Biogenerasi Vol 11 No 4, 2026 (1365 – 1375)
Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi
Universitas Cokroaminoto Palopo
https://e-journal.my.id/biogenerasi
e-ISSN 2579-7085

Potensi Isolat Jamur Sebagai Agen Biodegradasi Polietilena: Tinjauan Terhadap Metode Isolasi Dan Karakterisasi

[1*] Annisya Ramadhani, [2]Dezi Handayani

[1,2]Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Corresponding author E-mail: annisyarmdhni2211@gmail.com

DOI : https://doi.org/10.30605/b2d1fg53

Accepted : 21 Juli 2026 Approved : 16 Oktober 2026 Published : 18 Oktober 2026

Abstract

This study aims to review the development of technologies and scientific evidence regarding the potential of fungal isolates as biodegradation agent for polyethylene (PE) plastic waste, with a particular focus on isolation sources, isolation methods, and characterization techniques used in recent research. A descriptive-analytical literature review approach was PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, SciSpace, and SINTA, covering original and review articles published between 2015 and 2026 total of 10 articles. The review shows that fungi of the genus Aspergillus, including A. niger, A. clavatus, A. flavus, A. oryzae, A. tamarii, and A. ochraceopetaliformis, were the most frequently reported low-density polyethylene (LDPE) degraders, alongside other promising genera such as Cladosporium, Neopestalotiopsis, Colletotrichum, and Trichoderma. Most isolates were obtained from landfill soil and plastisphere biofilms, and were selected using Mineral Salt Medium enriched with LDPE as the sole carbon source. Degradation was mainly characterized through weight-loss measurement combined with FTIR and SEM, and in several studies also AFM, tensile strength testing, and GC-MS analysis. Weight loss ranged from 4.25% to 54.34% depending on the isolate, incubation duration (7-90 days), and plastic pretreatment, with *Neopestalotiopsis phangngaensis* achieving the highest reported degradation. These findings highlight the substantial but highly variable potential of fungal isolates for PE bioremediation and underline the need for standardized experimental protocols in future research.

Keywords : *Biodegradation; fungal isolate; polyethylene; isolation method, characterization*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan material polimer sintetis atau semi-sintetis yang tersusun dari monomer-monomer organik yang berulang dan memiliki kemampuan untuk dibentuk menjadi berbagai macam produk sesuai kebutuhan. Limbah plastik yang terpapar sinar ultraviolet (UV) dan mengalami proses pelapukan di lingkungan dapat terpecah menjadi partikel-partikel berukuran lebih kecil. Hal ini meningkatkan luas permukaan dan mobilitasnya, sehingga lebih mudah tersebar di lingkungan dan masuk ke rantai makanan, yang berpotensi membahayakan organisme di ekosistem darat maupun perairan (Ghatge *et al*., 2020). Sekitar 85–90% plastik yang digunakan saat ini merupakan plastik standar yang masing-masing memiliki aplikasi tertentu. Namun, hanya tujuh jenis polimer utama yang menyumbang sekitar dua pertiga dari total permintaan plastik di berbagai sektor, yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), *Polyvinyl chloride* (PVC), dan *polyethylene terephthalate* (PET) (Siracusa & Blanco, 2020).

Plastik Polietilena (PE) menjadi salah satu plastik yang paling sering dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan sehari-hari karena memiliki karakterisasi ringan, tahan lama, serta biaya produksi yang relatif rendah. Sekitar 64% dari total produksi plastik terdiri dari polietilena (PE). Secara global, pengunaan polietilena yang terus meningkat dari tahun ketahun menyebabkan jumlah limbah plastik di lingkungan juga semakin bertambah. Selain itu, diperkirakan bahwa tingkat polusi plastik yang tercatat pada 2016 akan meningkat tiga kali lipat pada tahun 2040. (Lau *et al*., 2020).

World Economic Forum (2020) melaporkan bahwa tingkat daur ulang plastik di Indonesia masih sangat rendah, hanya sekitar 10%, sementara 47% dibakar, dan sisanya dibuang ke tempat pembuangan akhir, dibuang ke daratan, atau merembes ke badan air (Damanhuri *et al*., 2014; Andriani & Atmaja, 2019). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah plastik di Indonesia masih belum efektif sehingga dapat meningkatkan penumpukan sampah plastik di lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti biodegradasi.

Biodegradasi plastik telah banyak diteliti selama lebih dari tiga dekade terakhir sebagai upaya mengatasi penumpukan limbah plastik non-biodegradable di lingkungan. Penelitian mengenai biodegradasi plastik terus dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik (Arista, 2023). Biodegradasi plastik dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis dan ukuran molekul plastik, kondisi lingkungan (suhu dan pH tanah), serta keberadaan mikroorganisme yang mampu menguraikannya. Karena ukuran molekul plastik umumnya besar, proses degradasi dimulai dengan perlekatan mikroorganismsgaie pada permukaan plastik. Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur menghasilkan enzim yang memecah polimer menjadi molekul lebih kecil sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi. Namun, struktur plastik yang kompleks dan belum diketahui kondisi terbaik untuk mempercepat degradasi membuat penggunaan plastik biodegradable di bidang komersial masih terbatas (Akinpelu & Nechu, 2022). Biodegradasi polimer berlangsung secara bertahap, dimulai dari kolonisasi permukaan plastik, sekresi enzim ekstraseluler, depolimerisasi menjadi molekul yang lebih kecil, asimilasi oleh sel, dan pada tahap akhir mineralisasi menjadi senyawa sederhana seperti CO_2, H_2O, dan biomassa (Arista, 2023)

Salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dan sulit terdegradasi secara alami adalah polietilena, terutama karena sifatnya yang hidrofobik dan memiliki rantai karbon panjang. Beberapa mikroorganisme diketahui memiliki kemampuan untuk mendegradasi polietilena, khususnya LDPE (*Low-Density Polyethylene*). Mikroorganisme tersebut meliputi berbagai jenis bakteri seperti *Bacillus*,

Streptomyces, dan *Pseudomonas*, serta jamur dari genus *Aspergillus* dan *Penicillium* (Dsouza *et al*., 2021).

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan Review ini dipandu oleh pertanyaan berikut: (1) jenis isolat jamur apa yang dilaporkan mendegradasi LDPE; (2) dari sumber apa dan dengan metode isolasi apa isolat tersebut diperoleh; (3) teknik karakterisasi apa yang digunakan untuk membuktikan degradasi; dan (4) faktor apa yang menyebabkan variasi efektivitas antarstudi." diketahui bahwa jamur memiliki potensi besar sebagai agen biodegradasi polietilena. Metode isolasi, teknik karakterisasi, serta efektivitas masing-masing isolat jamur masih sangat beragam sehingga diperlukan kajian yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, review ini bertujuan untuk mengkaji potensi isolat jamur sebagai agen biodegradasi polietilena berdasarkan hasil-hasil penelitian terkini, dengan fokus pada metode isolasi dan teknik karakterisasi yang digunakan. Melalui kajian ini diharapkan dapat diperoleh referensi mengenai jenis mikroorganisme dan metode analisis yang efektif dalam mendukung proses degradasi polimer plastik, sehingga dapat menunjang pengembangan teknologi bioremediasi yang berkelanjutan serta mendukung pengelolaan limbah plastik dan pelestarian lingkungan di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* dengan pendekatan deskriptif-analitis untuk mengkaji potensi jamur dalam mendegradasi polietilena. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai literatur ilmiah bereputasi guna memberikan gambaran komprehensif mengenai metode isolat-isolat jamur serta teknik karakterisasi proses degradasinya. Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis melalui beberapa basis data daring, seperti Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, SciSpace, dan SINTA, menggunakan kata kunci dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang berkaitan dengan isolat jamur, biodegradasi polietilena, metode isolasi, dan karakterisasi degradasi plastik polietilena. Literatur yang dipilih merupakan artikel orisinal maupun review yang dipublikasikan pada tahun 2015–2026 dan terpilih sebanyak 10 artikel dan berfokus pada pemanfaatan jamur dalam degradasi plastik polietilena. Kriteria inklusi merupakan artikel penelitian asli atau review; terbit 2015–2026; membahas jamur dan PE/LDPE/HDPE; mencantumkan metode isolasi atau karakterisasi; tersedia dalam teks lengkap; bahasa Indonesia atau Inggris. Kriteria eksklusi yaitu artikel duplikat, prosiding, editorial, penelitian bakteri saja, dan artikel tanpa data degradasi. Analisis dilakukan melalui tahap identifikasi, skrining, penelaahan kelayakan, dan sintesis data. Artikel dipilih berdasarkan kesesuaian topik, kejelasan identifikasi jamur, keberadaan kontrol, jumlah ulangan, lama inkubasi, metode pengukuran degradasi, dan kelengkapan data. Selanjutnya, data analisis berdasarkan jenis isolat jamur, metode isolasi, serta teknik karakterisasi degradasi seperti uji weight loss, FTIR, dan SEM, kemudian disajikan secara naratif dan tabulasi untuk memberikan gambaran metode yang paling efektif bagi penelitian selanjutnya

.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan ekslusi pada riset

	Inklusi	**Eksklusi**
Publikasi	Artikel jurnal peer-reviewed, 2015–2026, teks lengkap	Prosiding, skripsi, preprint, artikel tanpa teks lengkap
Bahasa	Inggris atau Indonesia	Bahasa lain
Subjek	Isolat/strain/konsorsium jamur terhadap LDPE	Bakteri, atau plastik lain (PP, PET, PS)
Desain	Studi eksperimental dengan data kuantitatif dan kontrol	Tanpa kontrol atau tanpa data kuantitatif
Luaran	Melaporkan penurunan berat plus minimal satu analisis lain (FTIR/SEM, dll.)	Hanya melaporkan data kualitatif

HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Daftar artikel yang dilakukan review

NO	Jenis Jamur/Isolat	Sumber Isolat dan Metode Isolasi	Metode Karakterisasi	Lama Inkubasi dan Hasil Degradasi	Penulis & Tahun
1	*Cladosporium sp. CPEF-6*	Sampel Tanah TPA (landfill) dengan metode isolasi dengan seleksi pada MSM-LDPE (Mineral Salt Medium), koloni tunggal dipilih berdasarkan keunggulan pertumbuhan.	ESEM, FTIR, pengukuran pH, analisis penurunan berat	30 hari inkubasi dengan hasil penurunan berat: 0,30 ± 0,06 % (tanpa perlakuan); 0,43 ± 0,01% (setelah perlakuan panas/T-LDPE), pH asam 6,55 menjadi 6, 19	Gong *et al*., 2023.
2	*Cladosporium sphaerospermum*	*Plastiphere* (sampah plastik di perairan & TPA India). Metode isolasi Penyebaran pada PDA, Inkubasi 48 jam, screening zona jernih pada media agarized LDPE (33 isolat).	Morfologi (mikroskop 40x), sekuensing ITS/molekuler, SEM, AFM, FTIR, uji penurunan berat dan laju reduksi.	7 hari inkubasi dengan hasil penurunan berat: 15,12% laju reduksi 0,0224/hari; half-life 30, 93 hari.	Sathiyabama *et al*., 2024.
3	*Aspergillus niger & Trichoderma harzianum*	Strain koleksi kultur. Metode isolasi yaitu suspensi spora diuji pada MSM & tanah, konsetrasi spora disesuaikan	Penurunan berat, TGA, FTIR, SEM	30 hari di media cair dan 60 hari (tanah) dengan hasil. Media cair: A.niger 45,62 ± 0,21%; T. harzianum 36,0 ± 0,21%. Tanah; 9,09 ± 0,08% & 10,00 ± 0,18%	Ahmed *et al*., 2025
4	*Aspergillus clavatus (JASK 1)*	Tanah TPA (landfill soil). Isolasi dari TPA, Identifikasi dengan analisis 18S rRNA	Penurunan berat, Strum test (evolusi CO_2), FTIR, SEM, AFM	90 hari dan penurunan berat sebesar 35%, kimia; CO_2 terukur via Strum test	Gajendiran *et al*., 2016
5	*Neopestalotiopsis phangngaensis*	Skrining 65 isolat fungi Thailand. skrining 65 fungi pada MSM dan LDPE	SEM, Strum test (CO_2), uji kekuatan tarik, aktivitas enzim (lakase, Mn peroksidase, lignin peroksidase),	90 hari inkubasi dengan hasil penurunan berat, 54,34%, kekuatan tarik lembaran LDPE berkurang 0,33 MPa	Khruengsai *et al*., 2022

			GC-MS (VOC)		
6	*Diaporthe italiana, Thyrostroma jaczewskii, Colletotrichum fructicola, Stagonosporopsis citrulli, A. niger*	Isolat fungi Thailand. Skrining fungi pada MSM agar dan plastik LDPE	SEM, produksi CO_2, aktivitas enzim, GC-MS (VOC)	90 hari inkubasi dengan penurunan berat: T. jaczewskii 46,34%, C. fructicola 48,78%, D. italiana 43,90%, S.Citrulli 45,12%, dan A. niger 28,78%	Khruengsai *et al*., 2021
7	*Arthrographis kalrae, Lecanicillium coprophilum, Didymosphaeria variabile, Penicillium chrysogenum, Engyodontium album*	Tanah TPA Afrika Selatan. Metode isolasi menggunakan teknik dilusi tanah diperkaya plastik, inkubasi 45 hari suhu ambien	Gravimetri (penurunan berat), FTIR, SEM	45 hari inkubasi P.chrysogenum & E. album >20% penurunan berat, kelompok karbonil muncul pada FTIR~1700 cm^{-1}	Kheswa *et al*., 2025.
8	*Aspergillus niger H1C*, A. ochraceopetaliformis H3C, A. tamarii H6C	Tanah terkontaminasi plastik, Trujillo, Peru. Isolasi dari tanah terkontaminasi, identifikasi melekuler (ITS sequencing)	Penurunan berat (%), variasi Ph, FTIR, SEM, perhitungan laju degradasi % half-life ($t^1/_2$)	50 hari inkubasi dengan hasil A. niger H1C: 4,25 ± 1.67% penurunan berat, hal-life polimer 897,89 hari, A. ochraceopetaliformis H3C: 1.98 ± 0.37%, dan A. tamarii H6C: 3,79 ± 1.52%	Rojas-Villacorta *et al*., 2025.
9	*Apergillus niger (RV-BT12), Aspergillus flavus (RV-BT 43, Aspergillus oryzae (RV-BT117).*	A. niger & A. flavus: koleksi RVCE India A. oryzae: MTCC India Disimpan dalam 10% gliserol/susu skim. Strain dari koleksi kultur resmi Digabung jadi konsorsium di PDB/CDB Inkubasi masing-masing 5–7 hari sebelum digabung	Penurunan berta (%), SEM, FTIR, Kinetik pertumbuhan	20, 30, 55, dan 40 hari dengan hasil: kehilangan berat tertinggi, PDB 55 hari (2×2 cm): 26% LDPE menjadi satu-satunya karbon : 14,656% Tween 80: tidak signifikan Laju pertumbuhan: PDB: 0,5442 h^{-1}; CDB: 0,5242 h^{-1}	DSouza *et al*., 2021
10	*Alternaria sp.* CPEF-1 & Trametes sp. PE2F-4	Sampel tanah TPA (landfill). Isolasi kombinasi jamur yang paling efisien, skrining pada media MSM-LDPE	ESEM, FTIR, pengukuran berat	30 hari inkubasi. Penurunan berat T-LDPE 0,66% (154% lebih tinggi dari U-LDPE)	Yang et al., 2024

PEMBAHASAN

Kemampuan jamur dalam mendegradasi polietilena khususnya Low-Density Polyethylene (LDPE) telah menjadi fokus penelitian yang semakin intensif dalam satu dekade terakhir, seiring meningkatnya urgensi penanganan limbah plastik yang tidak dapat diurai secara alami. Berdasarkan hasil review terhadap berbagai sumber penelitian, dapat terlihat bahwa berbagai genus jamur dari ekosistem yang berbeda-beda memiliki kapasitas untuk memanfaatkan plastik LDPE sebagai sumber karbon. Hasil kajian menunjukkan bahwa genus Aspergillus tercatat sebagai kelompok jamur pendegradasi yang paling banyak dari beberapa penelitian. Mencakup spesies A. niger, A. clavatus, A. flavus, A. oryzae, A. tamarii, dan A. ochraceopetaliformis (Ahmed *et al*., 2025; Rojas-Villacorta *et al*., 2025; DSouza *et al*., 2021; Gajendiran *et al*., 2016). Selain itu beberapa genus jamur juga telah terbukti menunjukkan potensi biodegradasi yang signifikan. *Cladosparium sphaerospermum* yang diisolasi dari plastiphere oleh Sathiyabama *et al*., (2024) bahkan menunjukkan efisiensi degradasi yang sangat tinggi dalam waktu inkubasi yang singkat, begitu pula *Neopestalotiopsis phangngaensis* yang ditemukan oleh Khruengsai et al., (2022) melalui skrining 65 isolat jamur Thailand. Keanekaragaman taksonomi ini menunjukkan bahwa kemampuan mendegradasi plastik sintetis bukanlah kemampuan satu genus tertentu, melainkan sebuah kapasitas metabolik yang tersebar luas di antara jamur filamentus, kemungkinan besar sebagai hasil adaptasi evolusioner terhadap polutan organik persisten di lingkungan yang semakin tercemar.

Pemilihan sumber isolat dalam beberapa penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa lingkungan yang terpapar limbah plastik dalam jangka panjang merupakan habitat potensial untuk memperoleh mikroorganisme pendegradasi plastik. Sebagian besar peneliti mengambil sampel dari tanah tempat pembuangan akhir (TPA) atau landfill, yang merupakan ekosistem dengan tekanan selektif tertinggi terhadap pemanfaatan polimer sintetis sebagai sumber karbon (Gong *et al*., 2023; Gajendiran *et al*., 2016; Yang *et al*., 2024; Kheswa *et al*., 2025). Sedangkan pada penelitian Sathiyabama *et al*., (2024) mengisolasi jamur dari plastiphere, yaitu lapisan biofilm mikroba yang secara alami terbentuk dan menempel di permukaan serpihan plastik di lingkungan perairan. Habitat tersebut dianggap sebagai sumber isolat yang potensial karena mikroorganisme di dalamnnya telah beradaptasi dengan keberadaan plastik dan mampu bertahan pada permukaan polimer dalam jangka waktu yang panjang. Struktur amorf pada matriks polimer lebih mudah diakses oleh air dan mikroorganisme dibandingkan daerah kristalin, sehingga perubahan kristalinitas dapat memengaruhi proses biodegradasi (rosli,2025)

Metode isolasi yang diterapkan dalam penelitian-penelitian tersebut secara umum bertumpu pada prinsip seleksi berbasis substrat, yaitu memanfaatkan plastik LDPE sebagai satu-satunya sumber karbon dalam media tumbuh sehingga hanya mikroorganisme yang secara metabolik mampu memanfaatkan polimer tersebut yang dapat bertahan dan berkembang. Pendekatan ini paling banyak dilakukan dengan menggunakan *Mineral Salt Medium* (MSM) yang diperkaya dengan serpihan atau film LDPE, sebagaimana yang diterapkan oleh Gong *et al*. (2023) pada isolat *Cladosporium* sp. CPEF-6 dan oleh Khruengsai *et al*. (2021; 2022) yang melakukan skrining intensif terhadap puluhan isolat jamur asal Thailand. Khruengsai et al. (2022) bahkan menyeleksi 65 isolat sebelum akhirnya mengidentifikasi Neopestalotiopsis phangngaensis sebagai kandidat terbaik, suatu proses yang mencerminkan betapa pentingnya tahap skrining awal dalam menemukan isolat yang benar-benar unggul. Berbeda halnya dengan beberapa penelitian lain yang memanfaatkan koleksi strain kultur resmi seperti yang

dilakukan Ahmed et al. (2025) dan DSouza *et al*. (2021), yang meskipun menggunakan strain terverifikasi secara taksonomi, tetap menguji kemampuan degradasinya melalui eksperimen di bawah kondisi terkontrol. Kedua pendekatan ini memiliki nilai tersendiri: isolasi langsung dari lingkungan berpeluang menemukan galur baru dengan kemampuan unik, sementara penggunaan koleksi kultur memberikan reprodusibilitas dan komparabilitas yang lebih terjamin.

Dari sisi metode karakterisasi, hampir seluruh penelitian yang dikaji menggunakan pengukuran penurunan berat sebagai indikator utama aktivitas biodegradasi karena metode ini bersifat langsung, kuantitatif, dan mudah dibandingkan antarstudie. Namun demikian, pengukuran gravimetri saja dinilai tidak mencukupi untuk membuktikan terjadinya degradasi biokimiawi yang sesungguhnya, sehingga hampir semua penelitian mengkombinasikannya dengan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mendeteksi perubahan gugus fungsi kimia pada permukaan polimer. Kemunculan pita serapan gugus karbonil (C=O) di sekitar bilangan gelombang 1700–1750 cm^{-1} pada spektrum FTIR setelah inkubasi dengan jamur menjadi salah satu bukti paling konsisten terjadinya oksidasi rantai polimer, dan hal ini dilaporkan secara berulang dalam studi Gajendiran *et al*., (2016), Rojas-Villacorta *et al*. (2025), serta Kheswa *et al*. (2025). Selain FTIR, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) atau variannya Environmental SEM (ESEM) digunakan secara luas untuk memvisualisasikan perubahan morfologi permukaan plastik secara langsung, termasuk munculnya retakan, erosi, dan pelekatan hifa jamur pada substrat polimer. Beberapa penelitian yang lebih komprehensif menambahkan *Atomic Force Microscopy* (AFM) untuk mengukur perubahan topografi permukaan pada skala nanometer, uji kekuatan tarik untuk menilai degradasi mekanis polimer, serta GC-MS untuk mengidentifikasi senyawa organik volatil (VOC) hasil metabolisme jamur terhadap rantai karbon polietilena, seperti yang diterapkan oleh Khruengsai *et al*., (2021; 2022). Kombinasi beragam teknik analisis ini mencerminkan upaya komunitas peneliti untuk memberikan bukti degradasi yang lebih multidimensi dan meyakinkan, bukan sekadar pengurangan massa yang bisa saja disebabkan oleh faktor abiotik.

Durasi inkubasi yang digunakan dalam berbagai penelitian tersebut bervariasi cukup lebar, mulai dari 7 hari hingga 90 hari, dan perbedaan ini secara langsung mempengaruhi nilai penurunan berat yang dilaporkan sehingga perbandingan langsung antarstudie menjadi tidak sederhana. Inkubasi paling singkat, yakni 7 hari, digunakan oleh Sathiyabama *et al*. (2024) dan menghasilkan penurunan berat yang terbilang tinggi sebesar 15,12% dengan laju reduksi 0,0224 per hari, suatu pencapaian yang sangat menarik mengingat waktu yang dibutuhkan sangat singkat. Sementara itu, penelitian yang menggunakan durasi 90 hari seperti Gajendiran *et al*., (2016) dan Khruengsai *et al*., (2021; 2022) melaporkan penurunan berat yang jauh lebih besar, masing-masing 35% dan bahkan melampaui 40% untuk beberapa isolatnya. Inkubasi 30 hari tampak menjadi pilihan yang paling populer di antara studi-studi yang dikaji karena dinilai cukup untuk mengamati aktivitas degradasi yang terukur sekaligus masih efisien secara waktu. Variasi durasi ini menekankan pentingnya memperhitungkan faktor waktu secara cermat ketika mengevaluasi kapasitas degradasi suatu isolat, dan menunjukkan bahwa standardisasi protokol eksperimental masih menjadi tantangan nyata dalam penelitian biodegradasi plastik secara global.

Hasil degradasi yang paling menonjol dalam penelitian ini diperoleh dari isolat *Neopestalotiopsis phangngaensis* yang mampu menurunkan berat LDPE hingga 54,34% dalam 90 hari inkubasi, sebagaimana yang dilaporkan oleh Khruengsai *et al*., (2022). Angka ini merupakan yang tertinggi di antara seluruh isolat yang dikaji dan menjadikan spesies ini sebagai salah satu kandidat jamur pendegradasi polietilena paling potensial yang pernah

dilaporkan dalam literatur ilmiah. Studi dari Khruengsai *et al*., (2021) pada tahun sebelumnya juga melaporkan hasil yang kompetitif untuk beberapa isolat lainnya, di antaranya *Colletotrichum fructicola* (48,78%), *Stagonosporopsis citrulli* (45,12%), dan *Thyrostroma jaczewskii* (46,34%), yang kesemuanya diisolasi dari ekosistem Thailand dan diuji selama periode yang sama. Temuan-temuan ini memperkuat argumen bahwa keanekaragaman hayati fungi di kawasan tropis menyimpan potensi bioremediasi yang masih sangat terbuka untuk digali lebih jauh, termasuk di wilayah Indonesia yang memiliki kekayaan ekosistem dan kondisi suhu-kelembapan yang mendukung pertumbuhan jamur sepanjang tahun. Pada penelitian lain, Ahmed *et al*., (2025) melaporkan hasil yang juga sangat tinggi untuk *Aspergillus niger* dan *Trichoderma harzianum* dalam kondisi media cair selama 30 hari, masing-masing mencapai 45,62% dan 36,0%, meskipun nilai tersebut turun secara signifikan menjadi sekitar 9–10% ketika pengujian dialihkan ke dalam kondisi tanah. Penurunan yang drastis ini mengungkap sebuah realita penting: efisiensi degradasi di lingkungan terkontrol laboratorium tidak selalu dapat langsung direplikasi di kondisi lapangan yang jauh lebih kompleks dan kompetitif.

Variasi hasil degradasi antara isolat-isolat dari genus yang sama, bahkan dalam spesies yang identik, juga menjadi temuan yang patut dicermati secara saksama. *Aspergillus niger*, misalnya, dilaporkan oleh Ahmed *et al*. (2025) mencapai penurunan berat 45,62% dalam media cair selama 30 hari, sementara isolat A. niger H1C dari Peru dalam penelitian Rojas-Villacorta *et al*. (2025) hanya mampu mendegradasi 4,25% dalam 50 hari. Perbedaan yang sangat mencolok ini tidak dapat semata-mata dikaitkan dengan nama spesies yang sama, melainkan mencerminkan betapa besar pengaruh variasi genetik antargalur, kondisi ekologi asal isolat, komposisi media, serta parameter inkubasi lainnya terhadap kapasitas biodegradasi aktual. Hal yang serupa juga dapat dilihat dari perbandingan antara *Aspergillus clavatus* JASK1 yang diteliti oleh Gajendiran *et al*. (2016) dengan hasil penurunan berat 35% dalam 90 hari, dan konsorsium Aspergillus yang digunakan oleh DSouza *et al.,* (2021) yang memperoleh penurunan berat tertinggi 26% meskipun menggunakan tiga spesies sekaligus dalam kondisi inkubasi terpanjang 55 hari. Fakta ini menegaskan bahwa identitas taksonomi pada tingkat spesies saja belum cukup sebagai prediktor performa degradasi, dan setiap galur perlu dievaluasi secara individual sebelum dapat diklaim memiliki kapasitas bioremediasi yang andal. Konsorsium *Aspergillus niger* dan *Lysinibacillus xylanilyticus* dilaporkan menyebabkan perubahan morfologi permukaan polyethylene setelah inkubasi dalam tanah selama 126 hari, yang diamati menggunakan SEM (khan, 2019)

Peran perlakuan awal terhadap plastik sebelum proses inkubasi biologis juga terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi degradasi. Gong *et al*., (2023) secara sistematis membandingkan LDPE tanpa perlakuan (U-LDPE) dengan LDPE yang telah diberi perlakuan panas (T-LDPE) dan menemukan bahwa inkubasi *Cladosporium* sp. CPEF-6 pada T-LDPE menghasilkan penurunan berat 0,43%, lebih tinggi dibandingkan 0,30% pada U-LDPE. Hasil senada dilaporkan oleh Yang *et al*., (2024) yang menggunakan kombinasi *Alternaria* sp. CPEF-1 dan *Trametes* sp. PE2F-4, di mana T-LDPE mengalami penurunan berat 0,66% atau setara 154% lebih tinggi dibandingkan U-LDPE dalam durasi inkubasi yang identik. Perlakuan panas dan perlakuan fisik-kimia lainnya diyakini dapat meningkatkan keterbasahan (wettability) permukaan plastik, memperluas luas permukaan spesifik, serta memperlemah kerapatan ikatan antarmolekul rantai polimer sehingga lebih mudah dijangkau oleh enzim ekstraseluler jamur. Temuan ini memiliki relevansi praktis yang menarik, mengingat bahwa plastik yang terpapar di lingkungan alam umumnya telah mengalami foto-degradasi akibat radiasi ultraviolet dan pelapukan termal yang berlangsung bertahun-tahun, sehingga

kondisi ini secara tidak langsung sudah menyiapkan substrat yang lebih rentan terhadap kolonisasi dan degradasi biologis dibandingkan film plastik baru yang digunakan dalam eksperimen laboratorium. Fungi yang berkolonisasi pada plastik berpotensi menghasilkan enzim oksidatif, seperti lakase, lignin peroksidase, dan mangan peroksidase, yang dapat menjadi dasar penelitian lanjutan mengenai mekanisme biodegradasi polimer (napisyah, 2025).

Bukti aktivitas enzimatis yang menopang proses degradasi LDPE turut diperkuat oleh sejumlah penelitian yang secara spesifik mengukur produksi dan aktivitas enzim ekstraseluler dari jamur yang diuji. Khruengsai *et al*., (2022) mengukur aktivitas enzim oksidatif ligninolitik, meliputi lakase, mangan peroksidase, dan lignin peroksidase, pada isolat *Neopestalotiopsis phangngaensis*, dan juga mendeteksi keberadaan senyawa volatil organik (VOC) menggunakan GC-MS sebagai bukti bahwa rantai polimer benar-benar telah diputus dan dimetabolisme. Aktivitas enzim ekstraseluler merupakan salah satu mekanisme penting dalam biodegradasi plastik karena enzim tersebut membantu memutus ikatan kimia pada rantai polimer sebelum fragmen hasil degradasi diasimilasi oleh mikroorganisme (sharma, 2023). Aktivitas enzim-enzim ligninolitik ini menarik perhatian karena mekanismenya sejatinya berevolusi untuk mendegradasi lignin, polimer aromatik kompleks pada dinding sel tanaman, namun terbukti juga mampu menyerang ikatan karbon-karbon pada rantai polietilena melalui reaksi oksidatif non-spesifik. Lebih jauh, Gajendiran *et al*. (2016) menggunakan Sturm test untuk mengukur produksi CO2 dari kultur A. clavatus yang ditumbuhkan dengan LDPE sebagai satu-satunya sumber karbon, dan berhasil mendeteksi pelepasan karbon dioksida yang mengindikasikan bahwa karbon dari polimer benar-benar dioksidasi menjadi CO2 melalui jalur respirasi seluler jamur. Konfirmasi semacam ini sangat penting karena membedakan antara degradasi sejati (mineralisasi) dengan fragmentasi fisik atau pelepasan oligomer yang tidak terurai lebih lanjut, dua fenomena yang secara visual tampak serupa namun memiliki implikasi ekologis yang sangat berbeda.

Penggunaan konsorsium jamur atau kombinasi dua isolat yang berbeda genus juga muncul sebagai strategi yang menjanjikan dalam beberapa penelitian yang dikaji. DSouza *et al*., (2021) membangun konsorsium tiga spesies Aspergillus, yakni A. niger, A. flavus, dan A. oryzae, berdasarkan asumsi bahwa keragaman kapasitas enzimatik dari spesies-spesies tersebut dapat saling bersinergi dan menghasilkan degradasi yang lebih menyeluruh. Uji pada berbagai kondisi media menunjukkan bahwa PDB (*Potato Dextrose Broth*) dengan inkubasi 55 hari menghasilkan penurunan berat tertinggi 26%, jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi media dengan Tween 80 yang tidak memberikan pengaruh berarti. Pendekatan berbeda dilakukan oleh Yang *et al*. (2024) yang mengombinasikan dua isolat dari genus berbeda, *Alternaria* sp. dan *Trametes* sp., dan mendapati bahwa kombinasi keduanya menghasilkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan pengujian isolat tunggal. Hasil-hasil ini mengisyaratkan bahwa di alam, degradasi plastik kemungkinan besar tidak dilakukan oleh satu spesies jamur secara eksklusif, melainkan merupakan hasil kerja kolektif komunitas mikroba yang saling berinteraksi dalam biofilm pada permukaan plastik. Oleh karena itu, pengembangan konsorsium jamur berbasis ekologi komunitas alami berpotensi menjadi arah penelitian yang lebih relevan dan aplikatif dibandingkan pendekatan isolat tunggal untuk keperluan bioremediasi skala lapangan.

Secara menyeluruh, kajian terhadap sepuluh studi dalam tabel ini menggambarkan dinamika perkembangan riset biodegradasi LDPE oleh jamur yang semakin matang dan metodologis, namun juga mengungkap sejumlah kesenjangan yang masih perlu diisi. Perbedaan kondisi eksperimental yang sangat beragam, mulai dari ukuran dan bentuk substrat plastik, konsentrasi inokulum, suhu inkubasi, hingga komposisi media, membuat

perbandingan kuantitatif antarstudie harus dilakukan dengan kehati-hatian dan tidak boleh sembarangan digeneralisasi. Nilai penurunan berat yang tinggi dalam kondisi laboratorium, seperti yang dilaporkan oleh Sathiyabama *et al*., (2024) dan Khruengsai *et al*., (2022), perlu dimaknai dalam konteks desain eksperimen masing-masing dan belum tentu mencerminkan kapasitas yang sama ketika diaplikasikan di lingkungan nyata. Ke depannya, penelitian biodegradasi plastik oleh jamur sangat memerlukan standarisasi protokol pengujian yang disepakati secara internasional, pengembangan model kinetika degradasi yang lebih akurat, serta integrasi pendekatan genomika dan proteomika untuk mengungkap gen dan enzim kunci yang bertanggung jawab atas kemampuan degradasi tersebut. Upaya-upaya ini pada akhirnya diharapkan dapat membuka jalan bagi pengembangan teknologi bioremediasi berbasis jamur yang tidak hanya efektif secara ilmiah, tetapi juga layak dan berkelanjutan untuk diterapkan dalam pengelolaan limbah plastik, khususnya di negara-negara dengan volume timbulan plastik yang terus meningkat seperti Indonesia.

Hasil kajian ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan potensi bias publikasi. Seluruh studi yang ditelaah melaporkan adanya degradasi, tanpa satu pun temuan negatif, yang mengindikasikan kemungkinan studi dengan hasil nihil jarang dipublikasikan. Selain itu, sepuluh artikel berasal dari delapan kelompok peneliti; Gong et al. (2023) dan Yang et al. (2024), serta Khruengsai et al. (2021; 2022), masing-masing berasal dari kelompok yang sama sehingga tidak sepenuhnya independen. Penelusuran yang dibatasi pada artikel berbahasa Inggris dan Indonesia serta tidak mencakup literatur abu-abu juga dapat menyebabkan studi relevan terlewat.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa berbagai isolat jamur, terutama genus *Aspergillus* serta *Neopestalotiopsis*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, dan *Trichoderma*, berpotensi sebagai agen biodegradasi LDPE dengan persentase penurunan berat sebesar 4,25–54,34%, di mana *Neopestalotiopsis phangngaensis* menunjukkan kemampuan degradasi tertinggi. Variasi kemampuan tersebut dipengaruhi oleh galur isolat, sumber ekologis, durasi inkubasi, komposisi media, dan perlakuan awal plastik. Potensi biodegradasi ini didukung oleh perubahan gugus fungsi (FTIR), morfologi permukaan (SEM/ESEM), serta aktivitas enzim ligninolitik yang mengonfirmasi terjadinya depolimerisasi polietilena. Oleh karena itu, isolah jamur tersebut berpotensi dikembangkan sebagai agen bioremediasi limbah plastik yang ramah lingkungan, meskipun masih diperlukan penelitian lanjutan untuk menstandardisasi metode pengujian dan mengevaluasi efektivitasnya pada kondisi lingkungan diluar laboratorium.

DAFTAR RUJUKAN

Arista, P. C. (2023). Peranan mikroorganisme pendegradasi plastik: Tinjauan biodegradasi plastik, mekanismenya, serta mikroorganisme yang berperan. *Pro-Life*, *10*(1), 743-755.

Ahmed, M., Iram, S., Tabassum, N., Sajid, M., Paseutsakoun, K., Aleksza, L., & Székács, A. (2025). Biodegradation efficacy of Aspergillus niger and Trichoderma harzianum on low-density polyethylene. *Polymers,* 17(10), 1303.

D'Souza, G. C., Sheriff, R. S., Ullanat, V., Shrikrishna, A., Joshi, A. V., Hiremath, L., & Entoori, K. (2021). Fungal biodegradation of low-density polyethylene using consortium of Aspergillus species under controlled conditions. *Heliyon*, 7(12), e07008.

Gajendiran, A., Krishnamoorthy, S., & Abraham, J. (2016). Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* strain JASK1 isolated from landfill soil. *3 Biotech,* 6 (1), 52.

Gong, Z., Jin, L., Yu, X., Wang, B., Hu, S., Ruan, H., Sung, Y.-J., Lee, H.-G., & Jin, F. (2023). Biodegradation of low density polyethylene by the fungus Cladosporium *sp.* recovered from a landfill site. *Journal of Fungi,* 9(6), 605.

Khan, A. K., & Majeed, T. (2019). Biodegradation of synthetic and natural plastics by microorganisms: a mini review. *Journal of Natural and Applied Sciences Pakistan*, *1*(2), 180-184.

Kheswa, N., Gokul, A., & Dube, N. (2025). Identification of novel polyethylene-degrading fungi from South African landfill soils: *Arthrographis kalrae*, *Lecanicillium coprophilum*, and *Didymosphaeria variabile*. *Biodegradation*, 36(4), 71.

Khruengsai, S., Sripahco, T., & Pripdeevech, P. (2021). Low-density polyethylene film

biodegradation potential by fungal species from Thailand. *Journal of fungi*, 7(8), 594.

Khruengsai, S., Sripahco, T., & Pripdeevech, P. (2022). Microbial degradation of low-density polyethylene by Neopestalotiopsis phangngaensis. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 68(6), 287-294.

Napisyah, P., & Lubis, S. S. (2025). Analisis Metabarcoding ITS Plastifer dari Tempat Pembuangan Akhir Bukit Meusara Jantho Aceh Besar: Upaya Mitigasi Orangutan Sumatra (Pongo abelii) dari Risiko Cemaran Mikroplastik. Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, 13(4), 3040-3052.

Rojas-Villacorta, W., Cruz-Noriega, M. D. L., Otiniano, N. M., Terrones-Rodríguez, N., & Quiñones-Cerna, C. (2025). Biodegradation of Low-Density Polyethylene by Native Aspergillus Strains Isolated from Plastic-Contaminated Soil. *Sustainability*, 17(20), 8983.

ROSLI, N. A., & AHMAD, I. (2025). Manipulasi Struktur Hablur Selulosa: Sifat Mekanik, Morfologi, Terma dan Biodegradasi Komposit berasaskan Polietilena. Sains Malaysiana, 54(1), 121-130.

Sathiyabama, M., Boomija, R. V., Sathiyamoorthy, T., Mathivanan, N., & Balaji, R. (2024). Mycodegradation of low-density polyethylene by Cladosporium sphaerospermum, isolated from platisphere. *Scientific Reports*, 14(1), 8351.

Sharma, H., & Neelam, D. K. (2023). Understanding challenges associated with plastic and bacterial approach toward plastic degradation. *Journal of Basic Microbiology*, *63*(3-4), 292-307.

Yang, W. K., Gong, Z., Wang, B. T., Hu, S., Zhuo, Y., Jin, C. Z., ... & Jin, F. J. (2024). Biodegradation of low-density polyethylene by mixed fungi composed of Alternaria sp. and Trametes sp. isolated from landfill sites. *BMC microbiology*, 24(1), 321.