

PRODUKSI PUPUK ORGANIK PADAT DARI LIMBAH SERABUT KELAPA SAWIT DENGAN BAHAN PENUTUP GEOTEKSTIL

Fahrizal Hazra*¹, Deden Saprudin², Mohammad Khotib³, Kevin Setiawan⁴

^{1,4}Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

^{2,3}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

E-Mail: fahrizalha@apps.ipb.ac.id (*Corresponding author)

Submit: 21-6-2022

Revisi: 15-11-2022

Diterima: 30-1-2023

ABSTRAK

Produksi Pupuk Organik Padat dari Limbah Serabut Kelapa Sawit dengan Bahan Penutup Geotekstil. Serabut kelapa sawit memiliki C/N rasio yang tinggi sehingga dalam pemanfaatannya sebagai pupuk organik padat diperlukan proses pengomposan agar dapat menurunkan C/N rasio. Bahan penutup yang baik diperlukan dalam proses pengomposan guna menghasilkan pupuk organik padat yang efektif dan memenuhi syarat mutu. Tujuan penelitian ini adalah memproduksi pupuk organik padat dari limbah serabut kelapa sawit menggunakan bahan penutup geotekstil dengan perbandingan penutup plastik, serta dilakukan pengujian kualitas fisik, kimia, dan biologi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 2×2 . Faktor pertama merupakan bahan penutup (P), yang terdiri atas 2 taraf yaitu, bahan penutup geotekstil (P1) dan bahan penutup plastik (P2). Faktor kedua adalah penambahan mikroba (C), yang terdiri 2 taraf yaitu, tanpa penambahan mikroba (C0), dan dengan penambahan mikroba (C1). Proses pengomposan dilakukan selama 30 hari dan dilakukan pembalikan setiap 3 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi pupuk organik padat kualitas terbaik terdapat pada perlakuan dengan bahan penutup geotekstil yang menghasilkan warna coklat kehitaman dan beraroma seperti tanah, pH dan total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) yang telah memenuhi syarat berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019, serta total mikroba yang sangat tinggi.

Kata kunci: Kualitas pupuk, Mikroba, Peraturan Menteri Pertanian, Respirasi, Total mikroba.

ABSTRACT

Production of Solid Organic Fertilizer from Palm Oil Fiber Waste with Geotextile Cover Material. Oil palm fiber has a high C/N ratio so in its utilization as a solid organic fertilizer, a composting process is needed in order to reduce the C/N ratio. Good cover material is needed in the composting process in order to produce an effective solid organic fertilizer and meet quality requirements. The objective of this research was to produce solid organic fertilizer from palm oil fiber waste using a geotextile cover material with a plastic cover comparison, as well as physical, chemical, and biological quality tests. This study used a 2×2 completely randomized design (CRD). The first factor is the covering material (P), which consists of 2 levels, namely, geotextile covering material (P1) and plastic covering material (P2). The second factor is the addition of microbes (C), which consists of 2 levels, namely, without the addition of microbes (C0) and with the addition of microbes (C1). The composting process is carried out for 30 days and is turned off every 3 days. The results showed that the production of the best quality solid organic fertilizer was found in the treatment with geotextile covering material which produces a blackish brown color and has a soil-like aroma, pH and total macronutrients ($N+P_2O_5+K_2O$) which have met the requirements based on the Decree of the Minister of Agriculture No. 261 of 2019, as well as a very high microbial total.

Keywords: Microbes, Minister of Agriculture Regulations, Quality of Fertilizers, Respiration, Total microbes.

1. PENDAHULUAN

Bahan organik di wilayah tropis mengalami proses penguraian yang berlangsung relatif cepat, sehingga pupuk

organik yang berperan sebagai pemasok bahan organik bagi tanah diperlukan dalam jumlah besar. Aplikasi pupuk anorganik tanpa diimbangi dengan pupuk

organik berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah seperti kerusakan struktur tanah serta berkurangnya aktivitas biologi tanah.

Pupuk organik berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Pupuk organik dapat diproduksi dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan dasar. Penggunaan limbah pertanian untuk pupuk organik juga dapat mewujudkan pengelolaan pertanian yang lebih baik dan mendukung peningkatan kualitas lahan (Sanz et al., 2022; Karyaningsih, 2012).

Salah satu limbah pertanian yang merupakan produk dari kegiatan pengolahan kelapa sawit adalah serabut kelapa sawit. Rata-rata serat yang dihasilkan adalah 400 g per tandan buah segar (Madusari et al., 2019). Sekitar seperlima produksi kelapa sawit merupakan minyak sawit sebagai produk utama, sedangkan yang lainnya merupakan bagian dari tandan buah olahan yang tersisa sebagai limbah biomassa (Babinszki et al., 2021), sehingga produk sampingan atau limbah yang terbentuk dalam jumlah besar, yaitu jutaan ton setiap tahun. Pemanfaatan limbah serabut kelapa sawit masih terbatas, sering kali digunakan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan di sisi lain serabut kelapa sawit memiliki kadar hara yang tinggi. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kamal (2014), menyebutkan bahwa serabut kelapa sawit mengandung 0,320% N; 0,080% P; 0,470% K; 0,020% Mg, dan 0,110% Ca, sehingga serabut kelapa sawit berpotensi dijadikan sebagai bahan dasar dalam produksi pupuk organik padat, namun serabut kelapa sawit memiliki rasio C/N awal sekitar 71 (Tania et al., 2019). Nilai C/N rasio tersebut tergolong sangat tinggi, sehingga dalam pemanfaatannya sebagai pupuk organik perlu dilakukan pengomposan. Produk dari proses

pengomposan yaitu nilai C/N rasio material yang lebih kecil dibandingkan material sebelum terdekomposisi (Oyewusi et al., 2021; Sanz et al., 2022).

Produksi pupuk organik padat memerlukan bahan penutup yang berdaya guna menjaga suhu yang naik tetap pada kondisi panas, sehingga gulma serta mikroba yang merugikan tidak mampu bertahan hidup. Bahan penutup yang umum digunakan dalam produksi pupuk organik secara konvensional adalah plastik. Bahan penutup plastik memiliki karakteristik bahan yang tidak berpori, sehingga kekurangan suplai oksigen dapat terjadi selama proses inkubasi. Hal tersebut dapat berakibat pada kecepatan dekomposisi dan kualitas pupuk yang dihasilkan.

Salah satu produk non-woven yang diproduksi oleh PT. Hilon Indonesia yaitu *geotextile*, dapat berpotensi untuk diaplikasikan sebagai bahan penutup dalam produksi pupuk organik padat. Geotekstil merupakan bahan polimer tidak teranyam yang pembentukannya melalui proses mekanis dengan menggunakan jarum-jarum kecil atau disatukan dengan suhu tinggi. Geotekstil memiliki karakteristik bahan yang berpori sehingga jika diaplikasikan sebagai bahan penutup tidak terjadi kekurangan suplai oksigen selama proses dekomposisi, dengan demikian dapat mempercepat dekomposisi.

Kecepatan dekomposisi dan kualitas pupuk organik padat bergantung pada kondisi yang mempengaruhi aktivitas mikroba, salah satunya adalah suplai oksigen, sehingga penggunaan bahan penutup yang baik dapat mempengaruhi kualitas pupuk yang dihasilkan (Nur et al., 2016). Penelitian ini diharapkan mampu menunjukkan bahan penutup yang baik digunakan dalam produksi pupuk organik padat dan menghasilkan pupuk yang efektif dari aspek kualitas fisik, kimia, maupun

biologi, serta memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 Tentang Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah. Tujuan penelitian ini adalah memproduksi pupuk organik padat dari limbah serabut kelapa sawit menggunakan bahan penutup geotekstil dengan pembanding penutup plastik, serta dilakukan pengujian kualitas fisik, kimia, dan biologi.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jasa Pengujian, Sertifikasi dan Kalibrasi, IPB Kampus Baranangsiang dan Laboratorium Bioteknologi, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB Kampus Dramaga. Penelitian dilaksanakan pada Desember 2021-Maret 2022.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah limbah serabut kelapa sawit (berupa serat bukan serbuk), bahan penutup geotekstil (*Geotextile* 400 gsm *Green*) yang diperoleh dari PT. Hilon Indonesia, bahan penutup plastik, pupuk hayati (dekomposer dan mikrob potensial lainnya), urea, dolomit, aquades, alkohol

70%, larutan fisiologis steril, *nutrient agar*, KOH 0,2 N, HCl 0,1 N, indikator *fenolflatalein*, dan *methyl orange*.

Alat yang digunakan adalah sekat triplek (60 × 60 × 30 cm), *sprayer* 2L, meteran, penggaris, gelas ukur 5L, *autoclave*, tabung reaksi, Erlenmeyer, *shaker*, *laminar air flow*, Bunsen *burner*, mikropipet, *bluetip*, *vortex mixer*, cawan petri, gelas piala, gelas ukur, stoples, alat tulis, label, botol film, pipet, buret, *UV vis* spektrofotometer *Shimadzu* 1280, Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Agilent 200 Series AA*, kertas saring dan alat laboratorium lainnya.

2.3. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dalam percobaan faktorial yang terdiri atas 2 faktor perlakuan, yang masing-masing terdiri atas 2 taraf perlakuan.

Faktor I : Bahan penutup (P) yang terdiri dari 2 taraf:

P1: bahan penutup geotekstil

P2: bahan penutup plastik

Faktor II : Penambahan mikrob (C) yang terdiri dari 2 taraf:

C0: tanpa penambahan mikrob

C1: dengan penambahan mikrob

Satuan percobaan diacak sesuai dengan rancangannya, sehingga diperoleh desain percobaan seperti yang disajikan pada Gambar 1.

P1C0	P1C1	P2C1	P2C0
------	------	------	------

Gambar 1. Layout Desain Percobaan

Keterangan:

P1 = bahan penutup geotekstil

C0 = tanpa penambahan mikrob

P2 = bahan penutup plastik

C1 = dengan penambahan mikrob

2.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan Baku dalam Produksi Pupuk Organik Padat

Limbah serabut kelapa sawit berupa serat (bukan seperti serbuk) dihomogenkan, kemudian ditimbang sebanyak 8 kg untuk setiap satuan percobaan. Sekat berbahan triplek disiapkan berbentuk kubus tanpa sisi tutup dan sisi alas dengan ukuran $60 \times 60 \times 30$ cm. Seluruh permukaan dan bagian dalam triplek dilapisi oleh bahan penutup (termasuk sisi tutup dan alas) sesuai dengan masing-masing perlakuan.

Sekat triplek yang sudah terlapisi oleh bahan penutup diberi tanda sesuai dengan kode satuan percobaan, dan disusun sesuai dengan posisi yang telah ditentukan berdasarkan hasil pengacakan. Urea dan dolomit ditimbang secara berturut sebanyak 8 g dan 4 g. Mikrob yang ditambahkan berasal dari pupuk hayati yang mengandung dekomposer dan mikrob potensial lainnya.

Inokulasi, Inkubasi dan Pembalikan

Limbah serabut kelapa sawit yang telah ditimbang sebanyak 8 kg dimasukkan ke dalam masing-masing sekat triplek. Urea dan dolomit diberikan pada seluruh satuan percobaan sebagai perlakuan dasar. Dolomit ditambahkan pada limbah serabut kelapa sawit dengan cara ditabur merata secara bertahap disertai dengan pengadukan, dilanjutkan dengan penambahan urea dan juga mikrob. Mikrob yang ditambahkan sebanyak 10 ml/liter air (Salim, 2015). Penambahan mikrob sebanyak 10 ml/liter air dilakukan secara bertahap pada hari ke-3, ke-6, dan ke-9 masa inkubasi. Inkubasi dilakukan dengan menutup rapat bahan penutup selama 30 hari, serta dilakukan pembalikan dan penyiraman (jika diperlukan) setiap 3 hari sekali pada seluruh perlakuan. Seluruh satuan percobaan dibasahi dengan aquades.

2.5. Pengamatan Kualitas Fisik, Analisis Kualitas Kimia, dan Analisis Kualitas Biologi

Limbah serabut kelapa sawit sebelum diberi perlakuan (hari ke-0), dianalisis baik kualitas fisik, kimia, maupun biologi. Analisis yang serupa dilakukan pada limbah serabut kelapa sawit setelah diberi perlakuan pada hari ke-15 dan hari ke-30 masa inkubasi. Limbah serabut kelapa sawit diambil sebanyak ± 500 g sebagai sampel.

Pengamatan Kualitas Fisik

Kualitas fisik pupuk organik padat diamati berdasarkan parameter warna dan bau. Pengamatan perubahan warna dan bau dilakukan secara langsung di lapangan. Pengamatan kualitas fisik dilakukan di Laboratorium Jasa Pengujian, Kalibrasi dan Sertifikasi, IPB Kampus Baranangsiang.

Analisis Kualitas Kimia

Kualitas kimia yang dianalisis berupa pH, C/N rasio, dan total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$). Metode yang digunakan untuk analisis pH menggunakan acuan metode pada APHA 23rd (2017): 4500-H+.B; N-total (%) dengan metode Titrimetri-Kjeldahl (IK.LP-04.5-LT-1.0), P_2O_5 (%) dengan acuan metode APHA 23rd (2017): 4500-P.D dan K_2O (%) dengan prosedur kerja mengikuti Laboratorium Jasa Pengujian, Kalibrasi dan Sertifikasi, IPB Kampus Baranangsiang (IK.LP-04.10-LT-1.0). Analisis kualitas kimia dilakukan di Laboratorium Jasa Pengujian, Kalibrasi dan Sertifikasi, IPB Kampus Baranangsiang.

Analisis Kualitas Biologi

Parameter kualitas biologi yang dianalisis meliputi total mikrob dan respirasi mikrob. Total mikrob ditetapkan dengan metode cawan hitung yang dilakukan pada pengenceran 10^{-6} , 10^{-7} ,

dan 10^{-8} . Media tumbuh yang digunakan dalam analisis total mikrob yaitu *Nutrient Agar* (NA) dengan komposisi 28 g NA/liter. Isolasi total mikrob dilakukan pada *laminar air flow* guna terhindar dari kontaminasi mikrob lain yang tidak diinginkan. Respirasi mikrob mencerminkan aktivitas mikrob melakukan dekomposisi. Respirasi mikrob dianalisis menggunakan metode Verstraete (1981), untuk menetapkan jumlah CO_2 yang dihasilkan oleh mikrob. Analisis kualitas biologi dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB Kampus Dramaga.

2.6. Penilaian Kualitas Pupuk Organik Padat

Kualitas fisik, kimia, dan biologi pupuk organik padat yang dihasilkan antara perlakuan P1 (bahan penutup geotekstil) dan perlakuan P2 (bahan penutup plastik) dibandingkan dengan mengacu syarat mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019. Hasil analisis kualitas kimia ditinjau untuk dapat dinilai kesesuaiannya dengan standar mutu yang telah ditetapkan pada Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019 (Tabel 1.).

Tabel 1. Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik Padat berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019.

Parameter	Satuan	Standar Mutu
pH	-	4-9
Total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$)	%	Minimum 2
C/N	-	≤ 25

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Awal (Sebelum diberi perlakuan)

Analisis kualitas fisik, kimia, dan biologi limbah serabut kelapa sawit sebelum diberi perlakuan (hari ke-0) dapat ditinjau pada Tabel 2. Limbah serabut kelapa sawit sebelum diberi perlakuan menunjukkan warna kuning dan tidak berbau. Hal ini terjadi karena belum terjadi proses dekomposisi. pH limbah serabut kelapa sawit sebelum diberi perlakuan telah sesuai dengan Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk

Organik Padat berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019, namun total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) dan C/N rasio masih belum memenuhi syarat mutu. Untuk dapat meningkatkan hara dan menurunkan C/N rasio diperlukan proses pengomposan (Oyewusi et al., 2021; Sanz et al., 2022). Jumlah mikrob yang terkandung pada limbah serabut kelapa sawit tergolong tinggi, yaitu sebesar $0,66 \times 10^9$ CFU/g, disertai dengan aktivitas mikrob sebesar 13,71 mg C- CO_2 /kg/hari, sehingga kedua parameter kualitas biologi tersebut dapat mendukung proses pengomposan.

Tabel 2. Hasil analisis kualitas fisik, kimia, dan biologi limbah serabut kelapa sawit sebelum diberi perlakuan (hari ke-0).

Fisik	Warna			Bau		
	Kuning			Tidak berbau		
Kimia	pH	N-total (%)	P-total (%)	K-total (%)	C/N rasio	Total hara makro (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O) (%)
	6,38	0,68	0,20	0,45	77	1,33
Biologi	Total mikrob ($\times 10^9$ CFU/g)			Aktivitas mikrob (mg C-CO ₂ /kg/hari)		
	0,66			13,71		

3.2. Kualitas Fisik Pupuk Organik Padat (Setelah diberi perlakuan)

Indikasi keberhasilan dalam proses produksi pupuk organik padat dapat terlihat dari kualitas fisik yang dihasilkan (Kusmiyarti, 2013). Hasil pengamatan kualitas fisik limbah serabut kelapa sawit setelah diberi perlakuan disajikan pada Tabel 3. Perlakuan P1 (bahan penutup geotekstil) telah menunjukkan tingkat kematangan yang cukup ditandai oleh material yang berwarna coklat kehitaman dan memiliki bau seperti tanah. Kusmiyarti (2013) menyebutkan, warna coklat kehitaman disebabkan oleh adanya transformasi bahan organik dan pembentukan zat-zat humus.

Berlainan halnya dengan perlakuan P2 (bahan penutup plastik)

yang menunjukkan tingkat kematangan yang cukup pada parameter warna saja di hari ke-30 masa inkubasi. Warna coklat kehitaman merupakan indikasi peran mikrob dalam mempercepat proses pengomposan, sehingga jika dibandingkan antara perlakuan P2C0 (bahan penutup plastik tanpa penambahan mikrob) dengan perlakuan P2C1 (bahan penutup plastik dengan penambahan mikrob), perlakuan P2C1 menunjukkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman pada hari ke-30, sedangkan pada perlakuan P2C0 tidak menunjukkan adanya perubahan warna. Artinya, dalam waktu yang sama, perlakuan dengan penambahan mikrob dapat mempercepat proses pengomposan yang ditandai oleh perubahan warna.

Tabel 3. Kualitas fisik pupuk organik padat dari limbah serabut kelapa sawit setelah diberi perlakuan pada hari ke-15 dan hari ke-30.

Perlakuan	Warna pada hari ke-		Bau pada hari ke-	
	15	30	15	30
P1C0	Coklat kehitaman	Coklat kehitaman	Seperti tanah	Seperti tanah
P1C1	Coklat kehitaman	Coklat kehitaman	Seperti tanah	Seperti tanah
P2C0	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Berbau busuk	Berbau busuk
P2C1	Kuning kecoklatan	Coklat kehitaman	Berbau busuk	Berbau busuk

Keterangan:

- P1 = bahan penutup geotekstil
- P2 = bahan penutup plastik
- C0 = tanpa penambahan mikrob
- C1 = dengan penambahan mikrob

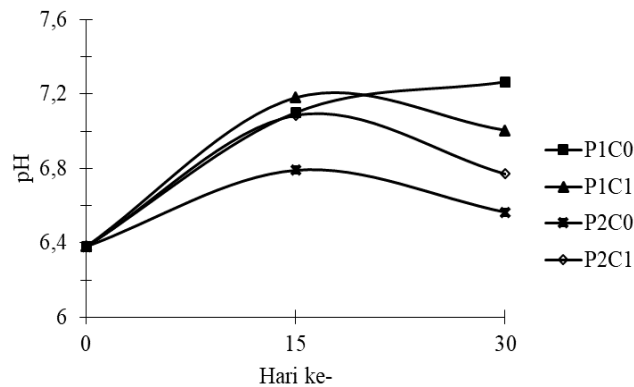
Perkembangan kematangan pupuk ditandai oleh adanya perubahan warna secara bertahap mulai dari kuning menjadi coklat kehitaman dan berbau seperti tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Karyono dan Laksono (2019), bahwa pupuk organik padat yang telah matang menunjukkan warna coklat kehitaman dan berbau menyerupai tanah. Selain itu, pupuk organik padat yang telah matang juga ditandai oleh aroma yang menyerupai tanah, sebaliknya jika pupuk organik padat menimbulkan bau busuk artinya menunjukkan bahwa dekomposisi masih berlangsung.

3.3 Kualitas Kimia Pupuk Organik Padat (Setelah diberi perlakuan)

Selama dekomposisi berlangsung terjadi fluktuasi pH. Hasil analisis pH dapat ditinjau pada Gambar 2. Peningkatan pH disebabkan oleh adanya mineralisasi bahan organik menjadi kation-kation, sedangkan penurunan pH terjadi akibat adanya oksidasi senyawa inorganik yang menghasilkan sejumlah kation H^+ . Menurut Sitepu et al., (2017), peningkatan pH juga diduga akibat adanya perubahan asam organik menjadi CO_2 sehingga jumlah asam organik berkurang.

pH pada seluruh perlakuan diakhir proses pengomposan (hari ke-30) teridentifikasi menurun dan menunjukkan nilai yang cenderung netral, berkisar antara 6,4 sampai 7,2. pH yang mendekati netral menunjukkan bahwa pupuk organik padat sudah matang, hal ini disebabkan oleh penurunan aktivitas mikrob akibat berkurangnya zat-zat yang dapat dirombak sehingga pembentukan kation-kation basa pada proses mineralisasi menjadi berkurang (Karyono dan Laksono 2019). Hasil dalam penelitian ini pada parameter pH sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Varma et al., (2017), pada penelitian tersebut nilai pH berkisar antara 6 hingga 8.

Dekomposisi bahan organik dapat berjalan dengan baik pada pH optimal. pH pada seluruh perlakuan menunjukkan nilai yang optimal bagi mikrob dalam melakukan dekomposisi. Secara umum, pH optimal bagi bakteri dan fungi secara berturut-turut pada kisaran 6,0-7,5 dan 5,5-8,5 (Varma et al., 2017). Selain itu, pH pada seluruh perlakuan juga telah memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019 (pH: 4-9).



Gambar 2. Perubahan pH sebelum diberi perlakuan (hari ke-0) dan setelah diberi perlakuan (hari ke-15 dan hari ke-30).

Kadar N-total, P-total (%), K-total (%), total hara makro (N+P₂O₅+K₂O) (%), dan C/N rasio dapat ditinjau pada Tabel 4. Kadar N-total pada seluruh perlakuan mengalami peningkatan hingga akhir masa inkubasi. Kadar N-total pada perlakuan P1 dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P2, dengan N-total tertinggi pada perlakuan P1C1, yaitu sebesar 2,27%. Bahan penutup geotekstil memiliki pori,

sehingga diduga terjadi fiksasi nitrogen dari udara oleh mikroba secara difusi pada saat inkubasi berlangsung. Berbeda halnya dengan bahan penutup plastik yang tidak berpori, pada saat inkubasi berlangsung tidak terjadi fiksasi nitrogen secara difusi, sehingga hal tersebut diduga dapat menyebabkan kadar N-total perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P2.

Tabel 4. Kualitas kimia pupuk organik padat dari limbah serabut kelapa sawit setelah diberi perlakuan pada hari ke-15 dan hari ke-30.

Perlakuan	N-total (%) pada hari ke-		P-total (%) pada hari ke-		K-total (%) pada hari ke-		C/N rasio pada hari ke-		Total hara makro (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O) (%) pada hari ke-	
	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
P1C0	0,61	1,57	0,10	0,10	0,11	0,08	90	40	0,82	1,75
P1C1	0,62	2,27	0,11	0,10	0,12	0,07	91	31	0,84	2,44
P2C0	0,53	1,22	0,08	0,07	0,09	0,04	108	57	0,68	1,33
P2C1	0,62	1,64	0,08	0,08	0,07	0,04	111	41	0,77	1,75

Keterangan:

- P1 = bahan penutup geotekstil
- P2 = bahan penutup plastik
- C0 = tanpa penambahan mikroba
- C1 = dengan penambahan mikroba

Kadar P-total dan K-total pada seluruh perlakuan cenderung mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena mikroba membutuhkan fosfor dan kalium untuk

pembentukan zat putih telur dan sebagai katalisator, sehingga penurunan fosfor dan kalium diduga akibat digunakan oleh mikroba (Ariyanti et al., 2019). Selain itu, unsur K termasuk ke dalam golongan

alkali yang memiliki sifat mudah terlarut, sehingga penurunan K-total dapat terjadi karena pencucian saat dilakukan penyiraman. Perlakuan P1 menghasilkan P-total dan K-total yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P2.

Tingginya kadar nitrogen (N), fosfor (P_2O_5), dan kalium (K_2O) pada perlakuan P1 menyebabkan total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2, dengan total hara makro tertinggi terdapat pada perlakuan P1C1, yaitu sebesar 2,44%. Hanya perlakuan P1C1 yang telah memenuhi syarat mutu yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019, yaitu total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) minimal 2%.

Secara umum, rasio C/N pupuk organik padat pada perlakuan P1 menunjukkan nilai yang lebih baik (lebih rendah) dibandingkan dengan P2. Artinya, perlakuan P1 lebih efektif menurunkan C/N rasio dalam waktu 30 hari dibandingkan perlakuan P2. Nilai C/N rasio terbaik (rendah) terdapat pada perlakuan P1C1, yaitu sebesar 31. Bahan organik dengan C/N rasio yang rendah selain dapat memenuhi kebutuhan hara juga dapat mempercepat dekomposisi, sebaliknya bahan organik dengan C/N rasio yang tinggi akan terdekomposisi lebih lambat dan menyebabkan imobilisasi hara pada biomassa mikroba (Nguyen dan Marschner, 2016).

C/N rasio pada seluruh perlakuan belum memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019 (≤ 25). Hal ini terjadi karena bahan organik memiliki C/N rasio awal yang tinggi (C/N rasio: 77) sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat menurunkan C/N rasio. Serabut kelapa sawit juga memiliki

kandungan selulosa sebesar 44,4% dan lignin sebesar 23,4% per berat kering (Haryanti et al., 2014; Iswahyudi et al., 2017). Menurut Salim (2015), selulosa dan lignin yang tinggi dapat mengindikasikan tingkat dekomposisi bahan organik berlangsung dengan lambat. Selain itu, bahan baku yang digunakan memiliki luas permukaan yang kecil karena limbah serabut kelapa sawit yang digunakan berupa serat (bukan seperti serbuk), sehingga mikroba membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat melakukan perombakan (Atmaja et al., 2017).

Ismayana et al. (2012), menambahkan bahwa dalam proses pengomposan rasio C/N yang efektif berkisar antara 30-40, pada kisaran tersebut karbon dan nitrogen tersedia cukup bagi mikroba dalam memenuhi energi dan sintesis protein. Jika nilai C/N rasio terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dapat memperlambat dekomposisi (Widarti et al., 2015).

3.4 Kualitas Biologi Pupuk Organik Padat (Setelah diberi perlakuan)

Hasil analisis populasi total mikroba dan aktivitas mikroba dapat ditinjau pada Tabel 5. Populasi mikroba mengalami peningkatan hingga hari ke-30 pada seluruh perlakuan, dengan total mikroba terbaik diperoleh sebesar $9,96 \times 10^9$ CFU/g pada perlakuan P1C1. Mikroba dapat tumbuh dengan baik pada perlakuan P1C1 selain disebabkan oleh kondisi pH yang optimal, perlakuan P1 juga memiliki ketersediaan sumber energi dan hara yang lebih baik dibandingkan perlakuan P2.

Tabel 5. Kualitas biologi pupuk organik padat dari limbah serabut kelapa sawit setelah diberi perlakuan pada hari ke-15 dan hari ke-30.

Perlakuan	Total mikrob ($\times 10^9$ CFU/g) pada hari ke-		Aktivitas mikrob (mg C-CO ₂ /kg/hari) pada hari ke-	
	15	30	15	30
P1C0	1,30	1,95	13,89	13,29
P1C1	1,58	9,96	13,46	13,46
P2C0	0,90	4,29	13,29	12,60
P2C1	1,33	3,81	12,60	13,29

Keterangan:

- P1 = bahan penutup geotekstil
P2 = bahan penutup plastik
C0 = tanpa penambahan mikrob
C1 = dengan penambahan mikrob

Tingginya jumlah mikrob tidak selalu mencerminkan tingkat aktivitas mikrob, jumlah mikrob yang tinggi belum tentu memiliki aktivitas yang tinggi. Aktivitas mikrob pada perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan P2, yaitu pada kisaran 13,29-13,46 mg C-CO₂/kg/hari pada akhir pengomposan. Hal ini dapat disebabkan oleh ketersediaan pori pada bahan penutup geotekstil yang dapat menyebabkan oksigen tersuplai dengan baik, sehingga pasokan oksigen yang terdapat pada perlakuan bahan penutup geotekstil lebih tinggi, hal tersebut menyebabkan aktivitas mikrob pada perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2.

Pasokan oksigen berbanding lurus dengan aktivitas mikrob. Aplikasi bahan penutup geotekstil terindikasi menghasilkan C-CO₂ yang tinggi sejalan dengan pasokan oksigen yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Setiawan et al., (2016), bahwa pasokan oksigen dari udara yang tinggi menyebabkan tingginya aktivitas mikrob dalam melakukan dekomposisi, begitu pula sebaliknya. Ketika proses dekomposisi bahan organik berlangsung, mikrob menghasilkan CO₂ dalam setiap aktivitasnya. Aktivitas mikrob selama dekomposisi dipengaruhi oleh perubahan pH, selain itu udara dibutuhkan mikrob dalam melakukan

metabolisme (Ezemagu et al., 2021; Ismayana et al., 2012).

Aktivitas mikrob juga dipengaruhi oleh suhu pada tumpukan bahan. Aktivitas mikrob yang rendah diduga karena tumpukan bahan yang terlalu rendah, yang dapat menyebabkan suhu menjadi tidak stabil dan fase termofilik tidak tercapai. Tumpukan yang terlalu rendah menyebabkan suhu termofilik berlangsung tidak lama, hal ini terjadi karena panas yang telah terbentuk tidak dapat tertahan lama di dalam tumpukan (Ratna et al., 2017; Widarti et al., 2015). Tumpukan yang terlalu rendah disebabkan oleh keterbatasan jumlah limbah serabut kelapa sawit. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serabut kelapa sawit berupa serat (bukan seperti serbuk), sehingga memiliki luas permukaan yang kecil dan berpengaruh terhadap aktivitas mikrob dalam melakukan dekomposisi. Atmaja et al., (2017) menyebutkan bahwa, jika bahan yang digunakan memiliki luas permukaan yang kecil, mikrob akan membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat melakukan perombakan. Luas permukaan bahan baku dapat diperbesar menggunakan mesin pencacah, sehingga dapat memudahkan mikrob dekomposer untuk melakukan dekomposisi bahan organik (Atmaja et al., 2017).

3.5 Penilaian Kualitas Pupuk Organik Padat dan Peranan Bahan Penutup

Penilaian kualitas pupuk organik padat didasarkan pada seluruh hasil analisis kualitas fisik, kimia dan biologi. Pupuk organik padat kualitas baik yaitu pupuk yang telah memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019. Pupuk organik padat kualitas terbaik berdasarkan aspek kualitas fisik terdapat pada perlakuan PIC1 yang menunjukkan warna coklat kehitaman dan memiliki bau

menyerupai tanah. Berdasarkan penilaian kualitas kimia dan biologi, kualitas terbaik diantara seluruh kombinasi perlakuan yang ada pada penelitian ini adalah perlakuan PIC1 (bahan penutup geotekstil dengan penambahan mikrob) dengan pH: 7,27 (telah memenuhi syarat), C/N rasio: 31, total hara makro $N+P_2O_5+K_2O$: 2,44% (memenuhi syarat), dan total mikrob: $9,96 \times 10^9$ CFU/g.

Hasil analisis penilaian kualitas pupuk organik padat berdasarkan perlakuan bahan penutup dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penilaian kualitas pupuk organik padat berdasarkan perlakuan bahan penutup.

Perlakuan	pH	C/N rasio	Total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) (%)	Total mikrob ($\times 10^9$ CFU/g)
Bahan Penutup Geotekstil	7,14	35	2,09	5,95
Bahan Penutup Plastik	6,67	49	1,54	4,05

Aplikasi bahan penutup dapat mempengaruhi kualitas pupuk organik padat. Bahan penutup dengan karakteristik berpori dapat menyuplai oksigen lebih baik dibandingkan bahan penutup yang tidak berpori. Hal tersebut penting, karena ketersediaan oksigen diperlukan bagi mikrob dalam melakukan dekomposisi bahan organik. Berdasarkan rasio C/N, total hara makro, serta total mikrob, kualitas terbaik diperoleh pada perlakuan bahan penutup geotekstil dengan C/N rasio: 35, total hara makro: 2,09%, dan total mikrob: $5,95 \times 10^9$ CFU/g. Bahan penutup geotekstil berperan lebih baik apabila dibandingkan dengan perlakuan bahan penutup plastik karena menghasilkan pH yang telah memenuhi syarat, yaitu berada dalam kisaran 4-9, C/N rasio yang lebih rendah, dan mengandung total hara makro yang telah memenuhi syarat ($N+P_2O_5+K_2O$: >2%).

4. KESIMPULAN

Produksi pupuk organik kualitas terbaik terdapat pada perlakuan PIC1 (dengan bahan penutup geotekstil) yang menghasilkan warna coklat kehitaman dan beraroma seperti tanah, pH dan total hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$) yang telah memenuhi syarat berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 261 Tahun 2019, serta total mikrob yang sangat tinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Hilon Indonesia, seluruh pihak Laboratorium Jasa Pengujian, Kalibrasi, dan Sertifikasi IPB, serta seluruh pihak Laboratorium Bioteknologi Tanah DITSL IPB yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, M., Samudro, G., Handayani, D.S. (2019). Penentuan rasio bahan sampah organik optimum terhadap kinerja *compost solid phase microbial fuel cells* (CSMFCs). *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(1), 16-23. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v16i1.24-28>.
- Atmaja, I.K.M., Tika, I.W., Wijaya, I.M.A.S. (2017). Pengaruh perbandingan komposisi bahan baku terhadap kualitas kompos dan lama waktu pengomposan. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 5(1), 111-119.
- Babinszki, B., Jakab, E., Terjék, V., Sebestyén, Z., Várhegyi, G., May, Z., Mahakhant, A., Aattanatho, L., Suemanotham, A., Thanmongkhon, Y., Czégény, Z. (2021). Thermal decomposition of biomass wastes derived from palm oil production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 155, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105069>.
- Ezemagu, I.G., Ejimofor, M.I., Menkiti, M.C., Diyoke, C. (2021). Biofertilizer production via composting of digestate obtained from anaerobic digestion of post biocoagulation sludge blended with saw dust: physiochemical characterization and kinetic study. *Environmental Challenges*, 5, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100288>.
- Haryanti, A., Norsamsi, Sholiha, P.S.F., Putri, N.P. (2014). Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Konversi*, 3(2), 20-22. <http://dx.doi.org/10.20527/k.v3i2.161>.
- Ismayana, A., Indrasti, N.S., Suprihatin, Maddu, A., Fredy, A.T.I.P. (2012). Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses Co-Composting Bagasse dan blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22 (3), 173-179.
- Iswahyudi, H., Lukmana, M., Yudha, M. (2017). Limbah serabut kelapa sawit sebagai media tanam alternative bagi jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Teknologi Agro-industri*, 4(1), 11-19. <https://doi.org/10.34128/jtai.v4i1.44>.
- Kamal N. (2014). *Karakterisasi dan potensi pemanfaatan limbah sawit*. Bandung: ITENAS Bandung.
- Karyaningsih, S. (2012). Pemanfaatan limbah pertanian untuk mendukung peningkatan kualitas lahan dan produktivitas pada sawah. *Buana Sains*, 12(2), 45-52. <https://doi.org/10.33366/bs.v12i2.132>.
- Karyono, T., Laksono, J. (2019). Kualitas fisik pupuk organik padat feses sapi potong dan kulit kopi dengan penambahan activator mol bongkol pisang dan EM4. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 21(2), 154-162. <https://doi.org/10.25077/jpi.21.2.154-162.2019>.
- Kusmiyarti, T.B. (2013). Kualitas pupuk organik padat dari berbagai kombinasi bahan baku limbah organik. *Agrotop*, 3(1), 83-92.
- Madusari, S., Ani, R.H., Ningsih, W.F. (2019). Utilization of microbial-

- assisted composting of the palm-press fiber as pre-nursery growing medium for oil palm seedlings. Bogor: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 299, 1-11.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/299/1/012011>.
- Nguyen, T.T., Marschner, P. (2017). Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability in soil after addition of residues with adjusted N and P concentrations. *Pedosphere*, 27(1), 76-85.
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60297-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60297-2).
- Nur, T., Noor, A.R., Elma, M. (2016). Pembuatan pupuk organik cair dari sampah organik rumah tangga dengan penambahan bioaktivator EM4. *Konversi*, 5(2), 5-12.
<http://dx.doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>.
- Oyewusi, T.F., Osunbitan, J.A., Ogunwande, G.A., Omotosho, O.A. (2021). Investigation into physic-chemical properties of compost extract as affected by processing parameters. *Environmental Challenges*, 5, 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100370>.
- Ratna, D.A.P, Samudro, G., Sumiyati, S. (2017). Pengaruh kadar air terhadap proses pengomposan sampah organik dengan metode takakura. *Jurnal Teknik Mesin*, 6, 124-128.
<http://dx.doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1192>.
- Salim, F.U. (2015). Penilaian Kualitas Kompos Dari Bahan Brangkasam Jagung dan Limbah *Baglog* Jamur Serta Peranan Aktivator Pemercepat Pengomposan. *Skripsi*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Lahan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sanz, C., Casado, M., Martin, L.N., Cañameras, N., Carazo, N., Matamoros, V., Bayona, J.M., Piña, B. (2022). Implications of the use of organic fertilizers for antibiotic resistance gene distribution in agricultural soils and fresh food products. A plot-scale study. *Science of the Total Environment*, 815, 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151973>.
- Setiawan, S., Niswati, A., Sarno, Yusnaini, S. (2016). Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa terhadap respirasi tanah dan pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) tahun ke-5 *plant cane* di PT Gunung Madu Plantations. *Jurnal Agrotek Tropika*, 4(1), 99-104.
<http://dx.doi.org/10.23960/jat.v4i1.1910>.
- Sitepu, R.B, Anas, I., Djuniwati, S. (2017). Pemanfaatan jerami sebagai pupuk organik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa*). *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1), 100-108.
- Tania, N., Ahmad, A., Andrio, D. (2019). Kinerja pengolahan limbah padat serat buah sawit menggunakan windrow aerob ditinjau dari rasio C/N. *JOM FTEKNIK*, 6(2), 1-7.
- Varma, V.S., Das, S., Sastri, C.V., Kalamdhad, A.S. (2017). Microbial degradation of lignocellulosic fraction during drum composting of mixed organic waste. *Sustainable Environment Research*, 27, 265-272.

<https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.05.004>.

Widarti, B. N., Wardhini, W.K., Sarwono, E. (2015). Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 75-80. <http://dx.doi.org/10.36055/jip.v5i2.200>.