

Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi dan Feses Domba dari PT Agro Apis Palacio sebagai Pupuk Organik Padat Berkualitas SNI

(Utilization of Coffee Grounds and Sheep Feces Waste from PT Agro Apis Palacio as SNI Quality Solid Organic Fertilizer)

Arya Avif Alviansyah¹, Tekad Urip Pembudi Sujarnoko¹, Novia Amalia Sholeha¹, Tenti Rahmawati²

Abstrak

Limbah ampas kopi dan feses domba semakin meningkat setiap tahunnya. Salah satu alternatif mengurangi limbah tersebut dengan pembuatan pupuk organik padat sebagai penyeimbang penggunaan pupuk kimia. Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi ampas kopi dan feses domba sebagai produk pupuk organik padat serta mengetahui kualitas pupuk yang dibuat. Metode yang digunakan dalam pembuatan pupuk adalah fermentasi aerob. Kemudian kualitas pupuk diuji mengacu pada SNI 7763:2018 dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA. Pemilihan bahan organik dan kondisi optimal penting dalam pembuatan pupuk organik. Hasil evaluasi ampas kopi dan feses domba memiliki kandungan C-organik sebesar 79,20% dan 73,30%, serta rasio C/N yang seimbang yaitu 20,06 dan 17,64. Pupuk yang dihasilkan berkualitas baik dan memiliki nutrisi hara makro dan mikro serta kadar air, bahan ikutan, pH, C-organik, dan rasio C/N memenuhi persyaratan SNI 7763:2018. Analisis statistik menggunakan ANOVA satu arah menunjukkan semua perlakuan berbeda signifikan dengan formulasi terbaik adalah FPOP3 yaitu penambahan 1:1 EM4 10% v/v dan larutan ragi tape 10% b/v.

Kata Kunci: Ampas Kopi, Fermentasi, Feses Domba, Pupuk Organik Padat

¹Sekolah Vokasi IPB University, Bogor, Indonesia, 16128

²PT Agro Apis Palacio, Bogor, Indonesia, 16230

*Corresponding author:
Arya Avif Alviansyah
aryavifavif@apps.ipb.ac.id

Diterima: 29 April 2025

Direvisi: 28 Mei 2025

Diterbitkan: ... November 2025



Hak Cipta © 2025 CC-BY



Pendahuluan

Penggunaan pupuk kimia semakin meningkat saat revolusi hijau sedang berlangsung. Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2021) mencatat peningkatan penggunaan pupuk kimia di Indonesia dari 6,7 juta ton pada tahun 2009 meningkat menjadi 9,4 juta ton pada tahun 2021. Meskipun diyakini dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman, efek bahaya yang ditimbulkan akan merusak tanah akibat kehilangan bahan organik. Efek bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan pupuk kimia secara intensif dan masif akan menurunkan kandungan bahan organik sehingga tanah rentan erosi. Selain itu, permeabilitas tanah dan populasi mikroorganisme tanah akan menurun juga (Rosalina *et al.* 2021).

Menurut laporan Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, kopi yang diproduksi pada 2022 sebesar 774,96 ribu ton, turun 1,43% dibandingkan tahun 2021 (Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan 2023). Sementara berdasarkan data *International Coffee Organization* (ICO) pada akhir 2021 menyebutkan Indonesia sebagai negara kelima dengan konsumsi kopi terbesar. Hal tersebut menunjukkan bahwa masyarakat Indonesia gemar mengonsumsi kopi. Produksi kopi kemasan maupun kopi asli yang dipasarkan melalui kedai kopi di Indonesia tidak sedikit menyisakan limbah berupa ampas kopi yang dinilai tidak dapat dikonsumsi. Sejumlah penelitian telah dilakukan terhadap ampas kopi, penelitian Maulana *et al.* (2023) menemukan bahwa ampas kopi mengandung 2,28% nitrogen, 0,06% fosfor, dan 0,6% kalium serta pH sekitar 6,2. Selain itu, ampas kopi menyediakan kalsium, belerang, dan magnesium, semuanya baik untuk perkembangan tanaman.

Selain menggunakan ampas kopi, pupuk organik padat umumnya lebih efektif jika berbahan feses domba. Penelitian

Roidah (2013) menjelaskan sifat-sifat pupuk kandang dari feses domba mengandung nitrogen (N) dan kalium (K) dua kali lebih besar daripada feses sapi. Selain kaya akan unsur, pupuk kandang dari feses hewan ternak memiliki komposisi organik yang seimbang seperti serat dan mikroorganisme yang bermanfaat, yang dapat membantu meningkatkan kualitas tanah, struktur tanah, memperbaiki retensi udara, dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan. Pupuk kandang yang dibuat dari feses domba memiliki kandungan nitrogen sebesar 0,55%; fosfor (P_2O_5) 0,31%; dan kalium (K_2O) sebanyak 0,15%.

PT. Agro Apis Palacio yang merupakan perusahaan bergerak dibidang peternakan ruminansia dan pelayanan penanganan limbah industri non-B3 menerima satu ton limbah ampas kopi setiap harinya. Kandangku Farm milik PT. Agro Apis Palacio merupakan kandang ternak domba juga menimbulkan limbah feses domba yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Limbah ampas kopi dan feses domba yang menjadi masalah bagi PT. Agro Apis Palacio akan dimanfaatkan menjadi produk yang dapat dijual kembali dan menjadi keuntungan bagi perusahaan, salah satunya adalah pupuk organik padat.

Produk yang akan dijual perlu dan penting diketahui bagaimana kualitasnya sehingga perlu menggunakan formulasi yang tepat untuk mendapatkan kualitas yang paling tinggi dalam pembuatannya. Melalui pengujian mutu berdasarkan unsur hara makro nitrogen, fosfor, kalium, C-organik, rasio C/N, besi total, dan besi tersedia, penelitian ini bertujuan mengkaji potensi ampas kopi dan feses domba sebagai bahan baku pupuk organik padat. Selain itu juga menentukan formulasi yang tepat untuk pembuatan pupuk organik padat dari ampas kopi dan limbah feses domba. Ragi tape dan EM4™ digunakan dalam proses fermentasi untuk membuat pupuk organik padat.

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: alat gelas kimia seperti jerigen bekas, gelas kimia, gelas arloji, corong, labu takar, gelas ukur, pipet volumetrik, pipet Mohr, pipet tetes, batang pengaduk erlenmeyer, cawan porselen, neraca analitik, termometer, oven, desikator, dan tanur serta radas destilasi. Penelitian membutuhkan instrumen seperti pH meter ATC digital PH-009, Spektrofotometer UV-Vis *Hitachi U-2900*, dan *Atomic Absorption Spectrophotometry Flame* (SSA nyala) *Agilent 240FS AA*. Adapun bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian adalah Limbah Ampas Kopi, Feses Domba, EM4™ pertanian (kemasan kuning), Ragi Tape Ketan, Air, Asam Nitrat (HNO_3 p.a), Asam Perklorat (HClO_4 p.a), Akuades, Kertas Saring, Amonium Molibdat ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$), Besi Sulfat Heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Asam Sulfat (H_2SO_4 98%), Lantanum Nitrat (LaNO_3)₃, Asam Salisilat ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$), Asam Klorida (HCl 37%), Natrium Hidroksia (NaOH p.a), Asam Borat (H_3BO_3), Natrium Tetraborat/ Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Indikator Metil Merah, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Indikator BCG-MR, Larutan *Buffer* pH 4,7, dan 10, Larutan Stok Kalium (K) dan Larutan Stok Besi (Fe), Asam Dietilena Triamina Pentaasetat (DTPA), Trietanolamina (TEA) dan Kalsium Klorida Dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Persiapan Sampel

Sampel ampas kopri dan feses domba dikering udara selama 3 jam untuk memperoleh sampel lebih homogen. Setelah kering, sampel diayak menggunakan mesh No. 40 untuk mendapatkan sampel yang homogen. Selanjutnya untuk penentuan kadar fosfor (P_2O_5), besi total, dan K_2O dapat disiapkan dengan cara destruksi basah (BSN).

Penentuan Kadar Air, Kadar Abu, Kadar Bahan dan C-Organik

Sampel segar ditimbang sebanyak 3-5 gram dalam cawan porselen dengan berat kosongnya telah diketahui. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam oven pada suhu 105°C selama 16 jam. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang berat akhirnya. Penentuan kadar abu ditentukan dengan sampel ditimbang sebanyak 3-5 gram dalam cawan porselen bertutup dan telah diketahui bobot kosongnya. Selanjutnya dimasukkan dalam tanur pada suhu 300°C selama 3 jam, lalu suhu dinaikkan menjadi 550°C selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang berat akhirnya (BSN 2018). Penentuan kadar bahan organik dan C-organik ditentukan berdasarkan rumus:

$$\text{Kadar bahan organik (\%)} = 100\% - (\% \text{kadar air} + \% \text{kadar abu})$$

$$\text{Kadar C-organik (\%)} = \% \text{ bahan organik} \times 0,58$$

Formulasi Pupuk Organik Padat

Pembuatan pupuk organik padat dilakukan dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

Tabel 1. Rancangan Acak Lengkap Formulasi Pupuk Organik Padat

Formulasi	Bahan			
	Ampas Kopi (%)	Feses Domba (%)	EM4 10% v/v (10 mL)	Ragi Tape 10% b/v (mL)
Kontrol	75	25	-	-
FPOP1	75	25	100	-
FPOP2	75	25	-	100
FPOP3	75	25	50	50

Pembuatan dilakukan dengan cara ampas kopri dan feses domba ditimbang sesuai formulasi dengan perbandingan 3:1 kemudian ditambahkan EM4 10% v/v sebanyak 100 mL untuk FPOP1 dan 100 mL ragi tape 10% b/v untuk FPOP2 serta 50 mL EM4 10% v/v + 50 mL ragi tape 10% b/v untuk FPOP3. Setelah dimasukkan ke dalam jeriken, bahan semuanya kemudian diaduk rata dan ditutup dengan rapi. Fermentasi dilakukan selama 2 Minggu. Monitoring suhu dan pH dilakukan setiap hari menggunakan termometer tembak dan pH universal (Modifikasi Adi *et al.* 2020).

Penentuan Bahan Ikutan dan pH

Sebanyak 100-225 g sampel segar dimasukkan ke dalam gelas kimia. Bahan ikutan (kerikil dan kaca) dimasukkan ke dalam gelas kimia lain yang telah diketahui berat kosongnya. Penentuan pH dilakukan dengan sampel sebanyak 5 g dilarukan dalam air 20 mL dan dihomogenkan. Selanjutnya pH diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi (BSN 2018).

Penentuan Kadar Nitrogen dan Rasio C/N

Sampel yang telah dipersiapkan ditimbang sebanyak 0,5 g ke dalam labu Kjeldahl lalu ditambahkan 10 mL asam salisilat 2,5% dalam H_2SO_4 pekat dan didiamkan satu malam. Selanjutnya ditambahkan empat g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan diDestruksi hingga larutan tidak berwarna. Larutan yang telah diDestruksi dipindahkan dalam labu takar 100 mL dan ditera dengan akuades. Selanjutnya sebanyak 4 mL sampel dipindahkan ke labu bulat dan ditambahkan 10 mL NaOH 40%. Larutan penampung pada proses destilasi ada 20 mL asam borat 1% yang telah ditambahkan indicator BCG-MR dalam Erlenmeyer. Setelah diperoleh volume 25-50 mL dalam larutan penampung, dilanjutkan dengan proses titrasi dengan HCl 0,01 N yang telah distandardisasi. Rasio C/N ditentukan dengan membandingkan kadar C-organik (%) dengan kadar Nitrogen total (%) (BSN 2018).

Penentuan Kadar Fosfor (P_2O_5)

Penentuan kadar P_2O_5 diawali dengan membuat larutan induk standar P_2O_5 1000 ppm menggunakan padatan KH_2PO_4 . Selanjutnya larutan induk diencerkan menjadi 25 ppm sebagai larutan kerja. Selanjutnya larutan kerja 25 ppm ditempatkan dalam buret untuk membuat deret standar P_2O_5 dengan cara mengambil sebanyak 0,0; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,0 mL masing-masing ke dalam labu takar 10 mL. Selanjutnya kedalam tabung reaksi ditambahkan dengan 2 mL larutan B kemudian ditepatkan 10 mL menggunakan akuades dan didiamkan selama 10 menit. Sampel hasil destruksi diambil sebanyak 1 mL ke dalam labu takar 50 mL ditera menggunakan akuades lalu diambil kembali sebanyak 0,1 mL ke labu takar 10 mL kemudian ditambahkan 2 mL larutan B dan ditepatkan 10 mL menggunakan akuades lalu dihomogenkan. Diamkan selama 10 menit kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 660 nm (BSN 2018).

Penentuan Kadar Kalium (K_2O)

Pembuatan larutan induk kalium 100 ppm dilakukan dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan standar 1000 ppm ke dalam labu takar 100 mL, tera dan dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan pengenceran untuk membuat larutan stok 10 ppm yaitu dengan 1 mL larutan stok diambil ke labu takar 10 mL. Pembuatan deret standar dilakukan dengan mengambil larutan stok sebanyak 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 dan 2,0 mL untuk membuat deret standar 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 dan 2,0 ppm ke dalam labu takar 10 mL dan ditambahkan lantanum nitrat 0,31% sebanyak 3 mL lalu ditera serta dihomogenkan. Penentuan kadar kalium (K_2O) dilakukan mengambil sebanyak 1 mL larutan sampel hasil destruksi pada 3.3.1 dan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL lalu diencerkan kembali dengan mengambil sebanyak 0,1 mL kedalam labu 10 mL. Kemudian ditambahkan 3 mL lantanum nitrat 0,31% dan ditera menggunakan akuades. Setelah selesai, larutan dipindahkan kedalam tabung reaksi dan diukur menggunakan SSA nyala pada

panjang gelombang 766,5 nm (BSN 2018).

Penentuan Kadar Besi (Fe) Total dan Tersedia

Penentuan kadar Fe diawali dengan membuat deret standar sebanyak 10 mL dari larutan induk 1000 ppm diambil ke labu takar 100 mL lalu ditera menggunakan akuades serta dihomogenkan. Selanjutnya dari larutan standar 100 ppm diambil sebanyak 0,0; 0,4; 0,8; 1,0; 2,0; 3,0 mL untuk membuat deret dengan konsentrasi 0,4,8,10,20 dan 30 ppm kedalam labu takar 10 mL lalu ditambahkan akuades hingga volume 10 mL. Penentuan kadar Fe total dilakukan dengan 1 mL hasil destruksi sampel pada sub subbab 3.3.1 dipindahkan ke labu takar 100 mL lalu diambil kembali 1 mL ke labu takar 10 mL lalu dibaca menggunakan SSA nyala panjang gelombang 248,3 nm. Penentuan Fe tersedia dilakukan dengan menimbang 10 g sampel yang telah dihaluskan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan 20 mL larutan pengekstrak DTPA. Selanjutnya diaduk menggunakan *stirrer* selama 2 jam. Suspensi disaring atau disentrifugasi diambil 1 mL menggunakan pipet dan dipindahkan ke labu takar 100 mL lalu diambil kembali 1 mL ke labu takar 10 mL selanjutnya diukur menggunakan SSA nyala panjang gelombang 248,3 nm (BSN 2018).

Hasil dan Pembahasan

Potensi Ampas Kopi dan Feses Domba

Bahan organik yang digunakan dalam pembuatan pupuk dapat beragam, namun pada penelitian ini berfokus pada penyelesaian masalah limbah yang ada di perternakan kandangku yaitu feses domba dan limbah ampas kopi yang diterima oleh PT. Agro Apis Palacio dari pelanggannya. Namun, untuk menerapkannya, penilaian hara harus dilakukan untuk menunjukkan bahwa ampas kopi dan feses domba berpotensi menjadi bahan utama dalam pupuk organik padat. Analisis nitrogen, kalium sebagai K_2O , fosfor sebagai P_2O_5 , dan kadar C-organik merupakan bagian dari penelitian awal.

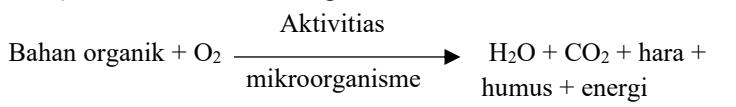
Tabel 2. Kandungan Hara pada Ampas Kopi dan Feses Domba (Sebelum Fermentasi)

Sampel Limbah	Hasil (%)					
	Bahan Organik	C-organik	Nitrogen	Fosfor (P_2O_5)	Kalium (K_2O)	Rasio C/N
Ampas Kopi	79,20	45,94	2,29	0,67	0,82	20,06
Feses Domba	73,30	42,51	2,41	1,21	1,52	17,64

Berdasarkan hasil nutrisi kedua bahan yang akan digunakan memenuhi nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Kadar C-organik dan rasionya terhadap nitrogen menandakan bahan tersebut merupakan bahan yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik padat karena memiliki kesetimbangan unsur hara yang sesuai syarat mutu. Kandungan bahan organik yang kemudian dikonversi menjadi kandungan C-organik memiliki peranan yang penting dalam jangka panjang pengelolaan tanah sehingga mampu mempertahankan kesinambungan usaha tani. Maka dari itu, sangat penting dalam memperhatikan dan mempertahankan kadar bahan organik yang akan dijadikan sebagai pupuk organik padat. Selain rasio kandungan karbon terhadap nitrogen, rasio terhadap unsur hara lainnya juga perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan organik untuk pupuk organik padat karena apabila terlalu besar perbandingannya akan terjadi imobilisasi yaitu pengurangan jumlah unsur hara dalam tanah oleh mikroorganisme tanah sehingga tanaman akan menyerap unsur dalam jumlah yang sedikit (Roidah 2013).

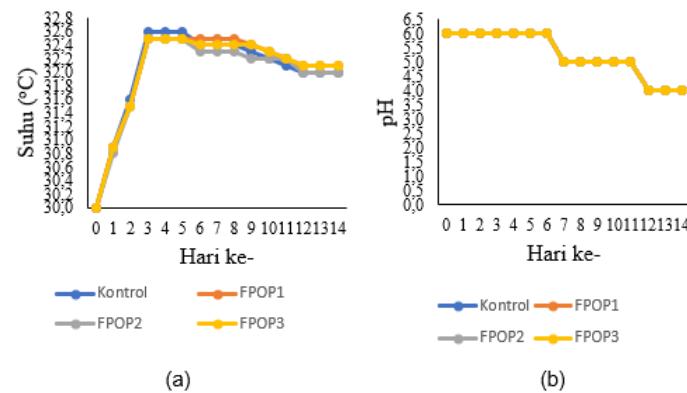
Monitoring pH dan Suhu pada Fermentasi Pupuk Organik Padat

Proses fermentasi (pengomposan) merupakan cara sederhana untuk mengubah bahan organik, seperti sisa makanan dan bahan tumbuhan, menjadi komposisi yang kaya nutrisi. tiga fase utama dari proses ini adalah fase mesofilik, termofilik, dan pematangan. Setiap fase ditandai dengan aktivitas mikroorganisme spesifik yang terlibat dalam penguraian bahan organik dan berbagai reaksi kimia yang terjadi. Fase pertama (mesofilik) adalah penguraian bahan organik yang lebih sederhana, fase kedua disebut termofilik dan menghentikan penguraian bahan organik kompleks pada suhu tinggi, fase ketiga disebut pematangan karena menghasilkan humus yang stabil dan kaya nutrisi (Meena *et al.* 2021). Reaksi sederhana sebagai berikut:



Gambar 1 Reaksi proses fermentasi pupuk semi-aerob (Costa 2014)

Proses fermentasi dilakukan dengan wadah tertutup rapat untuk mengontrol udara dalam wadah, mencegah masuknya pencemar dari lingkungan sekitar dan menjaga pH, suhu. Serta kelembapan yang optimal dalam proses fermentasi. Maka dari itu penting untuk mengontrol pH dan suhu saat proses pembuatan pupuk. Adapun hasil monitoring sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Monitoring (a) Suhu dan (b) pH pada Proses Fermentasi

Hasil monitoring yang telah dilakukan meskipun suhu pada keempat perlakuan berbeda namun dijelaskan pada Gambar 2(a) bahwa pada saat pencampuran suhu mencapai 30°C yang kemudian naik hingga 32,4–32,6°C kemudian turun perlahan hingga 32,0–32,4°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara keseleuruhan proses fermentasi yang dilakukan pada suhu 30–32,6°C belum optimal. Suhu dapat mempengaruhi proses fermentasi karena pertumbuhan mikroorganisme itu sendiri yang dipengaruhi oleh suhu dan setiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang berbeda-beda. Sulianti *et al.* (2021) menyebutkan bahwa suhu optimal untuk proses fermentasi adalah 40°C. Meskipun demikian, penelitian Sulianti juga mendapat masalah yang sama dengan penelitian ini yaitu suhu fermentasi belum optimal karena proses pengadukan dan pengaruh kondisi tempat fermentasi akibat adanya oksigen dalam jumlah kecil akan menghasilkan uap air yang menyebabkan suhu tidak dapat mencapai keadaan optimalnya. Sulianti menjelaskan proses pembalikan dilakukan dalam proses pembuatan pupuk akan mengakibatkan suhu turun dan kemudian naik kembali. Monitoring suhu yang belum optimal mengindikasikan bahwa proses fermentasi masih dapat dilanjutkan hingga mencapai suhu optimal untuk mengoptimalkan proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Namun, Ekawandani dan Halimah (2021) menjelaskan bahwa suhu proses fermentasi yang baik adalah 25–55°C sehingga penelitian ini dapat

dikategorikan berjalan dengan baik dalam proses pembuatan pupuk.

Berdasarkan Gambar 2 (b), Monitoring pH semakin turun seiring berjalannya waktu. Semakin lama waktu fermentasi maka pH proses fermentasi akan semakin turun. Penelitian yang dilakukan sejalan dengan yang dilakukan oleh Sulfianti *et al.* (2021) yang menjelaskan pH akan turun atau menjadi asam ketika beberapa jenis mikroba memecah molekul organik dan menghasilkan asam organik sederhana. Selain itu, jika proses fermentasi berlanjut, bakteri lain akan mengonsumsi asam organik sehingga menyebabkan pH kembali meningkat. pH diturunkan selama fermentasi oleh mikroorganisme yang bertindak sebagai bioaktivator karena mereka menghasilkan asam organik seperti asam laktat, asetat, dan piruvat.

Kualitas Pupuk Organik Padat

Setelah dilakukan proses fermentasi didapatkan hasil pupuk organic padat berbau alkohol seperti tape kecuali kontrol, terdapat air pada penutup dan wadah menggelembung. Hasil tersebut telah sesuai dengan yang dijelaskan oleh Efeline *et al.* (2018) bahwa ciri-ciri yang disebutkan menandakan pupuk telah matang. Adapun hasil pengujian sesuai SNI pupuk sebagai berikut:

Tabel 3. Kualitas Pupuk Organik Padat Berdasarkan Paramater SNI 7763:2018

Parameter	Kontrol	FPOP1	FPOP2	FPOP3	PKP*	P-value	SNI
C-organik (%)	35,29 ± 0,01 ^a	36,42 ± 0,06 ^c	35,83 ± 0,10 ^b	36,89 ± 0,05 ^d	35,31	< 0,001	Min. 15
Rasio C/N	7,57 ± 0,22 ^a	8,39 ± 0,16 ^b	8,43 ± 0,04 ^b	7,91 ± 0,28 ^a	17,85	0,002	Mak.25
Bahan ikutan (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	Maks.2
Kadar Air (%)	9,92 ± 0,09 ^a	11,51 ± 0,03 ^b	11,66 ± 0,12 ^b	11,65 ± 0,15 ^b	-	< 0,001	8-15
pH	6,3	6,4 ± 0,06	6,4	6,4	-	-	4-9
Total hara makro (%)	8,41 ± 0,15 ^a	8,4 ± 0,10 ^a	8,53 ± 0,10 ^a	9,64 ± 0,20 ^b	4,70	< 0,001	Min.2
Fe total (mg/kg)	1010,41 ± 8,02 ^a	1041,56 ± 15,99 ^b	1046,47 ± 11,47 ^b	1074,05 ± 12,02 ^c	-	0,002	Maks. 15000
Fe tersedia (mg/kg)	99,32 ± 1,09 ^a	103,46 ± 0,51 ^b	107,93 ± 0,26 ^c	110,6 ± 0,30 ^d	-	< 0,001	Maks. 500

Penurunan C-organik pada formulasi tanpa penambahan mikroorganisme (kontrol) dikarenakan dekomposisi alami oleh mikroorganisme yang terdapat pada limbah ampas kopi maupun feses domba sehingga C-organik dapat turun. Keempat perlakuan menunjukkan bahwa terjadinya perombakan senyawa karbon sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang kemudian mensintesis protein dengan unsur nitrogen. Kandungan C-organik pada semua formulasi merupakan kandungan yang baik untuk diaplikasikan pada tanaman. Proses perombakan protein melibatkan bakteri penambat nitrogen secara non simbiotik (Pandi *et al.* 2023). Sedangkan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang melepaskan nitrogen dan amoniak akan meningkatkan nilai N total bahan organik dan meningkatkan kandungan N total dalam pupuk. Pupuk yang dibuat memiliki kandungan C-organik yang sama dengan pupuk kandang komersial. Meski demikian, pupuk tersebut masih memenuhi SNI 7763:2018 yang menyatakan bahwa pupuk organik padat harus mengandung kandungan C-organik minimal 15%. Oleh karena itu, ketika mempertimbangkan kandungan C-organik, FPOP3 adalah formulasi terbaik. Sebaliknya, pupuk tanpa mikroorganisme (kontrol) memiliki kadar C-organik paling rendah.

Rasio C/N yang diperoleh merupakan sumber unsur hara yang penting bagi tanah. Kandungan karbon yang tinggi dikombinasikan dengan nitrogen yang tidak mencukupi menghasilkan rasio C/N yang terlalu tinggi. Hal tersebut menyebabkan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme

Terhambat karena tidak cukup energi untuk merombak bahan yang terlalu tinggi serta mikroorganisme tidak dapat tumuh dengan baik. Sebaliknya jika rasio C/N terlalu rendah, proses dekomposisi oleh mikroorganisme terlalu cepat sehingga menyebabkan terbentuknya amonia dan nitrogen akan hilang ke udara sehingga tanaman yang diberi pupuk dengan rasio C/N terlalu rendah akan kekurangan nitrogen. Tidak hanya itu, proses dekomposisi yang cepat juga mengakibatkan pelepasan unsur hara yang lebih cepat juga sehingga menghilangkan keseimbangan tanah (Nopsagiarti *et al.* 2020). Berdasarkan hasil yang diperoleh, seluruh pupuk telah memenuhi standar SNI 7763:2018 yang mensyaratkan rasio C/N tidak lebih dari 25%. Selain itu, rasio C/N yang dihasilkan tidak terlalu rendah, sehingga mampu menjaga keseimbangan unsur tanah.

Bahan ikutan dalam pupuk organik padat tidak ditemukan karena bahan yang digunakan hanya berasal dari ampas kopi dan feses domba dengan lingkungan yang tertutup sehingga tidak ada bahan-bahan ikutan lainnya dalam pupuk organik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pupuk semua formulasi masuk dalam persyaratan pupuk organik padat. Kadar air pupuk organik yang dibuat mengalami peningkatan daripada bahan-bahan organik yang digunakan karena pengaruh dari EM4 dan larutan ragi tape dalam bentuk cairan. Selain itu, proses fermentasi yang dilakukan juga menghasilkan CO₂ dan H₂O yang dalam kondisi tutup akan menjadikan kadar air hasil fermentasi lebih tinggi. Hasil kadar air pupuk organik yang dibuat memiliki nilai yang memenuhi persyaratan SNI 7763:2018 dengan syarat kadar air pupuk organik padat pada rentang 8–25% (pupuk dalam keadaan kering).

Unsur hara pada umumnya lebih mudah diserap pada kondisi pH netral karena apabila pH tanah dalam keadaan asam atau basa mengakibatkan unsur K tidak dapat diserap oleh tanaman karena terfiksasi. Jeksen dan Mutiara (2017) mengatakan karena pemberian pupuk anorganik secara terus menerus mengganggu keseimbangan unsur hara dalam tanah, maka perlu juga pemberian pupuk organik yang kualitasnya sangat bergantung pada bahan organik yang digunakan. Penelitian yang dilakukan berhasil membuat pupuk organik dengan pH ke arah netral yang menandakan bahwa pupuk yang dibuat memenuhi persyaratan SNI 7763:2018.

Unsur hara makro baik nitrogen, fosfor, maupun kalium merupakan unsur hara penting dan utama yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan pupuk organik. Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam fase vegetatif tanaman. Nitrogen sering kali meningkat selama proses fermentasi karena amonia dan nitrogen dihasilkan selama penguraian mikroorganisme. Setelah itu, air hasil fermentasi dan nitrogen akan bereaksi menghasilkan NO₃⁻ dan H⁺. Karena NO₃⁻ bereaksi menghasilkan N₂ dan N₂O, ia sangat mobile, larut dalam air, dan tidak tertinggal dalam koloid tanah, yang menyebabkan hilangnya gas nitrogen. Hilangnya nitrogen ini dikompensasi pembalikan pupuk untuk mengurangi kadar airnya, menyediakan O₂ yang cukup bagi mikroorganisme untuk memecah protein menjadi amonia (NH₄⁺) dan memastikan proses aerasi yang baik (Trivana *et al.* 2017).

Tanaman membutuhkan fosfor untuk menghasilkan bunga, buah, dan biji serta untuk mempercepat pematangan buah. Tumbuhan hanya dapat mengambil fosfor dalam bentuk HPO₄²⁻ dan H₂PO₄⁻, tidak dapat menyerap bentuk lain (Jeksen dan Mutiara 2017). Kadar nitrogen yang tinggi juga mempengaruhi kandungan fosfor, sehingga mendorong pertumbuhan mikroba pengurai fosfor. Dalam kebanyakan kasus, unsur kalium juga dilarutkan dari sumber organik oleh bakteri pelarut fosfat. Mikroorganisme dalam bahan dasar menggunakan kalium sebagai katalis. Peningkatan kadar kalium sangat dipengaruhi oleh keberadaan dan aktivitas bakteri.

Bakteri dan jamur memiliki kemampuan untuk mengikat dan menyimpan kalium di dalam selnya (Trivana *et al.* 2017). Bagi tanaman, kalium diperlukan untuk perkembangan akar baru, kekokohan batang tanaman, pertahanan tubuh terhadap penyakit dan hama, serta sintesis protein dan karbohidrat (Ni'mah *et al.* 2020). Hasil total unsur hara makro yang didapat >2% Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan kontrol, FPOP1, dan FPOP2 berbeda signifikan dengan FPOP3 artinya penambahan lebih dari satu jenis mikroba akan mempengaruhi total unsur hara makro. Meskipun demikian, Hasil formulasi telah memenuhi persyaratan SNI 7763:2018.

Unsur hara mikro seperti kandungan Fe total maupun Fe tersedia juga dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah tidak banyak. Besi (Fe) pada tanaman berperan dalam pembentukan klorofil dan fotosintesis tanaman, kekurangan unsur Fe akan menyebabkan klorotik pada tanaman yang lebih muda dan apabila kelebihan akan meracuni tanaman (Agustin *et al.* 2023). Pupuk organik yang berkualitas baik memiliki kadar yang <15.000 mg/kg untuk Fe total dan <500 mg/kg untuk Fe tersedia menurut SNI 7763:2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua formulasi baik unsur Fe total dan Fe tersedia masih dibawah standar mutu yang artinya kualitas pupuk yang dibuat memiliki kualitas baik.

Berdasarkan pengujian, formulasi terbaik adalah FPOP4, FPOP3, FPOP2, kontrol. Perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar besi total dan besi tersedia. Berdasarkan parameter C-organik, kadar air, total hara makro, Fe total, dan Fe tersedia menunjukkan FPOP3 merupakan formulasi yang terbaik didukung tidak adanya bahan ikutan serta pH ke arah netral menjadikan formulasi dengan penambahan 1:1 larutan EM4 10% v/v dan larutan ragi tape 10% b/v merupakan perlakuan yang tepat untuk mengatasi masalah limbah ampas kopi dan feses domba.

Kesimpulan

Pemanfaatan limbah ampas kopi PT. Agro Apis Palacio dan feses domba Kandangku Farm dapat dimanfaatkan secara optimal apabila diolah sebagai produk pupuk organik padat karena potensinya yang memiliki unsur C-organik dan C/N rasio tinggi dan seimbang yang dibutuhkan oleh tanaman. Hal tersebut terbukti pada formulasi yang dibuat dengan empat perlakuan berbeda. Semua kualitas formulasi pupuk yang dibuat memiliki kualitas yang memenuhi persyaratan SNI 7763: 2018 tentang pupuk organik padat pada semua parameter. Setelah dilakukan analisis statistik menggunakan ANOVA satu arah diperoleh bahwa semua perlakuan berpengaruh signifikan (nyata) terhadap parameter yang diuji serta hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan FPOP3 yaitu dengan penambahan EM4 10% v/v larutan ragi tape 10% b/v perbandingan 1:1 merupakan kualitas formulasi yang terbaik dengan unsur-unsur hara paling tinggi serta merupakan perlakuan yang tepat untuk mengatasi limbah ampas kopi dan feses domba.

Daftar Pustaka

- Adi H, Winarti C, Warsiyah. 2020. Kualitas pupuk organik limbah ampas kelapa dan kopi terhadap pertumbuhan tanaman. *JRL*. 18(2):1–18.
- Agustin H, Warid, Musadik IM. 2023. Kandungan nutrisi kasgot larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucensi*) sebagai pupuk organik. *JIPI*. 25(1):12–18.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2018. Standar Nasional Indonesia Nomor 7763 Tahun 2018 Tentang Pupuk Organik Padat. Jakarta.
- Costa M. 2014. Carbon Mass balance in the first phase of semiaerobic-anaerobic-aerated (S.An.A) Landfil Model. University of Padua.
- Efelina V, Purwanti E, Dampang S, Rahmadewi R. 2018. Sosialisasi pembuatan pupuk organik cair dari batang pohon pisang di Desa Mulyajaya Kecamatan Teluk Jambe Timur Kabupaten Karawang. *Senadimas*. 1(1):357–359.
- Ekawandani N, Halimah N. 2021. Pengaruh penambahan mikroorganisme lokal (MOL) dari nasi basi terhadap pupuk organik cair cangkang telur. *BIOSFER*. 6(2):78–85.
- Jeksen J, Mutiara C. 2017. Analisis kualitas pupuk organik cair dari beberapa jenis tanaman leguminosa. *J Pendidik MIPA*. 7(2):124–130.
- [Kementerian RI] Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2021. Data Penggunaan Pupuk di Indonesia. [diakses 2024 Jun 20]. [Pertanian.go.id](https://www.pertanian.go.id).
- Maulana M, Anggaraini D, Yofinaldi S, Wirayuda R. 2023. Pemanfaatan limbah ampas kopi menjadi pupuk organik. *J Sains Teknol dalam Pemberdaya Masy*. 4(1):9–14.
- Meena AL, Karwal M, Dutta D, RP M. 2021. Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. *Agric Food*. 03(01):85–90.
- Ni'mah G, Hidayatullah A, Djaya M. 2020. Uji kualitas pupuk organik padat dari vegetasi lahan gambut berdasarkan peraturan menteri pertanian No. 70 Tahun 2011 di Banjarmasin Kalimantan Selatan. Di dalam: *Prosiding Hasil-Hasil Penelitian tahun 2020*. Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan. hlm 242–252.
- Nopsagliarti T, Okalia D, G M. 2020. Analisis C-organik, nitrogen dan C/N tanah pada lahan agrowisata Beken Jaya. *J AGROSAINS dan Teknol*. 5(1):11–18.
- Pandi J, Nopsagliarti T, Okalia D. 2023. Analisis C-organik, nitrogen, rasio C/N pupuk organik cair dari beberapa jenis tanaman pupuk hijau. *J Green Swarnadwipa*. 12(1):146–155.
- Roidah IS. 2013. Manfaat penggunaan pupuk organik untuk kesuburan tanah. *J Univ Tulungagung BONOROWO*. 1(1):30–42.
- Rosalina F, Sukmawati S, Febriadi I. 2021. Sosialisasi pemanfaatan limbah organik sebagai upaya pengurangan ketergantungan pupuk kimia kepada kelompok tani di Kelurahan Majener. *DedikasiMU J Community Serv*. 3(4):1190.
- Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan. 2023. *Statistik Kopi Indonesia (Indonesia Coffe Statistics)* 2022. Ed ke-7. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Sulfianti, Risman, Saputri I. 2021. Analisis NPK pupuk organik dari berbagai jenis air cucian beras dengan metode fermentasi yang berbeda. *Agrotech*. 11(1):36–42.
- Trivana L, Pradhana AY, Manambangtua AP. 2017. Optimalisasi waktu pengomposan pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator EM4. *J Sains dan Teknol Lingkung*. 9(1):16–24.