

EFEKTIVITAS CAMPURAN *FILTER PRESS MUD* DAN KOTORAN AYAM *BROILER* TERHADAP LAMA PEMATANGAN DAN KUALITAS PUPUK ORGANIK

EFFECTIVENESS OF A MIXTURE *FILTER PRESS MUD* AND *BROILER* MANURE ON THE LENGTH OF MATURATION AND QUALITY OF ORGANIC FERTILIZER

Rosiana Fadilatul Aini*, Agung Kurniawan, dan Muhammad Al-Irsyad

Fakultas Ilmu Keolahragaan, Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Malang, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: rosiana.fadilatul.2006126@students.um.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 05 September 2024

Peer Review: 10 October 2024

Accepted: 20 May 2026

KATA KUNCI:

EM4, filter press mud, kotoran ayam broiler, pupuk organik, waktu pematangan

KEYWORDS:

Broiler manure, EM4, Filter press mud, maturation time, organic fertilizer

ABSTRAK

Penumpukan limbah secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga diperlukan penanganan yang tepat. Pembuatan pupuk organik menjadi salah satu solusi dalam pemanfaatan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas campuran *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* terhadap waktu pematangan dan kualitas pupuk organik yang dihasilkan, serta menentukan formula terbaik yang menghasilkan pupuk berkualitas dalam waktu pematangan yang singkat. Pengomposan dilakukan secara *aerob* dengan lima formula: F0 (100% *filter press mud*), F1 (60% *filter press mud* + 40% kotoran ayam *broiler*), F2 (70% + 30%), F3 (50% + 50%), dan F4 (30% + 70%). Parameter fisik (suhu, pH, warna, bau, dan tekstur) dipantau setiap 4 hari, sedangkan kandungan unsur hara dianalisis satu kali. Hasil menunjukkan bahwa formula campuran memberikan perubahan signifikan pada warna dan tekstur, namun tidak signifikan pada suhu, pH, bau, dan unsur hara. Formula 2 menunjukkan waktu pematangan tercepat yaitu 12 hari, sedangkan Formula 4 menghasilkan kualitas pupuk terbaik sesuai baku mutu Kepmentan Republik Indonesia. Berdasarkan hasil pengamatan, Formula 2 direkomendasikan sebagai campuran terbaik untuk pembuatan pupuk organik dari *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler*.

ABSTRACT

Continuous waste accumulation can cause environmental damage, so proper handling is necessary. Producing organic fertilizer is one solution for utilizing waste. This research aims to evaluate the effectiveness of mixing *filter press mud* and *broiler* chicken manure on the maturation time and quality of the resulting organic fertilizer, as well as determining the best formula that produces high-quality fertilizer in a short maturation time. Composting was carried out aerobically with five formulas: F0 (100% *filter press mud*), F1 (60% *filter press mud* + 40% *broiler* chicken manure), F2 (70% + 30%), F3 (50% + 50%), and F4 (30% + 70%). Physical parameters (temperature, pH, color, odor, and texture) were monitored every 4 days, while nutrient content was analyzed once. The results showed that the mixed formula provided significant changes in color and texture, but not significant in temperature, pH, odor, and nutrient content. Formula 2 showed the fastest maturation time of 12th days, while Formula 4 produced the best fertilizer quality according to the Indonesian Ministry of Agriculture standards. Based on the observations, Formula 2 is recommended as the best mixture for producing organic fertilizer from *filter press mud* and *broiler* chicken manure.

1. PENDAHULUAN

Sampah atau limbah merupakan sisa dari aktivitas manusia maupun alam yang dibuang karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomi (Sihombing *et al.*, 2023). Pada tahun 2022, jumlah timbunan sampah di Indonesia mencapai 36,19 juta ton. Pengelolaan sampah telah dilakukan dan berhasil mengurangi volume sampah sebesar 14,88% (5,4 juta ton), Namun, masih terdapat 35,99% (13,03 juta ton) sampah yang belum terkelola (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022). Sampah di Indonesia didominasi oleh limbah organik, baik dari aktivitas domestik maupun industri (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2018). Penumpukan limbah yang terus berlangsung dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan memerlukan penanganan yang serius (A. Kurniawan, 2019). Kebijakan *zero waste* mendorong pemanfaatan limbah, khususnya dari kegiatan industri, agar dapat diolah kembali menjadi produk bernilai ekonomi dan sekaligus mengurangi volume timbunan sampah (Sataral *et al.*, 2021).

Salah satu industri penghasil limbah organik dalam jumlah besar adalah industri gula. *Filter press mud* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pemurnian nira tebu (Dharma *et al.*, 2017). Satu pabrik gula dapat menghasilkan *filter press mud* hingga 66.861 ton per musim giling atau sekitar 437 ton per hari (Sasongko & Tantal, 2018). Jumlah yang sangat besar ini berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu estetika (Septyani *et al.*, 2019). *Filter press mud* mengandung unsur organik seperti karbon, nitrogen, fosfor, kalsium, magnesium, dan memiliki nisbah C/N yang sesuai untuk kebutuhan hara tanah (Rofi'ah *et al.*, 2020). Oleh karena itu, limbah ini berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan penyubur tanah (Septyani *et al.*, 2019). Namun, proses pematangan pupuk dari *filter press mud* yang dikombinasikan dengan kotoran ternak mamalia cenderung memerlukan waktu yang lama dan belum sepenuhnya memenuhi standar mutu pupuk organik (Fangohoy & Wandansari, 2017; Muhsin, 2011).

Peningkatan kebutuhan protein hewani di masyarakat mendorong berkembangnya usaha peternakan (Fradinata *et al.*, 2021). Daging ayam menjadi salah satu pilihan utama masyarakat karena kandungan proteinnya tinggi dan harganya terjangkau. Populasi ayam *broiler* di Indonesia mencapai 3,17 miliar ekor, dengan populasi tertinggi salah satunya berada di Kabupaten Malang yaitu 24,94 juta ekor (BPS Kabupaten Malang, 2019). Populasi ini menghasilkan limbah kotoran ayam *broiler* dalam jumlah besar, sebanding dengan jumlah ternak yang dibudidayakan. Setiap bulan, satu kandang ayam *broiler* dapat menghasilkan sekitar 20 karung limbah organik (Defari *et al.*, 2014). Penumpukan limbah kotoran ayam dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti penyakit pernapasan kronis (CRD/*Chronic respiratory disease*) bagi pekerja dan masyarakat sekitar. Selain itu, bau yang ditimbulkan dapat menurunkan berat badan ternak dan berujung pada kerugian ekonomi (Noorhidayah *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya pemanfaatan limbah ayam *broiler* agar tidak mencemari lingkungan maupun merugikan secara finansial. Kotoran ayam kaya akan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalsium, magnesium, dan air (R. Rahmawati, 2020). Kandungan ini menjadikan kotoran ayam lebih unggul dibandingkan jenis kotoran ternak lainnya dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Andriawan *et al.*, 2022).

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari bahan organik tumbuhan atau hewan yang melalui proses rekayasa untuk menghasilkan bentuk padat maupun cair (Ngantung *et al.*, 2018). Limbah organik yang melimpah, biaya produksi yang rendah, serta kandungan hara yang bermanfaat memberikan peluang besar untuk pengembangan pupuk organik. Selain itu, keunggulan pupuk organik yaitu bersifat *slow release*, sehingga unsur hara dilepaskan secara perlahan. Hal ini mengurangi risiko kehilangan unsur hara akibat penguapan atau pencucian oleh air dan angin (Kurniawan *et al.*, 2022).

Hingga saat ini, pemanfaatan limbah *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* secara bersamaan belum banyak diteliti. Padahal kombinasi kedua bahan tersebut berpotensi menghasilkan inovasi pupuk organik sekaligus mengurangi akumulasi limbah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui efektivitas campuran *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* terhadap lama waktu pematangan pupuk, (2) mengetahui pengaruh campuran tersebut terhadap kualitas pupuk organik yang dihasilkan, serta (3) menemukan formula campuran yang mampu menghasilkan pupuk berkualitas dalam waktu pematangan yang relatif singkat.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen dalam bentuk *posttest-only control group design*. Pemberian perlakuan dalam penelitian ini terdiri atas lima formula, yaitu: Formula 0 (100% *filter press mud*), Formula 1 (60% *filter press mud* dan 40% kotoran ayam *broiler*), Formula 2 (70% *filter press mud* dan 30% kotoran ayam *broiler*), Formula 3 (50% *filter press mud* dan 50% kotoran ayam *broiler*), dan Formula 4 (30% *filter press mud* dan 70% kotoran ayam *broiler*). Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: limbah *filter press mud*, kotoran ayam *broiler*, *Effective Microorganism 4* (EM4), air, gula merah, plastik pembungkus (*wrapping*), kardus, keranjang, botol, gelas ukur, neraca, saringan, alat survei tanah *4-in-1* (*soil survey instrument*), diagram warna tanah Munsell (*munsell soil color name diagram*), kalender, sarung tangan, karung plastik, dan sendok.

Pengomposan dilakukan menggunakan metode aerobik, dengan pemantauan terhadap lama waktu pematangan berdasarkan beberapa parameter fisik, yaitu suhu, pH, warna, bau, dan tekstur. Penilaian tingkat kematangan pupuk mengacu pada parameter fisik sesuai dengan SNI 19-7030-2004, dengan pengukuran dilakukan setiap empat hari dan proses aerasi dilakukan setiap tujuh hari. Metode aerobik dipilih untuk mempercepat proses dekomposisi melalui pengecilan ukuran partikel bahan, sehingga memperluas permukaan dan mempercepat pematangan.

Sampel pupuk yang telah matang kemudian di analisis di Laboratorium Tanah UPT Pengembangan Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura, Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. Analisis laboratorium mencakup kandungan unsur C, N, rasio C/N, P_2O_5 , dan K_2O , yang merupakan indikator utama kualitas pupuk. Penilaian kualitas unsur hara pupuk organik padat mengacu pada Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 261/KPTS/SR.310/M/4/2019.

Analisis data dilakukan setelah seluruh proses pengomposan selesai dan hasil laboratorium diperoleh. Data parameter fisik selama proses pengomposan dianalisis menggunakan uji ANOVA dan uji *Kruskal-wallis* pada taraf signifikansi 5%. Uji *Kruskal -Wallis* digunakan karena data parameter fisik tidak memenuhi asumsi normalitas (Isnawan et al., 2020). Sementara itu, data hasil analisis unsur hara yang memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas dianalisis menggunakan uji parametrik *one-way ANOVA*. Selain itu, dalam menentukan formula pupuk terbaik peneliti menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-wallis*, dikarenakan data hasil perbandingan lama waktu pematangan dengan kualitas pupuk tidak memenuhi syarat uji parametrik. Analisis statistik parametrik dan non-parametrik untuk menentukan efektivitas campuran pupuk dengan menggunakan *software SPSS statistics 23*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

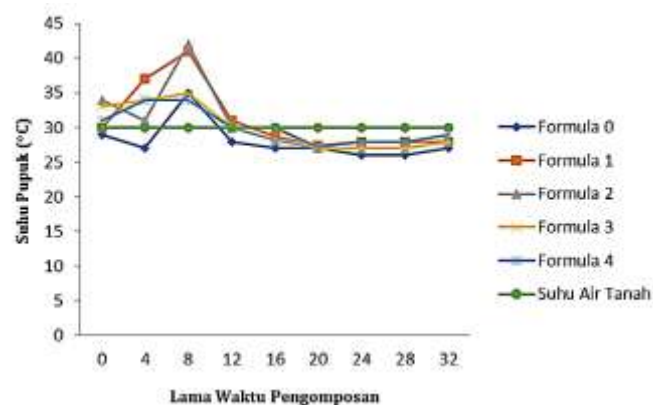
3.1 Lama Waktu Pematangan Pupuk Organik

3.1.1 Suhu Pupuk Organik

Suhu memiliki peran sangat krusial dalam proses pengomposan. Suhu berfungsi untuk menjaga keberlangsungan hidup dan kinerja mikroorganisme pengurai, sehingga pengomposan berlangsung lebih cepat (Krisnawan *et al.*, 2018). Suhu pupuk yang telah matang berdasarkan standar ialah memiliki suhu seperti air tanah ($\leq 30^{\circ}\text{C}$) (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Hasil pemantauan suhu pupuk selama proses pengomposan menunjukkan perubahan sebagaimana pada Gambar 1. Pengamatan perubahan suhu pupuk dilakukan menggunakan instrumen *4-in-1 soil survey*. Hasil pengamatan (Gambar 1) menunjukkan bahwa seluruh formula telah mengalami fase aklimasi. Fase aklimasi merupakan fase peningkatan suhu pada beberapa hari awal proses pengomposan yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pengurai bahan pupuk (Rezagama & Samudro, 2015). Aktivitas ini membantu proses pematangan pupuk sehingga menghasilkan tekstur remah (Ekawandani & Kusuma, 2018).

Fase aklimasi terbagi menjadi dua, yaitu fase mesofilik ($10-40^{\circ}\text{C}$) dan fase termofilik ($45-60^{\circ}\text{C}$) (Rofi'ah *et al.*, 2020). Fase mesofilik tertinggi berhasil dicapai oleh Formula 1 dan Formula 2, dengan suhu masing-masing sebesar 41°C dan 42°C pada hari ke-8 pengomposan. Sementara itu, suhu tertinggi pada formula lainnya adalah 35°C untuk Formula 3 dan Formula 0, serta 34°C untuk Formula 4. Fluktuasi suhu dipengaruhi oleh tingkat aktivitas mikroorganisme pengurai dan kerapatan tumpukan bahan. Semakin cepat proses penguraian bahan pupuk, semakin tinggi fluktuasi suhu yang dihasilkan. Kenaikan suhu pada periode ini juga memberikan dampak positif, yaitu membantu membunuh sisa organisme pengganggu yang terdapat dalam bahan baku pupuk organik.

Setelah mengalami fase aklimasi, tumpukan pupuk mengalami proses pendinginan yang menyebabkan suhu pupuk menurun hingga mendekati suhu air tanah ($\leq 30^{\circ}\text{C}$) (Siagian *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini, fase pendinginan tumpukan bahan pupuk dimulai sejak hari ke-12 proses pengomposan. Namun, Formula 1 menunjukkan durasi pendinginan terlama, yaitu hingga hari ke-16 pengomposan. Rata-rata suhu dari seluruh formula campuran bahan pupuk organik selama proses pengomposan tercatat sebesar $29,94^{\circ}\text{C}$. Suhu tertinggi pada pupuk campuran *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* dicapai oleh Formula 2, yaitu sebesar 42°C . Sebaliknya, Formula 4 menunjukkan fluktuasi suhu paling rendah, dengan suhu maksimum hanya mencapai 34°C . Hal ini disebabkan oleh dominasi kotoran ayam *broiler* pada tumpukan bahan formula 4, yang menyebabkan kerapatan tumpukan lebih tinggi dan mengurangi fluktuasi suhu yang terjadi. Peningkatan suhu tumpukan bahan pupuk berpengaruh terhadap durasi waktu pematangan pupuk. Pada hari ke-32 pengomposan, seluruh formula pupuk organik yang dibuat telah memenuhi standar mutu yang ditetapkan.



Gambar 1. Perubahan suhu pupuk pengomposan

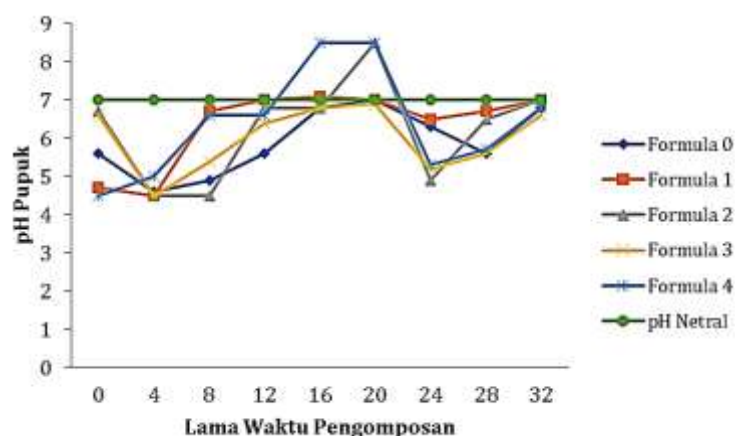
Meskipun seluruh formula pupuk organik mengalami perubahan suhu selama proses pengomposan, namun tidak terdapat perbedaan yang nyata di antara bahan formula-formula tersebut ($p\text{-value} = 0,134 > 0,05$). Hasil ini sejalan dengan temuan Hermawansyah (2017) yang menunjukkan bahwa suhu pengomposan pada setiap formula berada dalam rentang suhu yang relatif serupa. Selain itu, kegagalan tumpukan bahan pupuk dalam mencapai fase termofilik turut memperpanjang durasi proses pengomposan. Ketidaktercapaian fase termofilik ini dapat disebabkan oleh sirkulasi udara yang optimal selama proses pengomposan (Rezagama & Samudro, 2015). Aerasi yang dilakukan setiap tujuh hari sekali turut menyebabkan kalor berlebih, sehingga tumpukan bahan tidak mencapai suhu fase termofilik (Puspita, 2020). Selain itu, kondisi suhu lingkungan dan cuaca selama proses pengomposan juga mempengaruhi fluktuasi suhu pada pupuk organik (Siagian *et al.*, 2021). Oleh karena itu, tumpukan bahan pupuk tidak mencapai fase termofilik dan suhu yang dihasilkan relatif seragam.

3.1.2 Derajat Keasaman Pupuk Organik

Derajat keasaman (pH) bahan pupuk mengalami perubahan secara dinamis sesuai dengan kondisi kimiawi pupuk organik selama proses pengomposan (Krisnawan *et al.*, 2018). Pada awal proses pengomposan, tumpukan bahan pupuk cenderung bersifat asam, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai pH pada kisaran 4-5. Berdasarkan pengamatan terhadap perubahan pH selama proses pengomposan, diperoleh data pada Gambar 2.

Pengamatan terhadap perubahan pH tumpukan bahan pupuk dilakukan menggunakan alat *4-in-1 soil survey instrument*. Pada awal proses pengomposan, derajat keasaman (pH) tumpukan bahan pupuk bervariasi dalam kisaran 4,5-6,7. Penurunan pH ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan suhu akibat aktivitas mikroba pengurai bahan organik yang menghasilkan asam organik, sehingga pH menurun (Siagian *et al.*, 2021). Selama proses pengomposan, pH tertinggi tercatat sebesar 8,5 yang terjadi pada Formula 4 dan Formula 2. Sementara itu, pada Formula 1, pH maksimum hanya mencapai 7,1 dan Formula 3, nilai pH tertinggi adalah 6,9. Adapun Formula 0 mencapai pH tertinggi sebesar 7,0, yang terjadi pada hari ke-20 proses pengomposan.

Saat memasuki fase pematangan, pH pupuk berangsur-angsur berubah hingga mencapai kondisi netral (6,80-7,49). Menuju fase ini, pH pada setiap formula mengalami peningkatan yang mendukung keberlangsungan aktivitas mikroba. Namun, peningkatan pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan nitrogen berubah menjadi amonia (NH_3), yang berdampak negatif, antara lain menimbulkan bau tidak sedap. Rata-rata pH yang diperoleh dari seluruh formula pupuk organik adalah 6,18, yang masih tergolong dalam kategori asam.



Gambar 2. pH pupuk organik pengomposan

Berdasarkan hasil uji *Kruskal-wallis* terhadap data perubahan pH pupuk, diperoleh hasil bahwa antar formula tidak menunjukkan perbedaan pH yang nyata ($P\text{-value} = 0,761 > 0,05$). Temuan ini sejalan dengan penelitian Krisnawan *et al.* (2018), yang menyatakan bahwa perubahan pH pupuk tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Nilai pH yang relatif serupa pada semua formula kerap terjadi selama proses pengomposan, terutama pada hari ke-4, ke-12, dan ke-32. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan pupuk organik tidak menunjukkan perbedaan pH yang berarti antar tumpukan bahan baku.

3.1.3 Warna Pupuk Organik

Ciri-ciri pupuk yang telah matang ditandai dengan warna kehitaman (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Percepatan perubahan warna pupuk dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan serta suhu selama proses pengomposan (Puspita, 2020). Pengamatan terhadap perubahan warna tumpukan bahan pupuk organik telah dilakukan secara visual dengan bantuan diagram *Munsell Soil Colour Name*. Selama proses pengomposan, perubahan warna terjadi secara bertahap hingga seluruh formula mencapai warna coklat pekat ataupun kehitaman, sebagaimana hasil pengamatan tumpukan bahan pupuk yang dipaparkan pada Tabel 1. Hasil pemantauan warna tumpukan bahan pupuk yang telah disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa Formula 0 berwarna coklat pekat sejak hari pertama pengomposan, dan warna tersebut semakin gelap pada hari-hari berikutnya.

Tabel 1. Perubahan Tumpukan Bahan Pupuk Organik

Lama Pengomposan (hari)	Formula 0	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
0	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)
4	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)
8	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)
12	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)
16	7,5 YR very dark brown (kehitaman)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR light brown (coklat terang)	7,5 YR light brown (coklat terang)
20	7,5 YR very dark brown (kehitaman)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR brown (coklat)
24	7,5 YR very dark brown (kehitaman)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR brown (coklat)	7,5 YR brown (coklat)
28	7,5 YR very dark brown (kehitaman)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR brown (coklat)
32	7,5 YR very dark brown (kehitaman)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)	7,5 YR dark brown (coklat pekat)

Formula 2 mulai menunjukkan warna coklat pekat pada hari ke-12 pengomposan, Formula 1 pada hari ke-16, dan Formula 4 mengalami perubahan warna paling lambat, yakni pada hari ke-32. Perbedaan ini diduga karena bahan utama Formula 4 didominasi oleh kotoran ayam *broiler* yang berwarna kuning pekat, sehingga proses perubahan warna berlangsung lebih lama. Selisih waktu perubahan warna antar formula menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p\text{-value} = 0,000 < 0,05$). Pada hari ke-32, seluruh formula telah berwarna kehitaman telah berwarna coklat pekat hingga kehitaman, menandakan bahwa proses pengomposan telah menghasilkan pupuk matang.

Perubahan warna ini berkaitan erat dengan proses penguraian karbon dan nitrogen. Semakin rendah kadar C dan N, maka semakin gelap warna pupuk yang dihasilkan. Penilaian warna pupuk secara visual telah diterapkan pada beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Siti Rahmawati *et al.*, (2023), Kaswinarni & Nugraha (2020), Prasetyo (2023), serta Ekawandani & Kusuma (2018). Metode ini dinilai tepat untuk skala kecil dan berpotensi dikembangkan oleh masyarakat secara mandiri.

3.1.4 Bau Pupuk Organik

Aroma pupuk sangat berkaitan dengan nilai pH tumpukan kompos dan metode pengomposan yang diterapkan. Aroma pupuk juga sebagai penanda keberhasilan pemecahan unsur hara pada bahan pembuatan pupuk organik. Pemantauan aroma pupuk merupakan parameter yang mudah untuk diobservasi secara langsung oleh setiap peneliti. Kriteria pupuk yang siap digunakan menurut SNI 19-7030-2004 adalah memiliki bau menyerupai tanah. Pengamatan terhadap perubahan bau tumpukan bahan pupuk organik dilakukan secara organoleptik menggunakan indra penciuman. Berdasarkan pengamatan selama proses pengomposan berlangsung, perubahan bau terjadi relatif cepat, yaitu sejak hari ke-4 pengomposan pada sebagian besar formula. Namun, Formula 3 dan Formula 4 baru mencapai kriteria pematangan pupuk pada hari ke-12 pengomposan. Aktivitas mikroorganisme pemecah nitrogen dalam tumpukan bahan menyebabkan peningkatan pH, dan hanya dapat berlangsung optimal pada kondisi pengomposan aerob (Mulyani, 2014). Oleh karena itu, pengomposan secara anaerob cenderung menimbulkan bau tidak sedap akibat mikroorganisme pengkonversi asam organik tidak bekerja secara optimal pada suhu rendah (Suharno *et al.*, 2021).

Pada proses pengomposan bahan organik berupa *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler*, bau busuk hanya terdeteksi selama minggu pertama pengomposan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tidak ditemukan perbedaan yang signifikan terhadap parameter bau antar perlakuan ($p\text{-value} = 0,329 > 0,05$). Proses dekomposisi campuran *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* tidak memerlukan penambahan kapur sebagai agen penghilang bau. Selain itu, metode aerasi yang dilakukan setiap tujuh hari efektif dalam mengurangi intensitas bau menyengat selama proses pengomposan berlangsung (Krisnawan *et al.*, 2018).

Tabel 2. Perubahan Bau Tumpukan Bahan Pupuk Organik

Lama Pengomposan (hari)	Formula 0	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
0	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
4	(+++)	(+++)	(+++)	(+)	(+)
8	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+)
12	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+)
16	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
20	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
24	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
28	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
32	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)

Keterangan: (+) = Seperti bau bahan, (++) = Berbau menyengat, (+++) = Berbau tanah (Suharno *et al.*, 2021).

Tabel 3. Perubahan Tekstur Tumpukan Bahan Pupuk Organik

Lama Pengomposan (hari)	Formula 0 (mesh)	Formula 1 (mesh)	Formula 2 (mesh)	Formula 3 (mesh)	Formula 4 (mesh)
0	40	<40	40	<40	<40
4	<60	40	40	40	<40
8	<60	40	<60	40	<40
12	60	<60	<60	40	40
16	60	<60	<60	40	40
20	60	60	60	40	40
24	<80	60	60	<60	<60
28	<80	60	60	<60	<60
32	<80	60	60	<60	<60

3.1.5 Tekstur Pupuk Organik

Tekstur pupuk organik yang telah matang yaitu berbentuk remahan halus. Perubahan tekstur pupuk ini merupakan dampak dari kenaikan suhu tumpukan bahan dasar pupuk, sehingga partikel yang semula berukuran besar melapuk menjadi remahan. Berdasarkan pemantauan tekstur pupuk pada proses pengomposan, menunjukkan perubahan seperti pada Tabel 3.

Tekstur pupuk sangat berkaitan erat dengan dinamika suhu selama proses pengomposan. Ketika suhu pengomposan mencapai titik tertinggi, aktivitas mikroorganisme dekomposer meningkat secara optimal dalam melapukkan bahan organik (Fangohoy & Wandansari, 2017). Berdasarkan hasil analisis *Kruskal-wallis*, perubahan tekstur pupuk menunjukkan perbedaan yang signifikan antar formula yang diuji ($p\text{-value} = 0,001 < 0,05$). Hasil pengamatan (Tabel 3) menunjukkan bahwa tekstur pupuk (Tabel 3) menunjukkan bahwa Formula 2 mengalami pelapukan paling cepat, yaitu sejak hari ke-12 pengomposan. Kondisi ini sejalan dengan peningkatan suhu yang dicapai, yakni 42°C, yang merupakan suhu tertinggi dibanding seluruh komposisi campuran antara *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler*. Sebaliknya, Formula 0 meskipun tidak menunjukkan peningkatan suhu yang signifikan, memiliki tekstur paling remah. Hal ini disebabkan karena bahan dasar Formula 0 terdiri atas 100% gumpalan *filter press mud* yang secara fisik mudah hancur ketika diremas dengan tangan. Dengan demikian, memperkecil ukuran bahan baku sebelum proses pengomposan dapat mempercepat proses pelapukan dan pematangan pupuk organik (Prasetyo, 2023).

Hasil pemantauan terhadap parametr fisik pematangan pupuk serta analisis statistik yang dilakukan menunjukkan bahwa sebagian besar parameter tidak berbeda nyata antarperlakuan tumpukan bahan pupuk. Meskipun demikian, seluruh perlakuan telah menunjukkan tanda-tanda kematangan pupuk sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004. Formula 2 merupakan formula yang mengalami fase pematangan paling cepat, yaitu pada hari ke-12 pengomposan, dengan suhu 30°C, pH 6,8, berwarna kehitaman, tidak berbau dan bertekstur remah. Selanjutnya, Formula 1 dan Formula 0 memasuki fase pematangan pada hari ke-16, sedangkan Formula 3 dan Formula 4 mengalami fase pematangan pada hari ke-32 pengomposan.

3.2 Kualitas Pupuk Organik

Jumlah kandungan unsur hara yang tersimpan pada pupuk akan menentukan kualitas pupuk hasil pengomposan. Proses pengomposan yang berlangsung pada periode tertentu akan merombak unsur hara sehingga dapat diserap dengan mudah oleh tanah. Kualitas pupuk organik didapati setelah dilakukan analisis uji laboratorium dan disesuaikan dengan kualifikasi standar yang berlaku. Tabel 4 menunjukkan jumlah berbagai kandungan unsur hara pada setiap formula pupuk organik yang telah matang.

Tabel 4. Kandungan Unsur Hara dan Rasio C/N Pupuk Organik dari Campuran Filter Press Mud dan Kotoran Ayam Broiler Berdasarkan Formula Perlakuan

Parameter	Baku Mutu	Hasil Analisis Unsur Hara Pupuk				
		Formula 0	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
C-organik	Min. 15%	14,07%	14,25%	14,44%	14,76%	15,01%
Nitrogen		0,89%	0,92%	1,14%	1,28%	1,36%
Phosfor (P ₂ O ₅)	Min. 2%	0,71%	0,85%	0,92%	1,04%	1,33%
Kalium(K ₂ O)		1,28%	1,37%	1,30%	1,41%	1,28%
Hara makro		2,88%	3,14%	3,36%	3,73%	3,97%
C/N	≤25	15,81	15,49	12,67	11,53	11,04
Keterangan :		C-organik tidak sesuai	C-organik tidak sesuai	C-organik tidak sesuai	C-organik tidak sesuai	Sesuai baku mutu

Hasil analisis kualitas pupuk organik tersebut menunjukkan bahwa parameter C-organik tertinggi diperoleh pada Formula 4, Sedangkan terendah pada Formula 0 yaitu 14,07%. Kandungan unsur hara makro juga tertinggi pada Formula 4. Adapun rasio C/N tertinggi ditemukan pada Formula 0 dibandingkan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil uji laboratorium, Formula 4 (campuran 30% *filter press mud* dan 70% kotoran ayam *broiler*) merupakan satu-satunya yang memenuhi baku mutu sesuai Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 261/ KPTS/SR.310/M/4/2019.

Analisis statistik menggunakan Anova satu arah (*one way ANOVA*) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata dalam kandungan unsur hara pupuk organik (Isnawan et al., 2020). Nilai *p-value* sebesar 0.999 (> 0,05) menunjukkan bahwa perbedaan kandungan unsur hara tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh kecilnya selisih kandungan antar formula. Meskipun demikian, sebagian besar unsur hara dalam formula pupuk organik telah memenuhi baku mutu. Namun, kandungan C-organik belum memenuhi standar pada sebagian besar perlakuan, kecuali Formula 4.

3.2.1 Kandungan C-Organik

Karbon merupakan unsur yang krusial dalam proses pengomposan. Kandungan C-organik cenderung menurun seiring berjalannya proses hingga mencapai fase pematangan pupuk. Penurunan ini terjadi karena C-organik merupakan sumber energi utama bagi mikroorganisme, semakin tinggi aktivitas mikroorganisme, semakin cepat pula kandungan C-organik terdegradasi (Megawati et al., 2021). Berdasarkan hasil analisis kandungan C-organik yang disajikan pada Tabel 4, hanya Formula 4 yang memenuhi syarat baku mutu parameter C-organik pupuk padat. Sementara itu, formula lainnya belum memenuhi baku mutu karena kandungan C-organiknya hanya berkisar antara 14,07% hingga 14,76%.

Kegagalan pupuk mencapai kandungan C-organik sesuai baku mutu dapat disebabkan oleh rendahnya kadar karbon pada bahan baku pembuatan pupuk organik. Peningkatan kadar C-organik dapat dilakukan melalui penambahan bahan yang mengandung karbon tinggi selama proses pengomposan. Beberapa bahan yang dapat digunakan antara lain arang batok kelapa dan arang sekam (Sasongko & Tantal, 2018). Selain itu, peningkatan kandungan C-organik juga dapat dicapai dengan penambahan jumlah kotoran ternak dalam tumpukan bahan kompos (Fangohoy & Wandansari, 2017). Penambahan bahan-bahan berkarbon tinggi ini diharapkan dapat menghasilkan pupuk dengan kandungan C-organik yang sesuai standar baku mutu (PPID Balai Bresar Pertanian Binuang, 2021).

3.2.2 Kandungan Total Hara Makro (NPK)

Keberadaan unsur hara makro relatif stabil selama pengomposan hingga menjadi pupuk, karena pendegradasian terbesar hanya terjadi pada unsur karbon (Fangohoy & Wandansari, 2017).

Meskipun demikian, nitrogen tetap dibutuhkan untuk menyusun protein sebagai cadangan energi bagi mikroorganisme dalam mendegradasi bahan pupuk. Tingginya kandungan nitrogen juga menentukan keberhasilan proses dekomposisi tumpukan bahan pupuk (Andriawan *et al.*, 2022).

Jumlah unsur nitrogen turut memengaruhi ketersediaan unsur fosfor dan kalium. Perombakan bahan organik yang optimal akan menghasilkan lebih banyak unsur hara (Trivana & Pradhana, 2017). Kalium dalam bentuk kompleks pada tumpukan bahan pupuk tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Oleh karena itu, proses pengomposan berperan dalam mengubah kalium kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah diserap oleh tanaman (Andriawan *et al.*, 2022).

Kandungan total unsur hara makro (NPK) pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kelima formula yang diuji telah memenuhi baku mutu pupuk organik padat. Formula 0 menunjukkan kandungan hara makro paling rendah dibandingkan formula lainnya, disebabkan oleh rendahnya kandungan nitrogen pada *filter press mud* dibandingkan kotoran ayam *broiler*. Penambahan kotoran ayam *broiler* yang memiliki kandungan nitrogen lebih tinggi mampu meningkatkan total hara makro pupuk yang dihasilkan. Hal ini terlihat pada Formula 4, yang terdiri dari 30% *filter press mud* dan 70% kotoran ayam *broiler*, menghasilkan total hara makro tertinggi yakni 3,97%.

3.2.3 Rasio C/N

Nilai rasio C/N berpengaruh terhadap durasi pengomposan bahan pupuk hingga mencapai fase pematangan serta menentukan kualitas pupuk yang dihasilkan (Fangohoy & Wandansari, 2017). Menurut Trivana & Pradhana (2017), pada fase pematangan, rasio C/N akan menurun karena terjadinya penghilangan unsur karbon sebagai sumber energi mikroorganisme, serta meningkatnya kadar nitrogen yang berhasil terdekomposisi selama proses pengomposan. Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dipaparkan pada Tabel 4, seluruh formula pupuk organik telah memenuhi baku mutu pupuk organik padat (≤ 25). Formula 0 memiliki rasio C/N tertinggi, sedangkan Formula 4 menunjukkan rasio terendah. Rendahnya rasio C/N pada Formula 4 mencerminkan penurunan kadar karbon dan tingginya jumlah nitrogen yang terurai oleh aktivitas mikroorganisme, serta menjadi indikator bahwa pupuk telah mencapai fase pematangan.

3.3. Formula Terbaik Pupuk Berbahan Campuran Filter Press Mud dan Kotoran Ayam Broiler

Menentukan formula terbaik pupuk dengan kombinasi bahan *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* merupakan salah satu tujuan pelaksanaan penelitian. Formula terbaik ditentukan dengan membandingkan lama waktu pematangan setiap formula dan kualitas unsur hara yang terkandung dalam pupuk setelah proses pematangan. Formula terbaik diharapkan mampu menghasilkan pupuk berkualitas serta memiliki fase pematangan yang cepat. Hasil pemantauan lama pematangan dan kualitas unsur hara pupuk dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Lama Waktu Pematangan dan Kualitas Pupuk Organik

Perlakuan	Lama Pematangan	Kualitas Unsur Hara Pupuk Organik					
		C-organik (%)	Nitrogen (N) (%)	C/N	Phosfor (P ₂ O ₅) (%)	Kalium (K ₂ O) (%)	Hara Makro (NPK) (%)
Formula 0	16 hari	14,07	0,89	15,81	0,71	1,28	2,88
Formula 1	16 hari	14,25	0,92	15,49	0,85	1,37	3,14
Formula 2	12 hari	14,44	1,14	12,67	0,92	1,30	3,36
Formula 3	32 hari	14,76	1,28	11,53	1,04	1,41	3,73
Formula 4	32 hari	15,01	1,36	11,04	1,33	1,28	3,97

Hasil analisis lama waktu pematangan dan kualitas pupuk organik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik ($p\text{-value} = 0,923 > 0,05$). Oleh karena itu, penentuan formula terbaik campuran *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* dapat dilakukan melalui hasil pengamatan parameter fisik dan kimia pupuk organik. Penetapan formula terbaik penting untuk mempermudah proses pengomposan selanjutnya dengan bahan-bahan sejenis, sehingga dapat mempercepat pengelolaan limbah di lingkungan masyarakat.

Berdasarkan pengamatan terhadap lama waktu pematangan dan hasil analisis kandungan unsur hara, formula terbaik yang diidentifikasi adalah Formula 2, yaitu campuran 70% limbah *filter press mud* dan 30% kotoran ayam *broiler*. Formula ini menunjukkan waktu pematangan yang sangat efisien, yakni hanya 12 hari. Sebagian besar kandungan unsur hara dalam pupuk dari formula ini telah memenuhi baku mutu pupuk organik padat sesuai Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Meskipun kandungan C-organik pada formula ini hanya sebesar 14,44%, nilai tersebut tetap berada di atas batas minimal yang ditetapkan dalam SNI 19-7030-2004, yaitu 9,80% hingga 32%. Dengan demikian, Formula 2 dapat direkomendasikan sebagai komposisi terbaik dalam penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengomposan campuran limbah *filter press mud* dan kotoran ayam *broiler* selama 32 hari menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam kecepatan pematangan dan kualitas hara pupuk organik padat. Formula 2, yang terdiri atas 70% limbah *filter press mud* dan 30% kotoran ayam *broiler*, terbukti sebagai komposisi terbaik karena mampu mempercepat fase pematangan hingga hari ke-12 dan menghasilkan pupuk dengan kandungan hara yang sesuai standar SNI 19-7030-2004. Sementara itu, Formula 4 menghasilkan kualitas hara terbaik, meskipun memerlukan waktu pematangan yang lebih lama. Oleh karena itu, Formula 2 direkomendasikan sebagai formulasi yang paling efisien dan efektif dalam menghasilkan pupuk organik padat berkualitas dengan waktu pengomposan yang lebih singkat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang atas dukungan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian pembuatan pupuk organik melalui skema Hibah Skripsi, sebagaimana tercantum dalam Keputusan Rektor Universitas Negeri Malang Nomor 3.4.93/UN32/KP/2024.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, F., H. Walida, F.S. Harahap, & Y. Sepriani. 2022. Analisis kualitas pupuk kascing dari campuran kotoran ayam, bonggol pisang, dan ampas tahu. *Jurnal Pertanian Agros*. 24(1): 423–428.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. 2019. *Populasi Ternak Menurut Jenis Ternak di Kabupaten Malang*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik (SNI 19-7030-2004). In *Badan Standardisasi Nasional*. 12p.
- Defari, E.K., Deselina, G. Senoaji, & F. Hidayat. 2014. Pemanfaatan Limbah kotoran ayam sebagai bahan baku pembuatan kompos. *Dharma Raflesia: Jurnal Ilmiah Pengembangan Dan Penerapan IPTEKS*. 12(1): 11–20.

- Dharma, U.S., N. Rajabiah, & C. Setyadi. 2017. Pemanfaatan limbah blotong dan bagase menjadi biobriket dengan perekat berbahan baku tetes tebu dan setilage. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*. 6(1): 92–102.
- Ekawandani, N., & A.A. Kusuma. 2018. Pengomposan sampah organik (kubis dan kulit pisang) dengan menggunakan EM4. *TEDC*. 12(1): 38–43.
- Fangohoy, L., & R. Wandansari. 2017. Pemanfaatan limbah blotong pengolahan tebu menjadi pupuk organik berkualitas. *Jurnal Triton*. 8(2): 58–67.
- Fradinata, E., A. Yaman, & A. Akhir. 2021. Pemanfaatan limbah kotoran ayam broiler di Aceh Jaya. *Jurnal Pengabdian Aceh*. 1(3): 90–97.
- Hermawansyah, D. 2017. Analisis parameter fisik kompos menggunakan metode vermikomposting pada sampah daun kering. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Isnawan, M.G., U. Nahdlatul, & W. Mataram. 2020. *Kuasi - Eksperimen* (Sudirman (ed.); 1st ed., Issue vi). Nashir Ak-Kutub Indonesia.
- Kaswinarni, F., & A.A.S. Nugraha. 2020. Kadar fosfor, kalium, dan sifat fisik pupuk kompos sampah organik pasar dengan penambahan starter EM4, kotoran sapi dan kotoran ayam. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*. 12(1): 1–6.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2022. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional.
- Kementerian Pertanian. 2019. Keputusan Menteri Pertanian Nomor : 261 /KPTS / SR.310/ M / 4 / 2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenahan tanah. In *Kementan Simppi*. pp. 1–18.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2018. *Deklarasi “Kendalikan Sampah Plastik Industri.”* Ditjen PPKL-KEMENLHK.
- Krisnawan, K.A., I.W. Tika, & I.A.G. Madrini. 2018. Analisis dinamika suhu pada proses pengomposan jerami dicampur kotoran ayam dengan perlakuan kadar air. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*. 6(1): 25–32.
- Kurniawan, A. 2019. *Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan*. Wineka Media.
- Kurniawan, E., Jalaluddin, & M.D. Pulungan. 2022. *Pemanfaatan Endapan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit sebagai Pupuk Organik Padat*. pp. 678–689.
- Megawati, G.M. Hatta, & Y.F. Arifin. 2021. Optimasi pengomposan sampah organik di lingkungan kampus menggunakan kombinasi aktivator EM4 dan kotoran ternak. *Jurnal Hutan Tropis*. 9(1): 233.
- Muhsin, A. 2011. Pemanfaatan limbah hasil pengolahan pabrik tebu blotong menjadi pupuk organik. *Industrial Engineering Conference, November*. pp. 1–9.
- Mulyani, H. 2014. Pengembangan model pengomposan aerob di Desa Paten Gunung, Kota Magelang, Provinsi Jawa Tengah. *Techno*. 15(2): 37–49.
- Ngantung, J.A.B., J.J. Rondonuwu, & R.I. Kawulusan. 2018. Respon tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) terhadap pemberian pupuk organik dan anorganik di Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur. *Eugenia*. 24(1): 44–52.
- Noorhidayah, R., M.B. Musthafa, & Sisno. 2021. Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) asam humat dari kompos kotoran ayam dengan biodekomposer berbeda. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*. 23(1): 38–43.
- PPID Balai Bresar Pertanian Binuang. 2021. *Manfaat Arang Sekam Padi*. Pertanian.Go.Id.
- Prasetyo, A. 2023. *Pembuatan Kompos dari Sampah Organik Kulit Durian dengan Metode Aerob dan Anaerob*.
- Puspita, S.M. 2020. *Analisis Kualitas Kompos Sampah sayuran dan Kotoran Ayam*. pp. 10–27.
- Rahmawati, R. 2020. Growth and production of pakchoy under various type of organic fertilizer. *Agrotech Journal*. 5(1): 41–46.

- Rahmawati, S., S. Laili, & H. Zayadi. 2023. Pengaruh lama pengomposan dan variasi jumlah cacing (*Eudrillus eugenie*) selama proses vermikomposting pada limbah blotong tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Ilmiah BIOSAIN TROPIS*. 9(1): 8–14.
- Rezagama, A., & G. Samudro. 2015. Studi optimasi takakura dengan penambahan sekam dan bekatul. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 12(2): 66.
- Rofi'ah, A.M., F.D. Agustin, & A.M. Fuadi. 2020. Analisis perbandingan penambahan EM-4 terhadap karakteristik pupuk kompos blotong dan jerami padi dengan blotong dan batang pisang. *In Prosiding University Research Colloquium*. pp. 124–123.
- Sasongko, P., & L. Tantal. 2018. Potensi limbah blotong PG. Krebet sebagai bahan baku produksi biogas dalam upaya pengembangan industri terintegrasi. *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur)*. 1: A3.1-A3.6.
- Sataral, M., E. Tingakene, & N. Mambuhu. 2021. Kombinasi pupuk NPK dengan kompos kotoran ayam terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascolanicum* L.). *Celebes Agricultural*. 1(2): 8–17.
- Septyani, I.A.P., S. Yasin, & G. Gusmini. 2019. Utilization of Sugarcane filter press mud compost as organic fertilizer for improving chemical properties of ultisols and oil palm seedlings. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22(3): 647–653.
- Siagian, S.W., Y. Yuriandala, & F.B. Maziya. 2021. Analisis suhu, pH dan kuantitas kompos hasil pengkomposan reaktor aerob termodifikasi dari sampah sisa makanan dan sampah buah. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*. 13(2): 166–176.
- Sihombing, R., A. Hanif, N. Putri, V.E. Ahmad, P. Pardila, I.P. Nabila, & S. Sofiyanurriyanti. 2023. Edukasi Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai pupuk organik cair di Kampung Depet Indah. *Karunia: Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat Indonesia*. 2(3): 215–226.
- Suharno, S. Wardoyo, & T. Anwar. 2021. Perbedaan penggunaan komposter an-aerob dan aerob terhadap laju proses pengomposan sampah organik. *Poltekita : Jurnal Ilmu Kesehatan*. 15(3): 251–255.
- Trivana, L., & A.Y. Pradhana. 2017. Optimalisasi waktu pengomposan dan kualitas pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator PROMI dan Orgadec. *Jurnal Sain Veteriner*. 35(1): 136.