BIODEGRADASI PLASTIK OLEH MIKROORGANISME

Annisa Nur Islami

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan,
Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

Email korespondensi: annisa08215006@std.trisakti.ac.id

ABSTRAK

Salah satu polimer kompleks yang memiliki umur degradasi yang sangat lama adalah plastik. Hal tersebut dikarenakan plastik memiliki rantai yang panjang serta berulang sehingga dapat menyebabkan masalah lingkungan yang serius. Mineral dalam tanah baik organik maupun anorganik semakin berkurang dikarenakan plastik yang berada pada tanah tersebut tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Akibatnya fauna yang berada di dalam tanah sulit memperoleh oksigen, sumber makanan dan tempat berlindung sehingga akhirnya fauna tersebut mati. Oleh karena hal tersebut perlu dilakukan pengendalian secara aspek biologis dengan mencari kandidat mikroorganisme pendegradasi polimer plastik atau disebut biodegradasi sehingga jumlah sampah plastik dapat diminimalisir. Biodegradasi adalah proses penguraian yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme, sehingga terjadi transformasi struktur dari suatu senyawa yang menyebabkan perubahan integritas molekular. Senyawa hidrokarbon tidak dapat terdegradasi sempurna jika hanya dilakukan oleh satu jenis mikroba tetapi harus dilakukan oleh beberapa jenis mikroba yang memiliki sifat sinergisme dalam bentuk konsorsium. Tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi limbah plastik yang terpapar di lingkungan. Analisis pada proses biodegradasi plastik dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) yang bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terjadi dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertujuan untuk mengetahui perubahan morfologi permukaan plastik.

Kata Kunci: Biodegradasi, Mikroorganisme, Plastik

PENDAHULUAN

Salah satu polimer kompleks yang memiliki umur degradasi yang sangat lama adalah plastik. Hal tersebut dikarenakan plastik memiliki rantai yang panjang serta berulang sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk memecah rantai panjang tersebut menjadi rantai yang lebih pendek (Bhardwaj, 2012). Setiap tahunnya, lebih dari 140 juta ton polimer sintetis diproduksi di seluruh dunia. Karena polimer sangat stabil, siklus degradasinya di alam terbatas. Polusi lingkungan oleh polimer sintetis seperti limbah plastik yang larut dalam air dan air limbah diketahui sebagai masalah utama lingkungan (Joshi, 2010). Beberapa mikroorganisme seperti bakteri, jamur terlibat dapat mendegradasi plastik alami dan sintetis (Archana, 2011).

Plastik yang memiliki sifat transparan, tahan air, ringan dan relatif murah membuatnya semakin banyak digunakan di industri maupun di masyarakat. Hal tersebut menyebabkan peningkatan jumlah produksi plastik sehingga berdampak pula pada jumlah limbah plastik yang timbul (Fadlilah dan Maya, 2014). Berdasarkan hal tersebut, sangat perlu dilakukan pengendalian secara aspek biologis dengan mencari kandidat mikroorganisme pendegradasi polimer plastik sehingga jumlah sampah plastik dapat diminimalisir. Adapun tujuan dari karya ilmiah ini adalah untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi limbah plastik yang terpapar di lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Plastik dan Keberadaannya di Alam

Plastik yang memiliki banyak kegunaan dan praktis menjadikan penggunaan plastik semakin bertambah dan populer di dunia maupun di Indonesia, sehingga menyebabkan permasalahan lingkungan yang cukup serius. Bahan utama pembuatan plastik yaitu senyawa phthalat ester di(ethylhexyl) phthalat (DEHP) yang memiliki sifat stabil dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme, hal tersebut menyebabkan area pembuangan sampah terus-menerus diperlukan. Selama tiga dekade terakhir, bahan plastik banyak digunakan dalam transportasi, makanan, pakaian, konstruksi tempat tinggal, industri medis dan rekreasi, jaring ikan, pengemasan, industri makanan dan bidang pertanian (Anbuselvi, 2014). Dalam kondisi alami, bahan organik yang dapat terdegradasi atau tidak terdegradasi dianggap sebagai masalah lingkungan utama, misalnya

plastik. Akumulasi limbah plastik ini menciptakan ancaman serius bagi lingkungan dan kehidupan (Takabatake, 2003). Plastik memiliki dampak yang buruk terhadap lingkungan yaitu tercemarnya air tanah dan makhluk bawah tanah, racun yang terdapat di dalam plastik akan masuk ke dalam tanah dan masuk ke dalam tubuh hewan serta tumbuhan sehingga akan menjadi racun berantai mengikuti rantai makanan. Plastik juga dapat mengganggu jalur air, menurunkan kesuburan tanah dan menghalangi sirkulasi dalam tanah (Purwaningrum, 2016).

Biodegradasi dan Faktor Yang Mempengaruhi Biodegradasi

Biodegradasi adalah proses penguraian zat organik oleh mikroorganisme (terutama bakteri aerob) menjadi zat yang lebih sederhana seperti karbon dioksida, air dan amonia. Senyawa hidrokarbon tidak dapat terdegradasi sempurna jika hanya dilakukan oleh satu jenis mikroba tetapi harus dilakukan oleh beberapa jenis mikroba yang memiliki sifat sinergisme dalam bentuk konsorsium. Biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis substrat, sumber nitrogen, pH, suhu serta kelembaban yang disesuaikan dengan jenis mikroorganisme yang digunakan.

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi antara lain:

- 1) Substrat
Ukuran dan komponen senyawa yang menyusun substrat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila ukuran substrat lebih kecil dan senyawa penyusunnya lebih sederhana. Sebaliknya, jika ukuran substrat lebih besar dan senyawa penyusunnya lebih kompleks dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendegradasinya.
- 2) Sumber Nitrogen
Bahan yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen adalah ammonium nitrat, ammonium sulfat, dan urea. Jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi banyak, maka degradasi akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi sedikit, maka degradasi akan berlangsung lebih lama.
- 3) pH
Dalam proses degradasi, pH merupakan faktor yang sangat penting karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Jika pH sesuai dengan aktivitas enzim, maka kerja enzim ekstraseluler untuk mendegradasi substrat akan optimal.
- 4) Suhu
Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik pada molekul substrat dan enzim meningkat, sehingga degradasi juga meningkat. Namun suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya enzim yang disebut denaturasi, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat kerja enzim. Biodegradasi tidak dapat berjalan dengan baik jika kerja enzim terhambat atau struktur dari enzim tersebut rusak.
- 5) Kelembaban
Rendahnya kelembaban dapat menyebabkan berkurangnya kelarutan nutrient di dalam substrat. Sedangkan tingginya kelembaban dapat menyebabkan berkurangnya enzim yang dihasilkan. Proses biodegradasi akan berlangsung lebih lama jika jumlah enzim berkurang.

Mikroorganisme Pendegradasi Plastik

Terdapat 90 genus mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi plastik dari jenis fungi dan bakteri diantaranya; *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas* sp., *Azotobacter*, *Ralstonia eutropha*, *Halomonas* sp., *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas* sp., *Azotobacter* sp., *Ralstonia eutropha*, *Halomonas* sp., dll digunakan untuk mendegradasi plastik (Chee, 2010). Selain itu, *Bacillus brevis*, *Acidovorax delafieldii*, *Paenibacillus amyloticus*, *Bacillus pumilus* (Hayase, 2004), *Bordetella petrii* (Kim, 2010), *Pseudomonas aeruginosa* (Lee S, 2010), *Shewanella* sp. adalah contoh bakteri pendegradasi bioplastik (Sekiguchi, 2010).

Analisis *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Fourier Transform InfraRed (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur transmittan atau absorban suatu sampel dalam bentuk panjang gelombang. Spektroskopi inframerah ini berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi ($400\text{--}4000\text{cm}^{-1}$ wavelength), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) sangat diperlukan untuk analisis kualitatif (identifikasi) dari senyawa organik karena setiap senyawa memiliki puncak struktural yang berbeda. Selain itu, setiap kelompok fungsional memiliki panjang gelombang yang berbeda. Sehingga pada proses biodegradasi plastik dapat diketahui perubahan gugus fungsional yang terjadi.

Gambar 1. Spektrum FTIR plastik sebelum dan sesudah proses biodegradasi (Thi Cam Ha Dang dkk, 2018)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah alat yang digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan padatan atau senyawa. *Scanning Electron Microscope* adalah suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari electron dalam suatu pola scan raster. SEM dapat mengamati struktur maupun bentuk permukaan yang berskala lebih halus, dilengkapi dengan EDS (Electron Dispersive X ray Spectroscopy) dan dapat mendeteksi unsur-unsur dalam material.

Gambar 2. Perubahan morfologi plastik sebelum dan sesudah proses biodegradasi dengan analisis SEM (Thi Cam Ha Dang dkk, 2018)

Hasil Penelitian Sebelumnya

Berikut ini merupakan hasil penelitian sebelumnya mengenai penelitian terkait biodegradasi plastik oleh mikroorganisme

Tabel 1. Hasil Penelitian Sebelumnya

Judul Paper, tahun	Penulis	Hasil Penelitian
Penanganan Limbah Plastik dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi dengan Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp., 2011	Hamid, Rusdianto dkk.	<i>Pseudomonas</i> sp. menunjukkan persentase penurunan massa limbah plastik LDPE sebesar 2,2411% selama satu bulan.
Microbial Degradation of Plastic (LDPE) & Domestic Waste by Induced Mutations in <i>Pseudomonas putida</i> , 2014	Muralidhar S. Talkad dkk.	<i>Pseudomonas putida</i> dapat mendegradasi <i>polyethylene</i> sebanyak 20.54 % massa yang hilang dengan bakteri anaerobik
Polyethylene Degradation by <i>Pseudomonas putida</i> , 2015	Al Jailawi dkk.	<i>Pseudomonas putida</i> dapat mendegradasi limbah plastik LDPE optimum pada nilai keasaman (pH) 7 dan temperatur 37 °C.
Potensi Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. dan <i>Ochrobactrum</i> sp. yang di Isolasi Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar HDPE dan LDPE, 2017	Riandi, M. Inas, dkk.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> dapat mendegradasi limbah plastik LDPE sebesar 18,75% dengan metode gravimetri.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian menurut Rudianto dkk, Talkad dkk, Al Jailawi dkk dan Inas dkk bahwa bakteri *Pseudomonas* sp. mampu mendegradasi plastik dengan persen penyisihan berkisar antara 2-19%. Dengan demikian, bakteri ini mampu menjadi biodegradator pilihan untuk melakukan biodegradasi plastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jailawi, Majid H, dkk. 2015. Polyethylene degradation by *Pseudomonas putida* S3A, 90-97.
- Bhardwaj, Himani, dkk. 2012. *Microbial Population Associated With Plastics Degradation*. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/scientificreports.272>
- Chee JY, dkk. 2010. Bacterially Produced Polyhydroxyalkanoate (PHA): Converting Renewable Resources into Bioplastics, edited by Mendez Vilas A. Applied
- Chua ASM, Takabatake H, dkk. 2003. Production of polyhydroxyalkanoates (PHA) by activated sludge treating municipal waste water: Effect of pH, Sludge Retention Time (SRT), and Acetate Concentration influent. *Water Res*; 37(15):360-361. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00252-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00252-5)
- Dang, T. C. H., Nguyen, dkk. 2018. Plastic degradation by thermophilic *Bacillus* sp. BCBT21 isolated from composting agricultural residual in Vietnam. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 9(1), 015014. DOI: <https://doi.org/10.1088/2043-6254/aaabaf>
- Fadlilah, Fiki Rahmah dan Shovitri, Maya. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* Dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol 3 No. 2 DOI: 10.12962/j23373520.v3i2.6730
- Hamid, Rusdianto, dkk. 2011. Penanganan Limbah Plastik dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi dengan Bakteri *Pseudomonas* sp. *Jurnal Universitas Hasanuddin*
- Hayase N, Yano H, Kudoh E, Tsutsumi C, Ushio K, Miyahara Y, Tanaka S, Nakagawa K. 2004. Isolation and characterization of poly (butylene succinate-co-butylene adipate)degrading microorganism. *J Biosci Bioeng* 2004; 97: 131-133 DOI: [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(04\)70180-2](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(04)70180-2)
- Inas Riandi, dkk. 2017. Potensi Bakteri *Pseudomonas* sp. Dan *Ochrobactrum* sp. Yang Di Isolasi Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar High Density Polyethylene (HDPE) Dan Low Density Polyethylene (LDPE). *Symbiosis Journal of Biological Sciences*, 5(2), 58. DOI:10.24843/jsymbiosis.2017.v05.i02.p05

- Joshi PA, and Jaysawal SR. 2010. Isolation and characterization of poly- β hydroxyalkanoate producing bacteria from sewage sample. *J of Cell and Tissue Research*. Vol 10 2165-2168
DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/752821>
- Kim M, Park S. 2010. Degradation of poly (Llactide) by a mesophilicbacterium. *J Appl Polym Sci* 2010; 117: 67–74. 36
DOI: 10.1002/app.31950
- Lee S, Kim M. 2010. Isolation of bacteria degrading poly (butylenesuccinate-co butylene adipate) and their lip A gene. *Int Biodeterior Biodegrad* 2010; 64: 184–190.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.01.002>
- Purwaningrum, Pramati. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *JTL Vol 8 No.2*, Desember 2016, 141-147
DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421>
- Priyanka N, Archana T. 2011. Biodegradability of Polythene and Plastic by the Help of Microorganism: A Way for Brighter Future. *J Environment Analytic Toxicol* 1:111. doi: 10.4172/2161-0525.1000111
DOI: 10.4172/2161-0525.1000111
- Sekiguchi T, Sato T, dkk. 2010. Isolation and characterization of bidegradable plastic degrading bacteria from deep-sea environments. *Rep Res Dev* 2010; 11: 3341.
DOI: 10.5918/jamstecr.11.33
- Talkad, Muralidhar S. 2014. Microbial Degradation of Plastics (LDPE) & DomesticWaste by Induced Mutation in *Pseudomonas putida* . Vol.1
DOI: 10.9790/2402-1209033440
- Vatseldutt, Anbuselvi S. 2014. Isolation and Characterization of Polythene Degrading Bacteria from Polythene Dumped Garbage. *Int J Pharm* 2014; 25(2): 205-206.