Irigasi Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Agrikultura*, 35(1), 59.
- Dwi, R., Rahmawati, A., & Widoretno, S. (2024). Ekstrak Tomat sebagai Induksi Pertumbuhan Akar *Ipomoea Aquatica Forssk.* 13(2), 317–327.
- Frasawi, O., & Wally, R. (2025). Pengaruh Pupuk Organik Cair Bonggol Pisang Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis L.*). *JIRK Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(8), 17–23.
- Hartiani, D., & Suprianik. (2024). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Upaya Pelestarian Lingkungan dan Peningkatan Ekonomi Masyarakat di Desa Taman Kecamatan Grujungan Kabupaten Bondowoso. *Journal of Research on Community Engagement (JRCE)*, 6(1), 36–40.
- Hasibuan, S., Nugraha, M. R., Kevin, A., Rumbata, N., Syahkila, S., Dhewanty, S. A., Fadillah, M. F., Kurniati, M., Trilanda, N., Afifah, S. N., & Shafira, T. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Pupuk Organik Cair di Kecamatan Rumbai Bukit. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 154.
- Hidayanti, E., Emilda, E., & Supriyatin, T. (2022). Respons Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*) terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Air Kelapa dan Keong Mas. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 2(1), 14.
- Jones, D. T. (2024). The Industrial Fermentation Process and Clostridium Species Used to Produce Biobutanol. *Applied Microbiology*, 4(2), 894–917.
- Kusuma, G. P., Ayu Nocianitri, K., & Kartika Pratiwi, I. D. P. (2020). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik Dengan


- Isolat *Lactobacillus* sp. F213. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 9(2), 181.
- Mahardika, I., Baktiarso, S., Qowasmi, F., Agustin, A., & Adelia, Y. (2023). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Proses Perkecambah Kacang Hijau Pada Media Tanam Kapas. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Februari, 2023*(3), 312–316.
- Manaroinsong, G., Pangkey, M. S., & Mambo, R. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Petani Sayur Di Desa Palelon Kecamatan Modinding. *Jurnal Administrasi Publik*, 9(3), 90–101.
- Muktamar, Z., Fahrurrozi, Dwatmadji, Setyowati, N., Sudjatmiko, S., & Chozin, M. (2016). Selected macronutrients uptake by sweet corn under different rates liquid organic fertilizer in closed agriculture system. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(2), 258–261.
- Murnita, & Taher, Y. (2021). Dampak Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.). *Jurnal Menara Ilmu*, XV(2), 67–76.
- Nafis, D., Yaman, A., & Allaily, A. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi pada Pembuatan Kompos dari Bahan Liter Ayam, Limbah Serbuk Kayu Pinus dan Eceng Gondok Terhadap Kualitas Fisik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(3), 70–78.
- Nurdin, N., Moonti, A., Taha, S. R., Adam, E., & Rahman, R. (2023). Potensi Pasar Pupuk Organik Masyarakat Perkotaan di Gorontalo: Tinjauan Aspek Pengetahuan dan Perilaku. *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis): Jurnal Agribisnis Dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, 8(3), 199–206.
- Oktafiyanti, K., Anisa, C., Zul'adhar, U., & Rahmawati, Y. (2024). Efektivitas Whey sebagai Feed Additive pada Broiler. *Jurnal Triton*, 15(1), 1–9.
- Pakpahan, R., Rasidah, & Rosmainar, L. (2024). Sintesis Magnesium Ferrat (MgFeO₄) Sebagai Oksidator untuk Penurunan Intensitas Warna Pada Air Gambut Di Kota Palangka Raya. *Bohr: Jurnal Cendekia Kimia Vol*, 02(02), 72–81.
- Putri, A., Redaputri, A. P., & Rinova, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Pupuk Menuju Ekonomi Sirkular. *Jurnal Pengabdian UMKM*, 1(2), 104–109.
- Rostini, T., Jaelani, A., & Ali, M. (2022). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik, Kandungan Protein Dan Serat Kasar Tongkol Jagung. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(2), 257.
- Sivana, E., Aisy, N. R., Mawaddah, N., & Galuh, R., Ilham, R., Fitriyyah I., (2025). Uji Viabilitas dan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau (*Vigna Radiata*) Selama 11 Hari. *Tumbuhan: Publikasi Ilmu Sosiologi Pertanian dan Ilmu Kehutanan*, 2(1), 64-72.
- Sunaryo, S., Rahmatiyah, R., Studi Agribisnis Bidang Minat Penyuluhan dan Komunikasi Pertanian, P., Sains dan Teknologi Universitas Terbuka, F., Pd Cabe Raya, J., Cabe Udik, P., Pamulang, K., & Tangerang Selatan, K. (2024). *Pemanfaatan Limbah Cair*

Tahu Hasil Fermentasi Menggunakan Em4, Air Kelapa & Gula Sebagai Pupuk Organik Cair. 1(2), 35–49.


Susanti, D., Purwadi, & Siswanto. (2022).

 Kualitas Vermikompos Limbah Blotong Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan Variasi Jenis Cacing. *Jurnal Biotek, 10(2), 240–252.*

Taufiqurrohman, H., & Dewi, S. K. (2024).

 Efektivitas Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Ampas Tebu dan Air Cucian Beras terhadap Tanaman Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi, 13(1), 184–190.*

Tindaon, T. H., Setyawati, E. R., & Putra,

 D. P. (2024). *Pengaruh Pemberian*

Cangkang Telur terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung pada Tanah Lempung dan Pasir. 2(1), 292–298.

Yunilas, Y., Warly, L., Marlida, Y., & Ryanto, I. (2019). Isolasi Dan Karakteristik Fungi Lignoselulolitik Dari Limbah Sawit Sebagai Agen Pendegradasi Pakan Berserat. *Rona Teknik Pertanian, 12(2), 39–48.*

Zulkarnain, D., Badarudin, R., Peternakan, F., Halu, U., Hijau, K., Tridarma, B., & Tenggara, S. (2024). *Pemanfaatan Limbah Organik Berbeda Sebagai Media Budidaya Maggot Black Soldier Fly (Hermetia illucens). 4, 407–413.*