

REVIEW: EFEKTIVITAS DEGRADASI PLASTIK OLEH ASPERGILLUS TERREUS

Arina Nur Shofi¹, Fadhila Dyah Anindita¹

¹Universitas Negeri Semarang, Semarang

*Email korespondensi: arinashofi22@students.unnes.ac.id,

ABSTRAK

Plastik adalah molekul polimer serbaguna rantai panjang buatan manusia, dengan sifat serba sangat baik dan telah menggantikan bahan logam, kayu, dan kulit tradisional. Namun, kurangnya penguraian dan penutupan tempat pembuangan sampah, serta meningkatnya masalah pencemaran air dan tanah telah menimbulkan kekhawatiran tentang masalah lingkungan. Plastik ini paling cocok untuk daur ulang monomer biokimia, karena dapat didegradasi oleh enzim spesifik yang mengandung mikroorganisme lingkungan. Plastik ini paling cocok untuk daur ulang monomer biokimia, karena dapat didegradasi oleh enzim spesifik yang mengandung mikroorganisme lingkungan. Memang, ada banyak penelitian tentang degradasi plastik menggunakan bakteri seperti *Amycolatopsis* sp, *Comamonas acidovorans*, *Saccharothrix waywayandensis*, dan jamur. untuk menentukan cara agar mendapatkan mikroba fungsional tambahan dan meningkatkan aktivitas pendegradasi mikroplastik yang lebih baik tentang bagaimana mikroba memetabolisme dan memanfaatkan mikroplastik. Salah satunya yang dapat dilakukan ialah menggunakan mikroorganisme fungi berjenis mikroorganisme *Aspergillus terreus*. Uji biodegradasi plastik oleh jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) pada pH 5 dan 6; serta suhu 25°C dan 35°C pada minimal salt medium (MSM) selama 20 hari. Parameter yang diamati adalah berat kering biomassa jamur, persentase degradasi (ED) plastik, dan analisis perubahan gugus fungsi plastik dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Kata kunci: plastik, degradasi, *Aspergillus terreus*

PENDAHULUAN

Plastik adalah polimer yang terdiri dari monomer dengan ikatan kimia. Polimer ini termasuk polietilen, polipropilen, polistirena, poliuretan, dan nilon. Polietilen dan polietilen banyak digunakan sebagai bahan plastik karena stabilitas dan kekuatannya yang sangat baik. Polyethylene tahan lama, fleksibel, meleleh pada 70 ° C, mudah dibentuk dan transparan. Karena polietilen memiliki struktur padat, tidak mudah rusak. Hal ini menjadikan polietilen sebagai limbah/limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Plastik ini ideal untuk mendaur ulang monomer biokimia karena dapat dipecah oleh enzim tertentu yang terkandung dalam mikroorganisme lingkungan. Telah banyak penelitian tentang degradasi plastik oleh bakteri seperti *Amycolatopsis* sp, *Comamonas acidovorans*, *Saccharothrix waywayandensis*, dan jamur. (Yuan, 2020)

Mikroorganisme memiliki kemampuan bawaan untuk beradaptasi dengan hampir semua lingkungan dan memiliki potensi untuk mendegradasi berbagai senyawa, termasuk mikroplastik (Brooks et al., 2011). Degradasi MP menggunakan mikroorganisme mendorong biodegradasi tanpa membahayakan lingkungan (Kumar Sen dan Raut, 2015; Qi et al., 2017; Restrepo-Flórez et al., 2014), mempromosikan produksi alami. Ini akan menjadi strategi yang menjanjikan dan aman bagi lingkungan untuk dilakukan. Bioremediasi dan pembersihan mempengaruhi ekosistem alami tanpa efek samping. Namun, saat ini beberapa mikroorganisme fungsional telah diisolasi, interaksi antara mikroorganisme dan mikroplastik belum dapat dijelaskan, dan pengetahuan tentang cara menghilangkan mikroplastik masih kurang. Oleh karena itu, kami akan merangkum dan menganalisis pengetahuan terkini untuk mengidentifikasi cara menarik mikroorganisme fungsional tambahan, meningkatkan aktivitas degradasi mikroplastik, dan mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana mikroorganisme memetabolisme dan memanfaatkan mikroplastik.

Proses biodegradasi dipengaruhi oleh pertumbuhan biomassa jamur. Suhu, kelembaban, pH dan cahaya mempengaruhi pertumbuhan biomassa jamur. Pada skala laboratorium, jamur tumbuh pada kisaran pH yang luas 4,5-8,0, dengan pH optimum 5,5-7,7 tergantung pada spesies jamur. Tumbuh di bawah suhu optimal dapat mengurangi metabolisme sel rata-rata. Jika suhu optimum terlampaui, pertumbuhan akan menurun dan kematian akan terjadi jika suhu maksimum terlampaui. Suhu dan pH merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan proses biodegradasi jamur. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan uji deteriorasi plastik dengan jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) pada pH 5 dan 6. Temperatur 250 °C dan 350 °C selama 20 hari dalam media minim garam (MSM). Parameter yang diamati adalah berat kering biomassa jamur, persentase dekomposisi plastik (ED), dan analisis perubahan gugus fungsi plastik menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi pustaka. Proses pengumpulan data didasarkan pada artikel yang diterbitkan dalam buku, artikel ilmiah, majalah dan surat kabar. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biodegradasi plastik dilakukan dengan dua perlakuan yaitu pH (5 dan 6) dan suhu inkubasi (250 °C dan 350 °C). Untuk mencapai pH yang diperlakukan, 0,1 M HCl ditambahkan dan disesuaikan [27]. Sebanyak 135 ml medium MSM dimasukkan ke dalam botol kaca 500 ml, dicampur dengan 15 ml kultur starter (kepadatan 10⁶ spora/ml), dan ditambahkan 20 plastik uji (1 x 1 cm) sebanyak 3 kali. Proses dekomposisi plastik diinkubasi secara statis selama 30

hari. Setelah 30 hari, dilakukan analisis berat kering biomassa plastik, laju degradasi plastik, dan FTIR. Penelitian biodegradasi plastik menggunakan dua kontrol yaitu kontrol positif dan kontrol negatif, masing-masing diulang sebanyak tiga kali. Sebagai kontrol positif, 20 plastik uji (1 x 1 cm) digunakan pada pH sedang (7) dan suhu kamar dan 15 ml kultur starter ditambahkan. Sedangkan pada perlakuan kontrol negatif digunakan 20 plastik (1 x 1 cm), pH medium (7), dan suhu ruang tanpa penambahan inokulum. Suhu ruangan yang digunakan adalah suhu ruangan rata-rata selama 20 hari

- Perhitungan Biomassa Jamur

Biomassa jamur diukur pada akhir masa inkubasi. Biomassa jamur disaring menggunakan kertas saring. Biomassa yang telah disaring kemudian dipindahkan ke aluminium foil dan dikeringkan. Pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 80°C selama 48-72 jam. Biomassa jamur kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik sampai bobot biomassa konstan. Biomassa jamur dihitung dalam mg/ml media tumbuh.

- Persentase kerusakan plastik

Persentase kerusakan plastik adalah selisih berat kering plastik sebelum dan sesudah masa inkubasi. Setelah 20 hari inkubasi, plastik diangkat dan dicuci dengan aquades steril. Plastik tersebut kemudian disterilkan dalam alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit dan dikeringkan dalam oven pada suhu 600 °C. Kemudian timbang plastik menggunakan neraca analitik untuk menentukan berat kering akhir plastik. Nilai persen degradasi dihitung menggunakan rumus efisiensi persen degradasi dan dapat dihitung dengan rumus 3.

$$ED = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

dimana:

ED : efisiensi degradasi (dalam %)

W0 : berat kering plastik sebelum degradasi

W1 : berat akhir plastik setelah degradasi

- Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui perubahan struktur kimia atau gugus fungsi plastik yang terdegradasi oleh jamur. Preparasi dilakukan dengan mengambil sampel plastik dari inkubasi 30 hari, pencucian dengan air steril, sterilisasi dengan alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit, dan pengeringan dalam oven pada suhu 600°C [25]. Pengukuran struktur kimia menggunakan FTIR dilakukan pada rentang panjang gelombang 400-4000 cm⁻¹ [30]. Adanya puncak internal yang terbentuk dari serapan FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terbentuk. Absorbansi hidrokarbon adalah 1450 dan 1375 cm⁻¹. Absorbansi ikatan C = C adalah 1600 sampai 1450 cm⁻¹. Absorbansi C = O (karbonil) adalah 1820-1660 cm⁻¹. Ikatan rangkap tiga, di sisi lain, diserap dalam kisaran 3302150 cm⁻¹.

1. Berat kering biomassa

Pertumbuhan jamur dapat digunakan untuk menghitung biomassa yang dihasilkan dan menentukan pertumbuhan isolat jamur bila ditumbuhkan pada media cekaman hara. Dalam penelitian ini, media yang digunakan untuk memberikan kondisi stres adalah media garam minimal (MSM).

Tabel 1 Berat Kering Biomassa *C. polyzona* (LM 1020) dan *A. terreus* (LM 1021) Pada pH dan Suhu Perlakuan Setelah 20 Hari Masa Inkubasi

Perlakuan	Rata-Rata <i>A. terreus</i> (LM 1021) (dalam mg)
pH5/T25	65,00 ± 7,07 ^b

pH5/T35	50,00 ± 14,14 ^b
pH6/T25	55,00 ± 7,07 ^b
pH6/T35	45,00 ± 7,07 ^b
Kontrol (+)	50,00 ± 14,14 ^b
Kontrol (-)	0,00 ± 0,00 ⁺

Keterangan : Angka-angka yang ditandai dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan Tabel 1, A. Terlihat bahwa kedua isolat terreus (LM 1021) mampu tumbuh pada media MSM setelah 20 hari inkubasi pada berbagai pH dan suhu perlakuan. A pada pH 5 pada 250 ° C. Biomassa kering terreus (LM 1021) mencapai 65 mg. Kontrol positif (pH 7 dan suhu 30°C) menunjukkan berat kering biomassa tertinggi, yaitu berat kering lebih rendah dibandingkan dengan pH dan suhu 50,mg. Setelah menjalankan uji ANOVA, A. Ditemukan bahwa terreus (LM 1021) tidak berbeda nyata dan tidak terpengaruh oleh perubahan pH dan suhu. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh jamur A. terreus (LM 1021) yang termasuk dalam kelompok ascomycete. Ketika diperbanyak, jamur dari kelompok ascomycetes 2-8 membentuk ascomycetes di asci. Adanya askus yang menutupi kista askus adalah A. Artinya terreus (LM 1021) tidak mudah terpengaruh oleh perubahan pH dan suhu.

2. Laju Degradasi

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa pertumbuhan jamur terjadi pada media LSL yang mengandung plastik. Untuk mengetahui apakah plastik merupakan sumber karbon dari jamur, maka dihitung susut berat kering plastik tersebut. Tabel 2 menunjukkan tingkat kerusakan plastik (%) yang dihitung berdasarkan kehilangan berat kering plastik awal dan berat kering plastik akhir setelah 20 hari inkubasi. Adanya penurunan berat kering plastik (Tabel 2) dapat menunjukkan sejak dini bahwa kerusakan plastik telah terjadi, dan selain penggunaan ekstrak ragi dan baktopeton, sumber karbon untuk pertumbuhan 20 hari.

Tabel 2 Persentase Degradasi Plastik *C. polyzona* (LM 1020) dan *A. terreus* (LM 1021) Pada pH dan Suhu Perlakuan Setelah 20 Hari Inkubasi

Perlakuan	Rata-Rata <i>A. terreus</i> (LM 1021) (dalam %)
pH5/T25	3,25 ± 0,35c
pH5/T35	2,05 ± 0,49b
pH6/T25	3,25 ± 0,35c
pH6/T35	2,70 ± 0,42bc
Kontrol (+)	5,50 ± 0,42d
Kontrol (-)	0,00 ± 0,00a

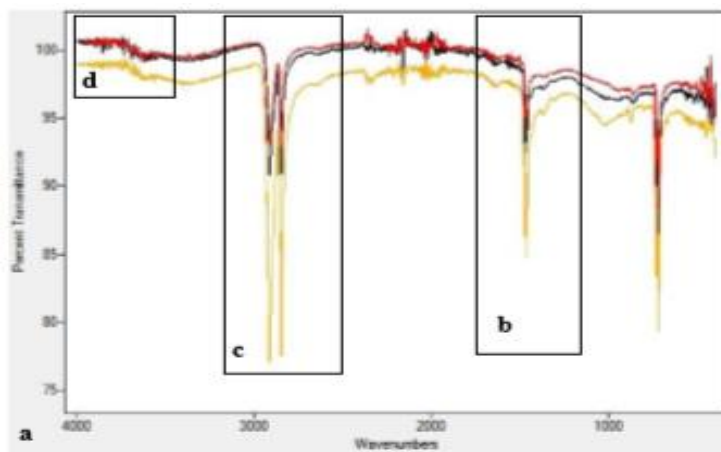
Berdasarkan Tabel 2, A. Tingkat degradasi terreus tertinggi (LM 1021) adalah 3,25%. Dari Tabel 2, A. Persentase degradasi jamur terreus (LM 1021) ditemukan pada pH 5 pada 250 ° C. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara pH 6 pada 250 ° C dan pH 6 pada 350 ° C. Ini menunjukkan *A. terreus* (LM 1021) memiliki kisaran pH yang lebih asam. H. 5-6, saya dalam

kisaran suhu yang lebih luas. H. 25-350 ° C saat membongkar plastik. Hasil laju degradasi juga menunjukkan bahwa kedua jamur tersebut dapat menggunakan plastik sebagai substrat untuk pertumbuhannya. Dalam kondisi stres, jamur mengeluarkan enzim ekstraseluler yang digunakan untuk memecah senyawa organik kompleks seperti polimer plastik. Enzim ekstraseluler digunakan untuk mendepolimerisasi polimer plastik. Enzim adalah protein yang sensitif terhadap perubahan pH dan suhu. Setiap enzim memiliki pH dan suhu optimum untuk berfungsi secara efektif. Pada sebagian besar jamur, enzim lignolitik (lakase, lignin peroksidase, mangan peroksidase) adalah enzim ekstraseluler yang telah dipelajari kemampuannya untuk memecah plastik. Laju degradasi tertinggi oleh *A. terreus* (LM 1021) pada pH 6 pada suhu 25 ° C berhubungan dengan pH dan suhu optimal enzim lignolitik. Hasil ini berbeda dengan Penelitian, dimana enzim lignolitik yang optimal adalah pH 4,5-6 dan suhu 30-35 °C.

3. Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

Berdasarkan hasil analisis FTIR (Gambar 1a), diketahui bahwa plastik yang diberi perlakuan,

kontrol positif dan kontrol negatif adalah sama pada rentang panjang gelombang 400 sampai 4000 cm^{-1} . Sudah. Puncak dalam kisaran 1500-1450 cm^{-1} (Gbr. 1b). Menurut puncaknya menunjukkan gugus C = C dan bersifat aromatik. Puncak yang sama juga terjadi pada area 3000-2800 cm^{-1} (Gambar 1c). Ini menunjukkan adanya ikatan tunggal C-H dan CH₂, menurut. Gambar 1d menunjukkan bahwa tidak ada puncak yang terbentuk pada panjang gelombang antara 3400 dan 4000 cm^{-1} . Panjang gelombang 3400-4000 cm^{-1} adalah panjang gelombang yang menunjukkan gugus OH.



Gambar 1 Hasil Analisis FTIR Pada Plastik (a) plastik panjang gelombang gelombang 4000-400 cm^{-1} (b) plastik pada panjang gelombang 1500-1450 cm^{-1} , (c) plastik pada panjang gelombang 3000-2800 cm^{-1} , (d) plastik pada panjang gelombang 4000-3200 cm^{-1} .

Pada semua titik (Gambar 1b, 1c, dan 1d), terdapat perbedaan nilai transmisi. Perbedaan nilai permeabilitas menunjukkan bahwa rantai polimer meregang. Pemanjangan rantai polimer menunjukkan telah terjadi degradasi mikroba. Berdasarkan nilai transmisi yang mendekati 100%, hal ini menunjukkan bahwa polimer bersifat tipis karena tidak menyerap sinar infra merah. Melihat Gambar 1, kita dapat melihat bahwa resin yang diberi perlakuan (merah) memiliki transmitansi yang lebih tinggi daripada resin kontrol negatif

(hitam). Hal ini menunjukkan bahwa molekul kimia yang menyusun plastik tumbuh karena proses dekomposisi. Adanya puncak yang menunjukkan gugus fungsi C-H dan CH₂ menunjukkan bahwa polimer plastik tersusun dari polimer CH₂ yang berulang membentuk rantai polimer. Adanya ikatan kovalen gugus C-H menunjukkan bahwa plastik sangat stabil dan oleh karena itu tahan terhadap kerusakan. Perubahan puncak pada panjang gelombang dari 4000 menjadi 3200 cm⁻¹ menunjukkan reduksi dan penambahan gugus OH dan reduksi atau penambahan gugus hidroksil pada polimer plastik. Pengurangan atau penambahan gugus hidroksil menunjukkan telah terjadi aktivitas enzim monooksigenase jamur. Namun, inisiasi pemutusan rantai polietilen merupakan langkah terlama dan tersulit dalam proses degradasi, sehingga diperlukan waktu inkubasi yang lama untuk menghasilkan gugus karbonil yang cukup untuk melanjutkan proses degradasi. Sangat sedikit rantai polietilen yang teroksidasi secara biologis telah dilaporkan digunakan oleh enzim intraseluler dalam oksidasi dan pembelahan unit metilen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi pustaka, penelitian terhadap degradasi plastik akibat perlakuan pH dan suhu selama 20 hari pada media minimal garam (MSM) dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pH dan suhu terhadap pertumbuhan dan proporsi biomassa jamur. Degradasi *A. terreus* (LM 1021) dengan perlakuan pH dan suhu tidak mempengaruhi pertumbuhan biomassa, tetapi mempengaruhi laju degradasi. Biomassa terbaik dicapai pada 65 mg pH 5 pada 25 ° C dan mencapai nilai laju degradasi pada 3,25% pH 6 pada 25 ° C. Hasil FTIR menunjukkan adanya perubahan permeabilitas yang menunjukkan adanya pemanjangan gugus fungsi atau molekul kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Brooks, A.N., Turkarslan, S., Beer, K.D., Lo, F.Y., Baliga, N.S., 2011. Adaptation of cells to new environments. *Wiley Interdiscip. Rev. Syst. Biol. Med.* 3, 544–561.
- Devi, R. S., Kannan, V. R., Nivas, D., Kannan, K., Chandru, S., & Antony, A. R. (2015). Biodegradation of HDPE by *Aspergillus* spp. from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Marine pollution bulletin*, 96(1-2), 32-40.
- Esmaeili, A., & Loghmani, K. (2016). Removal of monoethylene glycol from gas field wastewater using *Aspergillus tubingensis* and a new bioreactor. *Waste and biomass valorization*, 7(1), 151-156.
- Khan, S., Nadir, S., Shah, Z. U., Shah, A. A., Karunarathna, S. C., Xu, J., ... & Hasan, F. (2017). Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus tubingensis*. *Environmental pollution*, 225, 469-480.
- Krueger, M.C., Harms, H., Schlosser, D., 2015. Prospects for microbiological solutions to environmental pollution with plastics. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99, 8857–887
- Kumar Sen, S., Raut, S., 2015. Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE): areview. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3, 462–473.
- Moharir, R. V., & Kumar, S. (2019). Challenges associated with plastic waste disposal and allied microbial routes for its effective degradation: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 208, 65-76.
- Nakajima-Kambe, T., Edwinoliver, N. G., Maeda, H., Thirunavukarasu, K., Gowthaman, M. K., Masaki, K., ... & Kamini, N. R. (2012). Purification, cloning and expression of an *Aspergillus niger* lipase for degradation of poly (lactic acid) and poly (ε-caprolactone). *Polymer degradation and stability*, 97(2), 139-144.

- Qi, X., Ren, Y., Wang, X., 2017. New advances in the biodegradation of poly(lactic) acid. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 117, 215–223.
- Restrepo-Flórez, J.-M., Bassi, A., Thompson, M.R., 2014. Microbial degradation and deterioration of polyethylene – a review. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 88, 83–90.
- Yuan, J., Ma, J., Sun, Y., Zhou, T., Zhao, Y., & Yu, F. (2020). Microbial degradation and other environmental aspects of microplastics/plastics. *Science of the Total Environment*, 715, 136968.