



AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding
Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2026
Pertanian Masa Depan Indonesia 2045 : Transformasi Teknologi, Ketahanan Pangan dan Adaptasi terhadap Tantangan Global
3 Juni 2026

Publisher:
Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture
E-ISSN:2964-0172
DOI:

Analisis Kandungan Unsur Hara Makro (N, P, K) Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Sukun (*Artocarpus altilis*) melalui Fermentasi Anaerob

*Analysis of Macro-Nutrient Content (N, P, K) in Liquid Organic Fertilizer Derived from Breadfruit (*Artocarpus altilis*) Peel Waste via Anaerobic Fermentation*

Author(s): Sazmi Rizzati Duandini*, Boy Macklin Pareira Prawiranegara, Chay Asdak

Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran

*Corresponding author: sazmi22001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Limbah kulit sukun (*Artocarpus altilis*) merupakan salah satu hasil samping pertanian yang jika tidak diolah dengan baik, dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) pada pupuk organik cair (POC) melalui fermentasi anaerob selama 21 hari memakai bioaktivator Effective Microorganism 4 (EM4) dengan empat variasi komposisi bahan dan menganalisis kandungannya sesuai standar SNI 19-7030-2004. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan analisis laboratorium yang meliputi metode Kjeldahl (N), spektrofotometri UV-VIS (P), dan AAS (K). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel sesuai dengan standar diantaranya pengukuran pH sesuai SNI (4,01-5,46), Kalium pada sampel B dan C (0,22%) telah memenuhi standar minimum SNI (0,20%), sedangkan nitrogen (0,05–0,09%) dan fosfor (0,001–0,003%) pada semua sampel masih berada di bawah batas minimum SNI. Komposisi terbaik adalah sampel B (400 g kulit sukun : 200 g kotoran domba) yang menghasilkan kandungan hara paling optimal. Kadar N dan P yang rendah disebabkan oleh rasio C/N kulit sukun yang sangat tinggi sehingga mikroba EM4 melakukan imobilisasi hara. Penelitian ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kualitas POC, diperlukan penambahan sumber nitrogen eksternal yang mudah diserap, seperti urin domba, sehingga dapat memenuhi standar SNI dan berfungsi optimal dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman.

Kata Kunci:

Fermentasi anaerob;
Limbah kulit sukun;
Pupuk organik cair;
SNI 19-7030-2004;
Unsur hara makro

Keywords:

Anaerobic
Fermentation;
Breadfruit Peel
Waste;
Liquid Organic
Fertilizer;
SNI 19-7030-
2004;

ABSTRACT

Breadfruit (*Artocarpus altilis*) peel waste is an agricultural byproduct that, if not properly processed, can become a source of environmental pollution. This study was conducted to determine the content of the macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in liquid organic fertilizer (POC) produced through anaerobic fermentation over 21 days using the Effective Microorganism 4 (EM4) bioactivator with four variations in ingredient composition, while also assessing compliance with the SNI 19-7030-2004 standard. The research method employed was descriptive quantitative analysis, utilizing laboratory techniques including the Kjeldahl method (N), UV-VIS spectrophotometry (P), and AAS (K). The data indicated that all samples met the SNI pH standard (4.0–5.46). Potassium in samples B and C (0.22%) met the minimum SNI standard (0.20%), while nitrogen (0.05–0.09%) and phosphorus (0.001–0.003%) in all





AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding

Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2026
Pertanian Masa Depan Indonesia 2045 : Transformasi Teknologi, Ketahanan Pangan dan Adaptasi terhadap Tantangan Global
3 Juni 2026

Publisher:

Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture

E-ISSN:2964-0172

DOI:

Macronutrients samples remained below the minimum SNI threshold. The optimal combination was found in sample B (400 g breadfruit peel: 200 g sheep manure), which produced the most optimal nutrient content. The low N and P levels were caused by the very high C/N ratio of the breadfruit peel, leading to nutrient immobilisation by the EM4 microbes. The results of this study indicate that to improve the quality of POC, an external nitrogen source that is more easily absorbed—such as sheep urine—needs to be added to meet SNI standards overall. From a soil science perspective, the resulting POC is best positioned as a soil amendment that can cumulatively improve cation exchange capacity (CEC) and stimulate soil microbial activity, thereby enhancing long-term soil fertility and plant nutrition.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen pangan tropis terbesar di dunia. Salah satunya adalah sukun (*Artocarpus altilis*) yang menjadi tanaman pangan potensial yang saat ini mendapat perhatian dalam kebijakan Peraturan Presiden Nomor 81 Tahun 2024 tentang Diversifikasi Pangan untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Saat ini produksi sukun di Jawa Barat mencapai 24.679,446 ton (BPS Jawa Barat, 2026). Produksi sukun di Jawa Barat terus berkembang terutama karena kondisi agroekologis wilayah ini yang mendukung pertumbuhan tanaman sukun, mulai dari curah hujan yang tinggi, suhu udara yang stabil, hingga ketersediaan lahan yang masih cukup luas.

Peningkatan produksi sukun secara langsung menghasilkan stok limbah kulit buah dalam jumlah besar. Jika diasumsikan 20–30% dari berat total buah sukun merupakan bagian kulitnya, maka potensi limbah kulit sukun di Jawa Barat dapat mencapai ribuan ton per tahun. Limbah organik dalam jumlah besar yang tidak dikelola secara tepat berpotensi mengalami pembusukan yang menghasilkan gas metana dan senyawa beracun. Hal ini meningkatkan nilai BOD (Biological Oxygen Demand) pada badan air serta

menjadi sumber penyebaran mikroorganisme patogen (Sutrisno dkk., 2019). Kondisi ini menjadi perhatian bahwa perlunya strategi pengelolaan limbah yang tidak hanya bersifat solutif, tetapi juga bernilai tambah.

Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk hasil fermentasi bahan organik yang mudah diserap oleh tanaman. Effective Microorganism 4 (EM4) digunakan sebagai bioaktivator karena mengandung mikroorganisme yang dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik, yaitu diantaranya *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., bakteri fotosintetik, dan *Actinomycetes* (Nurdini dkk., 2016). Kandungan hara nitrogen (N) berperan dalam pembentukan protein dan klorofil, fosfor (P) mendukung perkembangan akar dan transfer energi, sedangkan kalium (K) berperan dalam metabolisme dan pengaturan cairan tanaman (Brady & Weil, 2017). Kandungan unsur hara makro ini menjadi parameter utama kualitas pupuk organik cair menurut standar SNI 19-7030-2004 yang akan dianalisis.

Dari perspektif ilmu tanah, ketersediaan unsur hara makro N, P, dan K di dalam tanah menjadi faktor utama yang menentukan produktivitas tanaman. Penggunaan pupuk kimia secara terus-

menerus dapat menurunkan kualitas fisik dan biologis tanah karena berkurangnya kandungan bahan organik (Brady & Weil, 2017). Pupuk organik cair (POC) yang dibuat dari limbah pertanian memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, memperbaiki struktur agregat tanah, serta merangsang aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus hara (Saraswati dkk., 2019). Oleh karenanya, kandungan N, P, dan K pada POC hasil fermentasi limbah kulit sukun perlu dianalisis dari segi dampaknya terhadap ketersediaan hara dan kesuburan tanah di lahan pertanian.

Studi tentang penggunaan limbah pertanian menjadi pupuk organik cair sudah banyak dilakukan, namun penelitian yang membahas mengenai konversi limbah kulit sukun menjadi pupuk organik cair dengan bioaktivator EM4 dan analisis kandungan N, P, dan K masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kandungan unsur hara makro N, P, dan K pada POC berbahan limbah kulit sukun melalui fermentasi anaerob dengan EM4; (2) membandingkan hasil analisis dengan standar SNI 19-7030-2004; serta (3) menentukan komposisi bahan yang paling optimal dengan kualitas terbaik untuk mendukung ketersediaan hara tanah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dari bulan Oktober 2025 hingga Desember 2025. Bahan baku utama adalah limbah kulit sukun yang diperoleh dari petani lokal di Jawa Barat dan kotoran domba dari peternak lokal di daerah yang sama. Pengujian parameter kimia N, P, dan K dilakukan di Laboratorium Aplikasi Kimia dan Pelayanan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jatinangor.

Bahan utama meliputi kulit sukun segar, kotoran domba (kohe), Effective Microorganism 4 (EM 4) sebagai

bioaktivator, molase sebagai sumber energi mikroba, dan air bersih sebagai pelarut. Alat yang digunakan meliputi wadah fermentasi 2 liter dengan sistem airlock, inkubator suhu, blender, timbangan digital, pH meter, termometer, dan saringan. Penelitian ini memakai metode kuantitatif deskriptif dengan empat variasi bahan seperti yang tersaji di Tabel 1. Volume air 1.000 ml, dosis EM 4 50 ml, dosis molase 50 ml, dan durasi fermentasi 21 hari dijaga konstan, dengan suhu inkubasi 30–32 °C.

Tabel 1. Variasi Komposisi Bahan Pupuk Organik Cair

Sam pel	Kulit Sukun (g)	Kotoran Domba (g)	EM4 (ml)	Air (ml)
A	500	0	50	1000
B	400	200	50	1000
C	300	200	50	1000
D	200	200	50	1000

Proses pembuatan POC dimulai dari pencucian dan pemotongan kulit sukun menjadi potongan kecil (2–3 cm), lalu diblender hingga halus. Bahan padat ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah fermentasi, ditambah air, EM 4, dan molase, lalu diaduk rata. Wadah lalu ditutup rapat dan dihubungkan dengan airlock untuk menjaga kondisi anaerob selama 21 hari. Pemantauan pH dan suhu dilakukan pada awal dan akhir fermentasi. Setelah fermentasi, cairan disaring untuk memisahkan residu padat dari POC cair. Analisis laboratorium dilakukan untuk tiga parameter utama. Nitrogen total diukur dengan metode Kjeldahl melalui destruksi menggunakan H₂SO₄ pekat, kemudian didestilasi dengan NaOH 50%, dan dititrasi dengan HCl 0,05 N menggunakan indikator Conway. Fosfor tersedia diukur melalui destruksi dengan HNO₃ dan HClO₄ pekat, lalu dianalisis dengan spektrofotometri UV-Vis menggunakan reagen amonium molibdat. Kalium total

diukur menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) pada panjang gelombang 766,5 nm setelah destruksi dan pengenceran. Data hasil uji laboratorium dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan setiap parameter terhadap standar mutu SNI 19-7030-2004 dan dianalisis menggunakan Hukum Minimum Liebig untuk menentukan unsur hara pembatas (Havlin et al., 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi anaerob selama 21 hari berhasil mengolah limbah kulit sukun dari bentuk padat menjadi pupuk organik cair dengan output rata-rata 1 liter per reaktor. Dengan rasio konversi 1:2, yaitu setiap 500 g bahan baku dapat menghasilkan 1 liter POC, yang merupakan hasil efisien untuk diaplikasikan oleh petani. Efektivitas pengelolaan limbah organik ini secara langsung mendukung prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle), di mana reduce dicapai melalui minimalisasi limbah padat, reuse dengan memanfaatkan limbah sebagai substrat fermentasi, dan recycle melalui pengembalian nutrisi limbah ke dalam tanah dalam bentuk pupuk (Geissdoerfer et al., 2017).

Secara fisik, pupuk organik cair yang dihasilkan berwarna cokelat kekuningan hingga cokelat gelap. Hasil warna yang lebih gelap pada sampel B, C, dan D dibandingkan dengan sampel A menggambarkan adanya bahan organik tambahan dari kotoran domba yang dapat meningkatkan kandungan bahan organik total. Aroma asam yang dihasilkan berasal dari aktivitas metabolisme *Lactobacillus* sp. dan bakteri asam asetat dari EM4 dalam mengurai karbohidrat kulit sukun menjadi asam organik. Hal ini secara biokimia membuktikan bahwa kandungan pati (35,61%) dan selulosa (17,59%) kulit sukun berhasil dimanfaatkan secara produktif sebagai substrat fermentasi oleh EM4 (Ramadhan et al., 2024). Adanya bercak putih pada permukaan cairan

selama fermentasi merupakan aktivitas koloni *Saccharomyces* sp. dari EM4 pada kondisi anaerob.

Tabel 2. Hasil Analisis pH Pupuk Organik Cair

Sampel	pH	pH	SNI	SNI
	Awal	Akhir	Min	Maks
A	3,67	4,01	4	9
B	4,00	5,46	4	9
C	4,00	5,36	4	9
D	4,04	5,15	4	9

Berdasarkan hasil analisis, seluruh sampel menghasilkan nilai pH akhir yang memenuhi standar SNI 19-7030-2004 (rentang 4–9) seperti terlihat pada Tabel 2. pH awal yang rendah (3,67–4,04) disebabkan oleh aktivitas dominan bakteri asam laktat dan bakteri asam asetat dari EM4 yang mengubah glukosa dari bahan utama menjadi asam organik. Sampel A menghasilkan pH akhir paling rendah (4,01) karena tidak ada bahan yang berfungsi sebagai penyangga kimia, yaitu kotoran domba. Sampel B, C, dan D menghasilkan pH lebih tinggi (5,15–5,46) karena kandungan mineral basa (Ca dan Mg) dalam kotoran domba berperan sebagai buffer. Secara keseluruhan, pH yang dihasilkan cenderung asam karena biasanya pH ideal untuk tanaman pangan sekitar (6,0–7,5), walaupun sebenarnya hasil uji laboratorium sudah memenuhi standar SNI 19-7030-2004. Namun, kondisi asam yang dihasilkan justru menguntungkan karena mampu mempertahankan nitrogen dalam bentuk NH_4^+ yang stabil serta menekan volatilisasi amonia (Brady & Weil, 2017).

Kandungan Nitrogen (N)

Tabel 3. Hasil Analisis Kandungan Nitrogen POC

Sampel	Kandungan N (%)	Standar SNI (%, min 0,40)
A	0,06	Tidak memenuhi
B	0,09	Tidak memenuhi
C	0,05	Tidak memenuhi
D	0,05	Tidak memenuhi

Hasil analisis kandungan nitrogen pada Tabel 3 menunjukkan seluruh sampel masih jauh di bawah standar minimum SNI 19-7030-2004 sebesar 0,40%. Rendahnya kandungan nitrogen disebabkan oleh rasio C/N kulit sukun yang sangat tinggi akibat kandungan karbonnya yang besar (pati 35,61% dan selulosa 17,59%) yang mendorong terjadinya imobilisasi nitrogen. Dalam kondisi rasio C/N substrat melebihi 25:1, mikroorganisme lebih banyak menyerap kembali NH_4^+ yang terbentuk untuk memenuhi kebutuhan sintesis sel mereka sendiri daripada melepaskannya ke dalam larutan (Havlin et al., 2013). Selain itu, sebagian nitrogen dapat hilang dalam bentuk NH_3 selama proses fermentasi, terutama saat kondisi pH basa dan suhu meningkat.

Sampel B menghasilkan nitrogen tertinggi (0,09%) karena penambahan kotoran domba yang mengandung nitrogen sekitar 0,7% memperbesar total stok nitrogen sistem, sehingga tekanan imobilisasi nitrogen oleh mikroba berkurang dan NH_4^+ yang terbentuk dari amonifikasi tertahan dalam larutan. Namun, penambahan dosis kotoran domba yang lebih banyak (sampel C dan D) justru menurunkan kandungan nitrogen karena rasio C/N dari kulit sukun berkurang, sehingga proses amonifikasi tidak optimal dan kelebihan nitrogen anorganik yang terbentuk lebih rentan hilang melalui volatilisasi NH_3 (Putra & Ratnawati, 2019).

Kandungan Fosfor (P)

Tabel 4. Hasil Analisis Kandungan Fosfor POC

Sampe	Kandungan P (%)	Standar SNI (%, min 0,10)
A	0,001003	Tidak memenuhi
B	0,002664	Tidak memenuhi
C	0,002591	Tidak memenuhi
D	0,003116	Tidak memenuhi

Kandungan fosfor seluruh sampel pada Tabel 4 sangat rendah dan jauh di bawah standar minimum SNI sebesar 0,10%. Dalam kulit sukun, fosfor sebagian besar terikat dalam bentuk fitat dan fosfolipid yang memerlukan enzim fosfatase dan asam organik dari kelompok bakteri pelarut fosfat (phosphate-solubilizing bacteria) untuk dilepaskan ke dalam larutan. Meskipun EM4 mengandung bakteri pelarut fosfat, jumlahnya lebih kecil dibandingkan dengan bakteri asam laktat dan ragi (Zin et al., 2025), sehingga pelepasan fosfat ke dalam larutan tidak optimal dalam waktu 21 hari. Sampel D menghasilkan fosfor tertinggi (0,003116%) karena rasio bahan organik yang lebih rendah sehingga proses mineralisasi dan imobilisasi fosfat oleh mikroba lebih seimbang, meski perbedaan antar sampel tidak signifikan (Makiyah, 2013).

Kandungan Kalium (K)

Tabel 5. Hasil Analisis Kandungan Kalium POC

Sampel	Kandungan K (%)	Standar SNI (%, min 0,20)
A	0,16	Tidak memenuhi
B	0,22	Memenuhi
C	0,22	Memenuhi
D	0,13	Tidak memenuhi

Kalium merupakan satu-satunya parameter yang mencapai standar SNI, yaitu pada sampel B dan C sebesar 0,22%, seperti terlihat pada Tabel 5. Hal ini dikarenakan kalium dalam jaringan tanaman merupakan ion K^+ bebas di dalam sitoplasma sel, sehingga ion tersebut tidak membutuhkan proses mineralisasi yang

rumit oleh mikroba. Ketika dinding sel kulit sukun hancur oleh enzim selulase dari EM4, ion K⁺ dilepaskan langsung ke dalam larutan. Selain itu, kalium bukan merupakan komponen struktural utama sel mikroba, sehingga tingkat imobilisasinya oleh EM4 jauh lebih rendah dibandingkan nitrogen.

Anomali terjadi pada sampel D yang menghasilkan kalium terendah (0,13%), lebih rendah dari sampel A (0,16%). Hal ini menjelaskan bahwa kulit sukun merupakan sumber kalium yang lebih mudah tersedia dibandingkan dengan kotoran domba dalam sistem fermentasi anaerob, sehingga pengurangan komposisi kulit sukun pada sampel D menyebabkan penurunan ketersediaan senyawa K (Nur dkk., 2016).

Evaluasi Mutu POC

Tabel 6. Hasil Uji Parameter POC terhadap SNI 19-7030-2004

Parameter	A	B	C	D	SNI 19-7030-2004
pH	4,01	5,46	5,36	5,15	4 – 9
N (%)	0,06	0,09	0,05	0,05	Min. 0,40
P (%)	0,001	0,003	0,003	0,003	Min. 0,10
K (%)	0,16	0,22 *	0,22*	0,13	Min. 0,20

*Memenuhi standar SNI.

Hasil seluruh parameter pada Tabel 6 menunjukkan bahwa dari keempat variasi perlakuan, hanya parameter pH dan K pada sampel B dan C yang berhasil memenuhi standar SNI 19-7030-2004. Berdasarkan prinsip Hukum Minimum Liebig, pertumbuhan tanaman dibatasi oleh unsur hara yang paling rendah ketersediaannya (Brady & Weil, 2017). Dalam hal ini, nitrogen menjadi faktor pembatas utama (limiting factor) karena nilainya hanya mencapai 22,5% dari batas minimum SNI pada kondisi terbaiknya (sampel B: 0,09% dari minimum 0,40%). Artinya, meskipun kalium telah memenuhi standar, efektivitas POC secara keseluruhan tetap dibatasi oleh kekurangan kandungan nitrogen.

Penelitian ini membuktikan bahwa proses konversi limbah kulit sukun melalui fermentasi anaerob EM4 berhasil pada aspek

fisik (konversi limbah menjadi produk cair) dan sebagian pada aspek kimiawi (memenuhi standar K). Untuk meningkatkan kualitas POC secara menyeluruh, diperlukan penyempurnaan komposisi dengan penambahan sumber nitrogen. Urin domba mengandung nitrogen dalam bentuk urea (1,4–1,8%) yang dapat langsung dihidrolisis menjadi NH₄⁺ oleh enzim urease (Hartatik & Widowati, 2020). Pemanfaatan urin domba dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan efisiensi. Sehingga, POC berbahan limbah kulit sukun berpotensi menjadi produk bernilai guna yang sekaligus berperan dalam penyelesaian masalah limbah organik pertanian.

Implikasi Kandungan N, P, K terhadap Ketersediaan Hara di Tanah dan Nutrisi Tanaman

Meskipun kandungan N dan P pada seluruh sampel POC belum memenuhi standar SNI 19-7030-2004, keberadaan senyawa organik terlarut dalam POC tetap memberikan dampak positif terhadap ketersediaan hara di tanah. Aplikasi POC pada tanah akan menyumbangkan asam-asam organik hasil fermentasi yang berperan dalam melarutkan fosfat yang terikat pada mineral tanah dan meningkatkan bioavailabilitas unsur hara mikro melalui proses pengikatan ion (Brady & Weil, 2017). Kondisi pH pupuk organik cair yang berada pada kisaran 4,01–5,46 sesuai dengan kondisi pH tanah pertanian di Jawa Barat yang umumnya bersifat masam (pH 4,5–6,0), sehingga aplikasi POC tidak akan menyebabkan pergeseran pH tanah yang drastis (Hartatik & Widowati, 2020). Walaupun tidak dapat digunakan untuk seluruh tanaman, pupuk ini dapat diaplikasikan pada komoditas yang tahan terhadap pH asam seperti teh, kopi atau tanaman hortikultura.

Dari segi nutrisi tanaman, nitrogen merupakan elemen kunci dalam pembentukan protein, enzim, dan klorofil; fosfor berperan dalam transfer energi (ATP) dan perkembangan sistem perakaran; dan kalium berfungsi dalam

menjaga kesehatan sel (Brady & Weil, 2017). Berdasarkan Hukum Minimum Liebig, meskipun ketersediaan kalium pada sampel B dan C sudah memenuhi standar SNI, kandungan nitrogen yang hanya mencapai 22,5% dari ambang batas minimum sehingga tanaman tidak akan bisa tumbuh maksimal jika salah satu nutrisinya kurang. Oleh karena itu, pupuk organik cair yang dihasilkan dalam penelitian ini belum dapat dijadikan sebagai pupuk utama, melainkan sebagai pupuk pelengkap (supplementary fertilizer) atau penyubur tanah (soil amendment) yang perlu dibantu dengan tambahan pupuk nitrogen lainnya.

Penggunaan pupuk organik cair kulit sukun secara rutin dapat memberikan manfaat kumulatif terhadap kesuburan tanah. Kualitas tanah meningkat karena bahan organik tanah, perbaikan kapasitas tukar kation (KTK), dan mikroba tanah menjadi lebih aktif (Saraswati dkk., 2019). Bahan organik yang masuk ke dalam tanah melalui aplikasi POC akan mengalami proses mineralisasi secara bertahap sehingga bisa diserap tanaman dalam waktu yang lebih lama. Metode pelepasan lambat (slow release) ini menjadikan pupuk yang ramah lingkungan dan sesuai dengan prinsip pertanian berkelanjutan.

KESIMPULAN

Fermentasi anaerob limbah kulit sukun (*Artocarpus altilis*) menggunakan bioaktivator EM4 selama 21 hari berhasil menghasilkan rata-rata 1 liter POC dari 500 g bahan baku, mengurangi volume limbah padat sekaligus menghasilkan produk bernilai guna. Seluruh sampel memenuhi standar pH SNI 19-7030-2004 (4,01–5,46) dan kandungan kalium pada sampel B dan C (0,22%) telah memenuhi standar minimum SNI (0,20%). Namun, kandungan nitrogen (0,05–0,09%) dan fosfor (0,001–0,003%) masih jauh di

bawah standar SNI akibat rasio C/N kulit sukun yang sangat tinggi yang mendorong imobilisasi hara oleh mikroorganisme EM4. Komposisi terbaik adalah sampel B dengan rasio kulit sukun dan kotoran domba 2:1 (400 g : 200 g). Optimasi kualitas POC memerlukan penambahan sumber nitrogen yang mudah didapat, seperti urin domba, agar POC dapat memenuhi standar SNI. Dari perspektif ilmu tanah, POC limbah kulit sukun yang dioptimasi berpotensi berfungsi sebagai penyubur tanah (soil amendment) yang meningkatkan bahan organik tanah, kapasitas tukar kation, dan aktivitas mikroorganisme tanah secara kumulatif, sehingga direkomendasikan sebagai suplemen pupuk anorganik untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Graha, T.B.S., Argo, B.D., & Luthfi, M. (2015). Pemanfaatan Limbah Nangka pada Proses Pengomposan Anaerob dengan Menambahkan Variasi Konsentrasi EM4. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(2), 141–147.
- Hartatik, W., & Widowati, L.R. (2020). Dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur hara. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 44(1), 1–12.
- Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., & Beaton, J.D. (2013). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (8th ed.). Pearson.

- Jamaludin, S.N. (2018). Study of Food Waste Composting by Using Breadfruit Peel as Fermentation Liquid. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137530707>
- Makiyah, M. (2013). Analisis kadar N, P, dan K pada pupuk cair limbah tahu dengan penambahan tanaman matahari Meksiko. *Jurnal Kimia*, 10(2).
- Nurdini, L., Amanah, R.D., & Utami, A.N. (2016). Pengolahan Limbah Sayur Kol Menjadi Pupuk Kompos Dengan Metode Takakura. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan'. Yogyakarta.
- Nur, T., Noor, A.R., & Elma, M. (2016). Pembuatan pupuk organik cair dari sampah organik rumah tangga dengan bioaktivator EM4. *Jurnal Konversi*, 5(2), 5–12.
- Putra, B.W.R.I.H., & Ratnawati, R. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(1), 44–56. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol11.iss1.art4>
- Ramadhan, R.A., Fizriani, A., & Tubagus, R. (2024). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis*) Dalam Pembuatan Edible Film. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 7(1), 26–36.
- Saraswati, R., Husen, E., & Simanungkalit, R.D.M. (2019). Peran mikroorganisme dalam siklus hara tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2), 101–110.
- Sari, M.W., & Alfianita, S. (2019). Pemanfaatan batang pohon pisang sebagai pupuk organik cair dengan aktivator EM4 dan lama fermentasi. *Jurnal Tedc*, 12(2), 133–138.
- Sutrisno, E., Kuncoro, E.P., & Rokhati, N. (2019). Pengelolaan limbah organik pertanian. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(1), 1–10.
- Syafri, R., Hendrawati, & Yasman. (2017). Pupuk organik cair dari limbah kulit nanas dan nangka. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan*, 6(1), 1–12
- Zin, M. K., Dobariya, B., Heidkamp, H., Ade, C., Flemming, H. C, & Bockmuhl, D.P. How Effective Are Cleaners With “Effective Microorganisms”?. *Journal of Surfactants and Detergents* Volume 28, Issue 6. <https://doi.org/10.1002/jsde.12883>