



Strategi Optimasi Media Cair dalam Perbanyakkan Kultur Kapang Dekomposer Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Efisiensi Produksi Biogas

Badrut Tamam Ibnu Ali¹, Semuel Pati Senda^{1*}, Teguh Baruji¹, Fusia Mirda Yanti¹, Septina Is Heriyanti¹, Intan Machiya¹, Eko Santoso¹, Trisaksono Bagus Priambodo¹, Budiyanto¹, Fithri Nur Purnamastuti¹, Nilasari¹, Sandia Primeia², Novio Valentino³

Sitasi: Ali, B.T.I; Senda, S.P; Baruji, T; Yanti, F.M; Heriyanti, S.I; Machiya, I; Santoso,E; Priambodo, T.B; Budiyanto; Purnamastuti, F.N; Nilasari; Primeia, S; Valentino, N. (2024). Strategi Optimasi Media Cair dalam Perbanyakkan Kultur Kapang Dekomposer Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Efisiensi Produksi Biogas. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(3) N(2), hlm. 35-41



Copyright: © 2024 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

- 1 Pusat Riset Teknologi Industri Proses dan Manufaktur, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gedung 625, PUSPITEK, Tangerang Selatan, Indonesia
 - 2 Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gedung 820, PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Indonesia
 - 3 Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gedung 620, PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Indonesia
- * Korespondensi: semu001@brin.go.id

Abstract: Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB) is a solid waste that constitutes 21% of the total mass of palm oil production. In managing organic waste such as oil palm EFB, the use of decomposer molds is increasingly important for accelerating the decomposition process of organic matter. In this context, liquid technical media can be an effective solution for the propagation of decomposer molds. One popular formulation involves the use of molasses as a carbon source and urea as a nitrogen source, with osmoregulatory adjustments using a 0.85% NaCl salt solution. Pretreatment of EFB using a biological process with local mold isolates aims to decompose the material, producing substrates with high COD values. The purpose of this study was to optimize the liquid media for the multiplication of oil palm EFB decomposer mold cultures for biogas production. The liquid media used included molasses, urea, and 0.85% NaCl. In this study, the substrate with the highest COD content value of 27,095 ppm was obtained with a liquid media ratio of 7.5% molasses, 3000 ppm urea, and 0.85% technical salt.

Keywords: Decomposition, Oil Palm Empty Bunch, Liquid Media, Fungal Culture, Biogas Production

Abstrak: Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang memiliki massa 21% dari total massa minyak sawit. TKKS umumnya hanya menjadi limbah atau selanjutnya digunakan sebagai pupuk organik di perkebunan kelapa sawit. produksi Dalam pengelolaan limbah organik seperti tandan kosong kelapa sawit, penggunaan kapang dekomposer menjadi semakin penting untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Dalam konteks ini, media teknis cair dapat menjadi solusi efektif untuk perbanyakkan kapang dekomposer. Salah satu formulasi yang populer melibatkan penggunaan molase sebagai sumber Karbon dan Urea sebagai sumber Nitrogen, dengan penyesuaian osmoregulator menggunakan larutan garam NaCl 0,85%. Perlakuan awal TKKS dengan pendekatan proses biologi melalui dekomposisi tandan kosong kelapa sawit menggunakan isolat kapang lokal untuk menghasilkan substrat yang memiliki nilai COD tinggi. Tujuan penelitian ini adalah melakukan optimasi media cair perbanyakkan kultur kapang dekomposer tandan kosong kelapa sawit untuk produksi biogas. Media cair yang digunakan berupa molase, urea dan NaCl 0.85 %. Pada penelitian ini, didapatkan substrat dengan nilai kandungan COD tertinggi sebesar 27.095 ppm dengan perbandingan media cair molase sebesar 7.5 %, urea 3000 ppm, dan garam teknis 0.85 %.

Kata kunci: Dekomposisi, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Media Cair, Kultur Jamur, Produksi biogas

1. Pendahuluan

Tandan Kosong Kelapa Sawit adalah limbah padat pabrik kelapa sawit yang dihasilkan dari proses pemisahan brondolan buah sawit dari tandannya [1]. Limbah tandan kosong kelapa sawit yang merupakan 21% bagian dari buah segar menjadi permasalahan pasca produksi karena jumlahnya yang melimpah dan sifatnya yang sulit terurai karena kandungan lignoselulosa yang tinggi [2], [3]. Secara umum, tandan kosong kelapa sawit hanya dianggap sebagai limbah dan digunakan sebagai pupuk organik di perkebunan kelapa sawit [3]. Penggunaan tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber energi memiliki keterbatasan dalam hal neraca energi [4]. Hal ini dikarenakan tandan kosong kelapa sawit memiliki kadar air yang cukup tinggi, energi yang rendah, sulit dalam penanganan, serta memerlukan ruang yang cukup besar untuk penyimpanannya.

Disisi lain, tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku produksi biogas melalui perlakuan awal [5], [6]. Perlakuan awal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas tandan kosong kelapa sawit dengan cara menghilangkan kandungan lignin yang bisa menghambat kinerja mikroorganisme dalam mengkonversi nilai kebutuhan oksigen kimia sebagai umpan digester menjadi biogas. Beberapa metode perlakuan awal yang dapat diterapkan pada tandan kosong kelapa sawit antara lain perlakuan mekanik, perlakuan panas, perlakuan kimia, dan perlakuan biologi [7]. Perlakuan mekanik dilakukan dengan menggiling atau memotong tandan kosong kelapa sawit untuk memecah struktur selulosa dan lignin. Perlakuan panas dilakukan dengan pemanasan tandan kosong kelapa sawit pada suhu tertentu untuk memecah struktur lignin dan selulosa. Perlakuan kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu, seperti asam atau basa, untuk memecah struktur selulosa dan lignin. Sedangkan, perlakuan biologi dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme tertentu untuk memecah struktur selulosa dan lignin. Pada penelitian ini, fokus akan membahas perlakuan biologi khususnya proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit oleh mikroorganisme.

Proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit menggunakan kapang sangat dipengaruhi oleh media cair. Beberapa media cair yang umumnya digunakan dalam proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit melibatkan campuran bahan organik dan bahan tambahan tertentu. Salah satu formulasi yang populer dalam media cair yaitu melibatkan penggunaan molase sebagai sumber karbon dan urea sebagai sumber nitrogen, dengan penyesuaian osmoregulator menggunakan larutan garam NaCl 0,85%. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa kandungan gula sukrosa dalam molase harus berkisar antara 48-60% [8]. Penambahan molase ke dalam media cair memberikan dasar nutrisi yang memadai untuk perkembangan kapang dekomposer. Penambahan urea ke dalam media cair memberikan nutrisi tambahan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi, membantu mengurangi bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, dan memfasilitasi siklus nutrisi dalam ekosistem mikroba. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kandungan N pada urea dalam media cair sekitar 45-46% b/b [9]. Oleh karena itu, menjadi tantangan dalam menemukan formula yang tepat dari media cair untuk memaksimalkan kerja mikroorganisme dalam proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit.

Selain itu, penting untuk mempertahankan kondisi lingkungan yang optimal dalam media cair agar kapang (dekomposer) dapat berkembang dengan baik. Dalam hal ini, garam NaCl 0,85% digunakan sebagai osmoregulator cairan. Garam ini membantu mengatur keseimbangan osmotik dalam sel kapang, menjaga kestabilan tekanan osmotik dan memastikan kelangsungan hidup mikroorganisme. Penggunaan larutan garam NaCl 0,85% juga dapat mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan mikroorganisme patogen lainnya. Ini memberikan lingkungan yang lebih selektif untuk pertumbuhan kapang dekomposer, meningkatkan keefektifan proses perbanyakan biomassa kapang [10]. Selain formulasi media teknis, penting untuk memperhatikan faktor-faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan aerasi [11], [12]. Pengaturan suhu yang optimal akan memastikan aktivitas enzim kapang berjalan dengan efisien. pH yang sesuai juga merupakan faktor kunci, karena kapang umumnya tumbuh optimal pada pH tertentu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini memformulasikan komposisi media cair yang optimal untuk memperbanyak kapang dekomposer dengan menggunakan variasi konsentrasi molase, urea, dan larutan garam NaCl 0,85% agar didapat proses dekomposisi yang optimal. Hasil dari masing-masing variasi dibandingkan nilai COD-nya sebagai indikator banyak bahan organik yang dapat digunakan lebih lanjut dalam produksi biogas.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain molase (kadar sukrosa 48-60%), urea (kadar N berkisar 45-46%), NaCl dengan kadar 0,85%, dan inokulum dengan konsentrasi 5% (v/v).

2.2 Metode

2.2.1 Pembuatan larutan molase, urea, dan garam

Larutan molase konsentrasi 20% dibuat dengan melarutkan 20 gram molase dalam 100 mL aquades. Larutan tersebut dilakukan pengenceran untuk membuat larutan dengan konsentrasi 2,5%; 5%; dan 7,5%. Larutan urea 20.000 ppm dibuat dengan melarutkan 4 gram urea dalam 200 mL aquades dan dilakukan pengenceran menjadi 1.000 ppm, 3.000 ppm, dan 5.000 ppm. Pembuatan larutan garam 0,85% dilakukan dengan cara melarutkan 0,85 gram dalam 100 ml aquades. Desain percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Percobaan optimasi media perbanyak kapang dekomposer

| Simbol Media cair | Komposisi Media Cair (% b/b) | | |
|-------------------|------------------------------|------|-------|
| | Molase | Urea | Garam |
| M2,5/U1.000 | 12,5 | 5 | 82,5 |
| M2,5/U3.000 | 12,5 | 15 | 72,5 |
| M2,5/U5.000 | 12,5 | 25 | 62,5 |
| M5/U1.000 | 25 | 5 | 70 |
| M5/U3.000 | 25 | 15 | 60 |
| M5/U5.000 | 25 | 25 | 50 |
| M7,5/U1.000 | 37,5 | 5 | 57,5 |
| M7,5/U3.000 | 37,5 | 15 | 47,5 |
| M7,5/U.5000 | 37,5 | 25 | 37,5 |

Keterangan: M=molase, U=urea

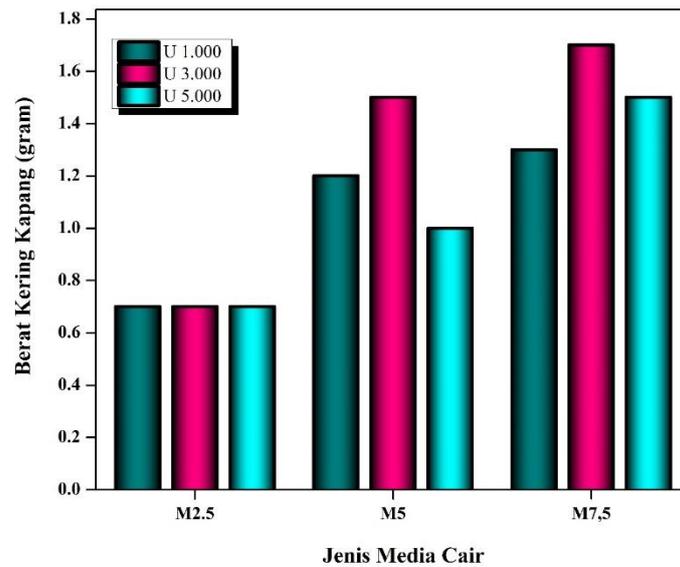
2.2.2 Fermentasi Pertumbuhan Kapang Dekomposer

Kapang dekomposer kemudian diinokulasikan ke dalam masing-masing variasi media teknis sesuai desain percobaan secara aseptis di dalam Laminar Air Flow (LAF). Inokulum yang digunakan adalah kapang dekomposer teridentifikasi sebagai *Aspergillus niger* 1.1. sebanyak 5% v/v; (5 ml dalam 100 ml media). Proses fermentasi kapang dilakukan untuk pertumbuhan kapang dekomposer. Setelah proses fermentasi selesai, maka biomassa kapang dekomposer yang tumbuh kemudian di saring, dipisahkan dengan substrat cairnya. Padatan kapang kemudian di keringkan dengan cara di oven pada suhu 105 °C. Biomassa kapang dekomposer yang telah mengering, kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya. Berat biomassa yang terbesar, menunjukkan komposisi media teknis yang paling optimal. Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari substrat diukur dengan menggunakan Visible Light Spectrophotometer (Genesys 10S UV-Vis, Thermo scientific).

3. Hasil dan Pembahasan

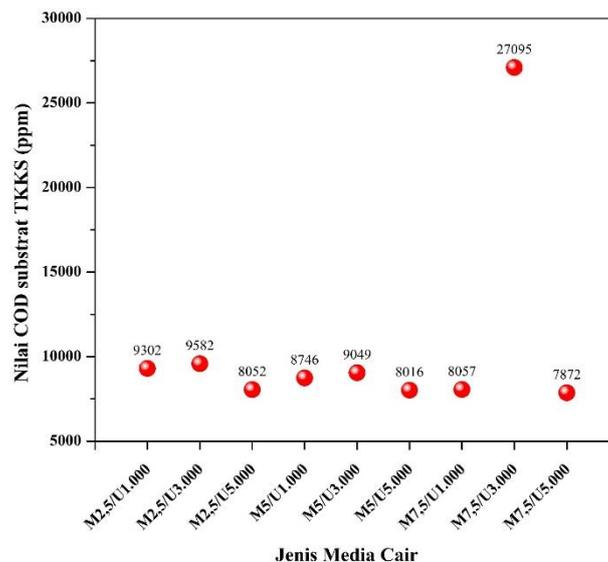
3.1 Pengaruh molase

Pengaruh molase pada penelitian ini ditinjau dari perubahan berat kapang dan nilai COD substrat yang dihasilkan. Gambar 1 menunjukkan perubahan berat kapang yang dihasilkan menggunakan beberapa variasi komposisi media cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persen konsentrasi molase yang ditambahkan akan menyebabkan peningkatan berat kapang. Hasil ini disebabkan oleh komponen dalam molase dan faktor enzimatik. Molase mengandung gula sederhana seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa yang dapat dimanfaatkan oleh jamur sebagai sumber karbon utama untuk pertumbuhan dan metabolisme [13], [14]. Semakin banyak gula yang tersedia untuk jamur, maka akan meningkatkan aktivitas metabolik dan sintesis biomassa sehingga terjadi peningkatan berat kering. Selain gula, molase juga mengandung nutrisi tambahan seperti mineral, vitamin, dan nitrogen organik dalam jumlah kecil yang juga dapat mendukung pertumbuhan mikroba [15], [16]. Kondisi nutrisi yang kaya memungkinkan kapang untuk tumbuh lebih cepat dan menghasilkan lebih banyak biomassa. Molase juga mendukung sintesis berbagai komponen seluler seperti protein, lipid, dan karbohidrat struktural. Komponen-komponen ini berkontribusi pada peningkatan berat kering jamur. Faktor enzim seperti enzim invertase atau amilase dapat lebih aktif dalam kondisi dengan molase tinggi [17] sehingga banyak gula kompleks diubah menjadi gula sederhana dan dapat meningkatkan berat kering kapang.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi molase terhadap berat kering kapang

Indikator yang lain untuk menentukan media cair yang optimal dalam pertumbuhan mikroorganisme untuk produksi biogas adalah nilai COD dari substrat tandan kosong kelapa sawit. Nilai COD substrat menunjukkan banyaknya bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme selama proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit [18], [19]. Gambar 2 menunjukkan nilai COD substrat yang dihasilkan dari proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit pada berbagai media cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi molase akan meningkatkan nilai COD dari substrat. Hasil ini menunjukkan bahwa banyak bahan organik dari tandan kosong yang diuraikan oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan nilai COD yang tinggi seiring dengan peningkatan konsentrasi molase. Aktivitas mikroba juga akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi molase karena banyak bahan organik yang dapat diuraikan sehingga akan meningkatkan nilai COD pada substrat. Nilai COD yang tertinggi dimiliki oleh media cair dengan konsentrasi molase 7,5 % (27.095 ppm) dibandingkan 5% (9.302 ppm) dan 2,5% (8.746 ppm).

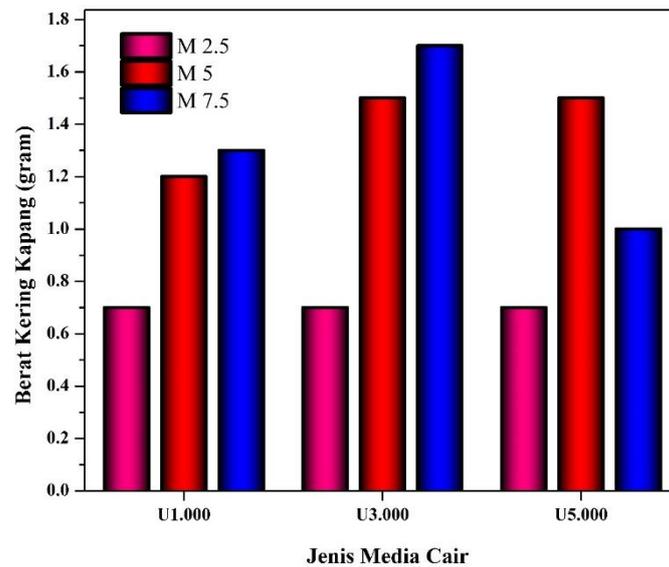


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi molase dan urea terhadap nilai COD substrat

3.2 Pengaruh urea

Gambar 3 menunjukkan pengaruh konsentrasi urea terhadap berat kering kapang. Hasil penelitian secara keseluruhan menunjukkan peningkatan berat kering kapang seiring dengan peningkatan konsentrasi urea. Hasil ini disebabkan oleh urea merupakan sumber nitrogen yang penting dalam media cair untuk sintesis protein dan asam nukleat [20]. Dengan tersedianya nitrogen yang memadai dalam media cair, sel-sel kapang dapat tumbuh dan

berkembang lebih efisien sehingga meningkatkan akumulasi biomassa kering kapang. Akan tetapi, terjadi penurunan berat kering kapang atau tidak mengalami perubahan berat saat konsentrasi urea terlalu tinggi (5.000 ppm). Hal ini disebabkan oleh konsentrasi urea yang tinggi dapat menghasilkan amonia dalam jumlah besar melalui hidrolisis. Amonia yang berlebihan bisa menjadi toksik bagi sel kapang, merusak membran sel, dan mengganggu berbagai proses metabolisme [21], [22]. Selain itu, konsentrasi urea yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi di media cair, sehingga menghambat penyerapan elemen lain yang penting bagi pertumbuhan. Kondisi tersebut biasanya menyebabkan penurunan berat kering kapang karena stres atau kematian sel.



Gambar 3. Pengaruh urea terhadap berat kering kapang

Nilai COD substrat yang dihasilkan dari variasi konsentrasi urea juga diamati dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai COD mengalami kenaikan pada konsentrasi rendah (1.000 dan 3.000 ppm) dan mengalami penurunan pada konsentrasi tinggi (5.000 ppm) (Gambar 2). Peningkatan pada konsentrasi rendah disebabkan oleh ketersediaan nitrogen yang cukup dalam media cair akan membantu pertumbuhan dan perkembangan sel kapang lebih efisien sehingga mampu meningkatkan banyaknya mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik dari tandan kosong kelapa sawit [23], [24]. Hal ini menyebabkan COD yang terukur pada substrat menjadi relatif besar. Sedangkan penurunan nilai COD pada konsentrasi urea tinggi disebabkan oleh efek toksik dari amonia yang menghambat aktivitas enzim dan metabolisme mikroba, mengurangi kemampuan mikroba untuk mendegradasi bahan organik dalam tandan kosong kelapa sawit [20], [24]. Hal ini menyebabkan COD yang terukur relatif kecil atau turun daripada sebelumnya. Selain itu, amonia berlebih mampu menghambat kerja enzim yang bertanggung jawab mendekomposisi lignin dan selulosa dari tandan kosong kelapa sawit, sehingga dekomposisi bahan organik menjadi lebih lambat. Ketidakseimbangan nutrisi pada media cair juga dapat terjadi karena konsentrasi urea yang tinggi sehingga menghambat aktivitas mikroorganisme lignolitik yang esensial untuk dekomposisi lignoselulosa. Nilai COD maksimal yang dihasilkan dari variasi konsentrasi urea adalah media cair dengan konsentrasi urea 3.000 ppm. Secara keseluruhan, komposisi media cair yang paling baik dalam menghasilkan berat kering kapang dan nilai COD adalah campuran molase dengan konsentrasi 7,5% dan urea 3.000 ppm.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mendapatkan komposisi optimum dari masing-masing komponen media cair untuk menghasilkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam menguraikan tandan kosong kelapa sawit. Media cair dengan konsentrasi molase 7,5% dan urea 3.000 ppm mampu menghasilkan berat kapang 1,7 gram dan nilai COD 27.095 ppm yang lebih tinggi dibandingkan komposisi yang lain. Komposisi media cair paling optimum ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagai media cair mikroorganisme dalam dekomposisi tandan kosong kelapa sawit untuk produksi biogas.

Ucapan Terima Kasih: Peneliti berterima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Republik Indonesia yang telah mendanai kegiatan riset ini melalui skema Program Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju Gelombang 1 Tahun 2022 dengan Keputusan Deputy Bidang Fasilitasi Riset dan Inovasi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Nomor 65/II.7/HK/2022 sebagai pengelola dana riset. Selain itu, Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada PTPN IV PalmCo sebagai mitra industri dalam pelaksanaan RIIM Gelombang 1 Tahun ke-2.

Referensi

- [1] M. Y. R. Siahaan and D. Darianto, "Karakteristik Koefisien Serap Suara Material Concrete Foam Dicampur Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Impedance Tube," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 85–93, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3823.
- [2] C. Sindhuwati *et al.*, "Review: Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Fed Batch pada Proses Hidrolisis," *J. Tek. Kim. dan Lingkungan*, vol. 5, no. 2, pp. 128–144, 2021, doi: 10.33795/jtkl.v5i2.224.
- [3] M. S. Hidayat, A. Hasibuan, B. Harahap, and S. P. Nasution, "Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pupuk di PT Karya Hevea Indonesia," *Fact. J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 52–58, 2022, doi: 10.56211/factory.v1i2.172.
- [4] M. F. Praevia and W. Widayat, "Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 28–37, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13367.
- [5] A. Pratama, R. Bulan, and Darwin, "Produksi Biogas Berbahan Dasar Kotoran Sapi Digesi dan Co-Digesi Dengan Tepung Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Anaerobik Digesi (Production of Biogas from Cattle Manure Digestion and Co-Digestion with Oil Palm Empty Fruit Bunch under Digestive A," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 5, no. 2, pp. 210–216, 2020.
- [6] D. Pasaribu and E. Kusdiyantini, "Energi Mandiri dengan Pemanfaatan Limbah Cair pada Industri Pabrik Kelapa Sawit," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 163–169, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11163.
- [7] A. Karvinaldi, N. D. Dharmawati, and R. A. Renjani, "Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serabut (Fiber) dalam Pembuatan Polybag Organik," *J. Teknotan*, vol. 16, no. 1, p. 37, 2022, doi: 10.24198/jt.vol16n1.7.
- [8] Z. A. Putra, E. N. Dewi, L. Purnamayati, and L. Rianingsih, "PENGARUH PENAMBAHAN ENZIM PROTEASE TERHADAP SPESIFIKASI PUPUK ORGANIK CAIR Sargassum sp.," *Saintek Perikan. Indones. J. Fish. Sci. Technol.*, vol. 18, no. 1, pp. 47–52, 2022, doi: 10.14710/ijfst.18.1.47-52.
- [9] T. M. Widjajanto, I. Mahyudin, and F. Razie, "Pengaruh Penambahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dan Em4 Dalam Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Pt. Ladangrumpun Suburabadi Di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan," *EnviroScientiae*, vol. 17, no. 1, p. 126, 2021, doi: 10.20527/es.v17i1.11366.
- [10] N. Tuliabu, J. R. T. S. Rimper, V. Warouw, E. Y. Kaligis, N. D. C. Rumampuk, and E. L. A. Ngangi, "Zooplankton in the Seagrass Beds of Nain Island," *J. Ilm. PLATAX*, vol. 12, no. 1, pp. 26–35, 2023, doi: 10.35800/jip.v12i1.50187.
- [11] M. Anthonio, P. B. Hastuti, and E. Firmansyah, "Studi Kasus Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Diantara Pokok Kelapa Sawit Di Perkebunan PT. Mitranusa Permata Sungai Manunggul Estate (SMGE) Kalimantan Selatan," *AGROFORTECH*, vol. 1, no. 833, pp. 1338–1349, 2023.
- [12] S. Wijayani and H. Wirianata, "Kontribusi Tandan Kosong Dalam Meningkatkan Pengaruh Pupuk Anorganik Terhadap Produksi Kelapa Sawit," *AGROISTA J. Agroteknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 42–51, 2022, doi: 10.55180/agi.v6i1.242.
- [13] M. Yahya, Y. Rasjid, and L. Sunarti, "Pemanfaatan Limbah Daun Pisang Kering Dan Penambahan Molase Sebagai Media Tanam Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus)," *J. Math. Appl. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–96, 2023.
- [14] K. A. Nasution, K. Warsito, and M. Hafiz, "Growth Response and Results of White Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) due to Additional Concentration Molasse and Rice Flour in Media Baglog," *J. Pembelajaran Dan Biol. Nukl.*, vol. 8, no. 2, pp. 531–544, 2022, doi: 10.36987/jpbn.v8i2.2883.
- [15] R. Maulana, D. M. Hadi, E. Hariani, E. Tranado, F. Andrayani, and A. Raksun, "Pelatihan Pembuatan Urea Molases Blok (UMB) Sebagai Suplemensapi Pada Peternak Sapi Potong Di Dusun Gading, Desa Montongbetok, Kecamatan Montong Gading Kabupaten Lombok Timur," *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA*, vol. 4, no. 2, pp. 0–4, 2021, doi: 10.29303/jpmpi.v4i2.658.
- [16] S. Sadarman *et al.*, "Evaluasi Evaluasi Penggunaan Kombinasi Aditif Berbasis Molases dan Sirup Komersial Afkir yang Dapat Menstimulasi Pertumbuhan Mikroba Baik Terhadap Profil Fermentasi Silase Tebon Jagung," *J. Nutr. Ternak Trop.*, vol. 6, no. 1, pp. 57–68, 2023, doi: 10.21776/ub.jnt.2023.006.01.7.
- [17] Masyitah and A. Abubakar, "Peningkatan Nilai Tambah Onggok Singkong dan Dedak Padi Sebagai Substrat pada Produksi Asam Sitrat," *Food Sci. J. Food Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 146–164, 2023, doi: 10.33830/fsj.v3i2.5106.2023.
- [18] A. P. Ibrahim Fathahillah Hizbul Islam, Risa Wahyu Widyastuti, Adzon Nugraha Rizky Pratama, "ANTASENA BIOHIDROGEN: GENERATOR BERBASIS LIMBAH KELAPA SAWIT GUNA MENINGKATKAN KERJA SAMA INDONESIA-TIONGKOK DI BIDANG RENEWABLE ENERGY," *OISAA J. Indones. Emas*, vol. 5, pp. 43–56, 2022.

-
- [19] Q. Qurrotu'aini and J. A. Al'afifah, "Inovasi Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit (Pome)Net-Zero Emission Menjadi Listrik Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT)," *J. Ilm. Penal. Dan Penelit. Mhs.*, vol. 6, no. 2, pp. 35–50, 2022.
- [20] W. A. S. P. Darso, E. Kaya, and M. L. Habi, "Pengaruh Pupuk Organik Cair dan Urea Terhadap Kemasaman , N-total , Serapan N , Serta Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa L*) Pada Regosol Effect of Liquid Organic Fertilizer and Urea Fertilizers on Acidity , N Availability , N Uptake , and Yield of ," *J. Budid. Pertan.*, vol. 19, no. 2, pp. 142–148, 2023, doi: 10.30598/jbdp.2023.19.2.142.
- [21] S. Santikawati, N. S. Sihombing, and E. Lase, "Pengaruh pemberian ekstrak kecibeling terhadap tingkat kelulushidupan larva ikan nila *Oreochromis niloticus*," *J. Penelit. Terap. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–9, 2023.
- [22] S. Andayani, "ANALISIS KESEHATAN IKAN BERDASARKAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus Sp.*) SISTEM RESIRKULASI," *JFMR-Journal Fish. Mar. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 2–8, 2022, doi: 10.21776/ub.jfmr.2022.006.03.4.
- [23] D. Criswantara, "Pengaruh pemberian ampas tebu dan pupuk organik cair (poc) kulit pisang kepok pada Media tanam pertumbuhan jamur tiram (*pleurotus astreatus*)," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 1, pp. 1–47, 2021, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimtani/article/view/941%0Ahttp://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimtani/article/download/941/987>.
- [24] Wardah, K. B. Utami, and A. Syamsuddin, "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Nitrogen, Fospor dan Kalium pada Pupuk *Trichokompos*," *J. Agriekstensi*, vol. 20, no. 2, pp. 160–168, 2021.