

Pengaruh *Bacillus* PL01 dan Monosodium Glutamat terhadap Bakteri *Indigenous* Pasir dalam Mendegradasi Plastik

Dian Yanita Rahmi dan Maya Shovitri

Departemen Biologi, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: maya@bio.its.ac.id

Abstrak—Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan mencemari lingkungan. Salah satu penyelesaiannya dapat dilakukan dengan proses biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. *Bacillus* PL01 diketahui mampu bersinergi dengan bakteri indigenous pasir dalam mendegradasi plastik di skala laboratorium dengan penambahan 1 gr/L Monosodium glutamat (MSG), sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari *Bacillus* PL01 dan MSG terhadap bakteri indigenous pasir dalam mendegradasi plastik dengan metode penimbunan tanah dalam skala lapangan selama 12 minggu masa inkubasi. Setelah 12 minggu masa inkubasi, pertumbuhan bakteri indigenous pada permukaan plastik transparan sebesar 0,9 AU, sedangkan pada penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG pertumbuhannya mengalami penurunan yakni 0,3AU. Degradasi juga diamati dari kecepatan waktu apung plastik, yaitu plastik transparan sebelum didegradasi kecepatannya hanya mencapai 10,54 detik dan ketika plastik transparan telah didegradasi kecepatannya mencapai 28,71 detik, sehingga dapat disimpulkan bahwa bakteri indigenous pasir mampu mendegradasi plastik.

Kata Kunci—*Bacillus* PL01, Bakteri indigenous pasir, Biodegradasi, Monosodium Glutamat (MSG).

I. PENDAHULUAN

PLASTIK merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen [1]. Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun [1]. Penanganan sampah plastik yang ada selama ini adalah dengan 3R [1]. *Reuse* adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Reduce* adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. *Recycle* adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat plastik [1].

Biodegradasi merupakan metode degradasi dengan menggunakan mikroorganisme. Metode ini tidak berpengaruh negatif terhadap lingkungan dalam pemecahan polimer karena tidak menghasilkan residu toksik dan terlibat dalam siklus biogeokimia dari substrat polimer tersebut [2]. Proses tersebut dapat terjadi di tanah, perairan dan instalasi pengolahan air limbah.

Mikroorganisme seperti *Bacillus* dan *Pseudomonas* diketahui dapat melakukan proses biodegradasi polimer [3]. Isolat *Bacillus* koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan

Bioteknologi ITS telah teruji memiliki kemampuan biodegradasi plastik. Isolat *Bacillus* mampu mendegradasi plastic kantong plastik hitam dan putih sebesar 1,9% dan 2,3% pada *Mineral Salt Medium* (MSM) selama 4 bulan masa inkubasi [4].

Monosodium Glutamat (MSG) diketahui dapat mempercepat pertumbuhan dan menambah ukuran sel bakteri. Salah satu fungsi MSG adalah sebagai substansi untuk sintesis protein [5]. MSG merupakan garam natrium yang berikatan dengan asam amino non esensial berupa asam glutamat. Asam glutamat merupakan salah satu asam amino yang paling banyak ditemukan di alam [6]. Rahmawati melaporkan bahwa adanya pengaruh MSG komersial terhadap pertumbuhan *Bacillus* PL01 [7]. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penambahan ukuran sel pada *Bacillus* PL01, semakin bertambahnya konsentrasi MSG semakin bertambah pula ukuran sel dari *Bacillus* PL01. Pada sel *Bacillus* PL01 pertumbuhan tertinggi terjadi setelah 16 jam masa inkubasi dengan konsentrasi 0,5 gr/L MSG yakni mencapai 1,8 $\mu\text{m} \times 1,2 \mu\text{m}$.

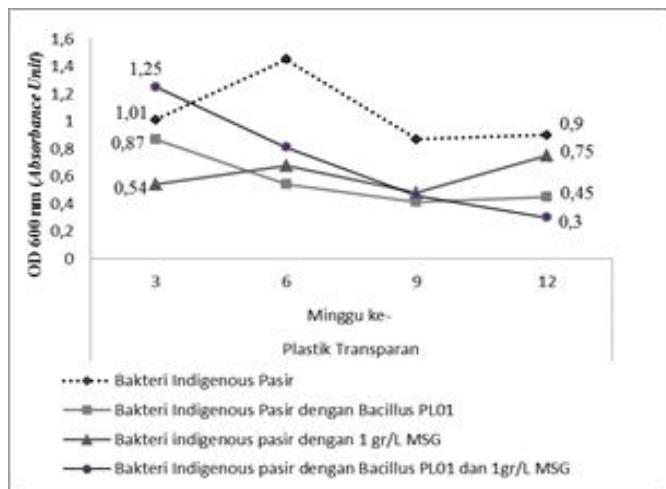
Salah satu metode yang banyak digunakan dalam uji biodegradasi suatu senyawa oleh mikroorganisme adalah metode penimbunan [8]. Metode penimbunan telah banyak digunakan untuk mengetahui degradasi plastik di lingkungan karena kesamaan dengan kondisi aktual yang terjadi dalam tanah [8]. [9] melaporkan bahwa dengan metode penimbunan (*soil burial*) pada skala laboratorium, bakteri *Bacillus* PL01 dan bakteri *indigenous* pasir mampu bersinergi dalam mendegradasi plastik kantong plastik hitam, putih dan transparan, yaitu masing-masing sebesar 10%, 10%, dan 18% selama 16 minggu masa inkubasi dan penambahan 1 gr/L MSG.

Seiring dengan adanya penambahan jumlah sampah plastik pada lingkungan, maka diperlukan biodegradasi plastik dengan metode penimbunan tanah dalam skala lapangan dengan menggunakan *polybag* sebagai tempat untuk biodegradasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada Bulan Maret - Juni 2017 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



Gambar 1. Pertumbuhan Sel Bakteri *Indigenous* Pasir pada Permukaan Plastik.

B. Metode yang Digunakan

1. Persiapan Kantong Plastik

Plastik yang digunakan untuk uji biodegradasi yakni kantong plastik kantong plastik dengan warna hitam, putih, dan plastik kemasan makanan transparan. Plastik dipotong dengan ukuran 10x6 cm² sebanyak 3 kali ulangan pada tiap jenis plastik untuk setiap area dan terdapat 3 kali pengulangan area. Penelitian ini merupakan penelitian destruktif selama 12 minggu dengan interval waktu 3 minggu untuk pengambilan data.

Plastik direndam menggunakan alkohol 70% selama 30 menit kemudian dikeringanginkan dibawah UV di *Lamina Air Flow* (Bio 60-M) selama 15 menit. Potongan plastik yang telah kering dimasukkan ke dalam oven 80°C selama 24 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator (diberi *silica gel* pada dasarnya) selama 24 jam.

2. Peremajaan Isolat dan Pembuatan Starter

Isolat bakteri yang digunakan adalah *Bacillus* PLO1 (Nafiah dan Shovitri, 2016). Isolat *Bacillus* PLO1 disubkulturkan pada medium *Nutrient Agar* (NA) dengan metode *streak continuous*. Isolat diinkubasi selama 24 jam dalam inkubator dengan suhu 37°C.

Pembuatan starter dilakukan secara bertingkat dengan pengambilan subkultur *Bacillus* PLO1 sebanyak 1 ose dan dimasukkan ke dalam 10 ml medium *Nutrient Broth* (NB) diinkubasi selama 24 jam. Biakkan bakteri tersebut diambil sebanyak 1 ml dimasukkan ke 9 ml NB baru dan diinkubasi selama 24 jam. Biakkan bakteri kemudian diambil sebanyak 10 ml dimasukkan ke 90 ml NB baru dan diinkubasi selama 24 jam. Kemudian biakkan bakteri diambil sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke 900 ml medium NB baru dan diinkubasi selama 24 jam. Proses subkultur yang terakhir merupakan *starter* yang siap digunakan. Pembiakan bakteri *Bacillus* PLO1 pada medium NB sebanyak 1000 ml dilakukan sebanyak 12 kali digunakan untuk proses selanjutnya. *Starter* yang digunakan untuk uji adalah 10% dari total medium dengan kepadatan sel 10⁵-10⁸ sel/ml yang dihitung menggunakan *Haemacytometer*. Sampel uji diambil sebanyak 1-2 tetes dan diletakkan di atas *Haemacytometer*. Preparat diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000 kali. *Starter* tersebut disebut *starter* bakteri.

Selanjutnya, dilakukan pembuatan *starter* aplikasi. *Starter* aplikasi merupakan *starter* yang dapat diaplikasikan di media pasir yang terdiri dari air kolam steril yang bercampur dengan 10% *starter* bakteri. Air kolam diambil dari kolam 8 ITS. Air kolam diambil sebanyak 1000 ml kemudian disaring menggunakan saringan dan disterilasi dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C pada tekanan 1,5 atm. *Starter* aplikasi terdapat 2 macam perlakuan antara lain *starter* aplikasi ditambahkan 1 gr/L Monosodium Glutamat dan *starter* aplikasi tanpa penambahan 1 gr/L Monosodium Glutamat. Penambahan 1 gr/L Monosodium Glutamat dilakukan setelah proses sterilisasi.

3. Biodegradasi Plastik

Biodegradasi plastik ini dilakukan dengan metode penimbunan tanah pasir (*soil burial*) pada *polybag* dengan ukuran 100x80 cm². Tahap pertama pasir dicampur dengan *starter* aplikasi dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya, pasir yang bercampur dengan *starter* aplikasi dimasukkan ke dalam *polybag* hingga setinggi 10 cm. Selanjutnya diletakkan sampel plastik. Pasir yang telah bercampur dengan *starter* aplikasi ditimbun kembali diatas plastik di dalam *polybag*. Pada penelitian ini terdapat perlakuan antara lain:

- Penambahan 1 gr/L MSG
- Tanpa Penambahan 1 gr/L MSG
- Kontrol dengan penambahan 1 gr/L MSG dan air kolam steril
- Kontrol tanpa penambahan 1 gr/L MSG dan air kolam steril

Perlakuan c,d merupakan perlakuan kontrol. Perlakuan kontrol adalah perlakuan tanpa penambahan *starter Bacillus* PLO1.

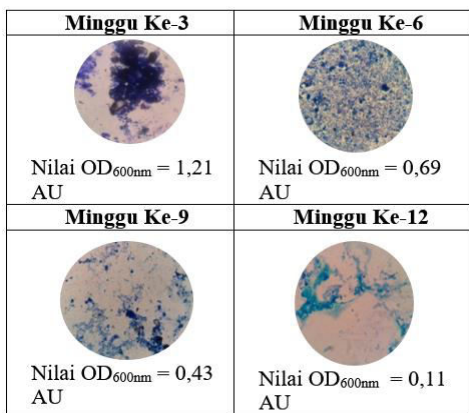
Proses degradasi menggunakan metode penimbunan dalam pasir dilakukan selama 12 minggu dan biodegradasi plastik diukur setiap 3 minggu sekali. Setiap jenis plastik dilakukan uji pembentukan biofilm dan perhitungan degradasi plastik yang dilakukan secara berurutan. Pembentukan biofilm meliputi pengukuran *Optical density* (OD) biofilm dan visualisasi biofilm, serta adanya degradasi dengan velositas.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pertumbuhan bakteri *Indigenous* Pasir pada Biofilm Plastik dengan Penambahan *Bacillus* PLO1 dan 1 gr/L MSG

Biofilm merupakan bentuk struktural dari sekumpulan mikroorganisme yang dilindungi oleh matriks ekstraseluler yang disebut *Extraceluller Polymer Substance* (EPS). EPS merupakan produk yang dihasilkan sendiri oleh mikroorganisme tersebut dan dapat melindungi dari buruk lingkungan [10]. Gambar 1 menunjukkan bahwa pertumbuhan *Bacillus* PLO1 dan 1 gr/L MSG memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi pada permukaan plastik dibandingkan ketika ditambahkan *Bacillus* PLO1 dan 1 gr/L MSG.

Pada Gambar 1. terlihat bahwa tanpa penambahan *Bacillus* PLO1 dan 1 gr/L MSG, pertumbuhan bakteri *indigenous* pasir pada permukaan plastik transparan selama 12 minggu masa inkubasi mencapai 0,9 AU. Namun, ketika *Bacillus* PLO1 ditambahkan menyebabkan terjadinya penurunan pertumbuhan yakni sebesar 0,45 AU.



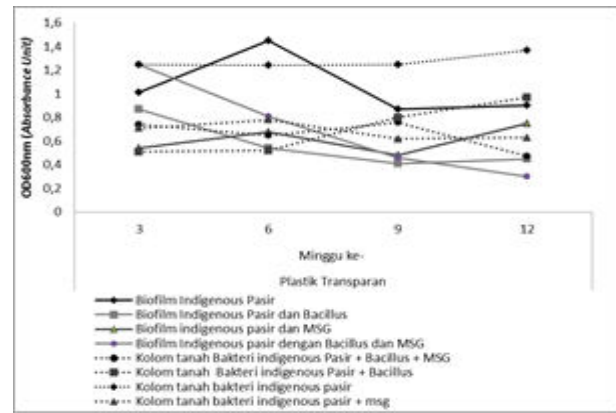
Gambar 2. Visualisasi Pembentukan Biofilm pada Permukaan Plastik oleh Bakteri *Indigenus* Pasir dengan Penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG pada Perbesaran 1000x.

Penurunan pertumbuhan diduga karena adanya kompetisi antara bakteri *indigenus* pasir dengan *Bacillus* PL01 dalam memperebutkan nutrisi. Menurut [11], kebutuhan zat makanan atau nutrisi yang sama dapat menyebabkan terjadinya persaingan antar spesies. Penurunan pertumbuhan juga terjadi ketika bakteri *indigenus* pasir ditambahkan 1 gr/L MSG. Hal ini diduga karena terdapat nutrisi yang lebih mudah dimanfaatkan oleh bakteri *indigenus* pasir yang terdapat pada air kolam, dibandingkan dengan pemanfaatan MSG dan plastik sebagai nutrisinya sehingga menyebabkan pertumbuhan pada permukaan plastik menurun.

Bakteri *indigenus* pasir menggunakan nutrisi pada air kolam (perairan tawar) antara lain karbon (C), oksigen (O₂), nitrogen (N), sulfur (S), kalium (K) dalam proses pertumbuhannya [12]. Kemudian ketika ditambahkan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG di minggu ke-3 masa inkubasi terjadi peningkatan pertumbuhan bakteri *indigenus* pasir pada permukaan plastik yang mencapai 1,25 AU. Namun, pada minggu ke-12 masa inkubasi terjadi penurunan pertumbuhan bakteri *indigenus* pasir pada permukaan plastik.

Hasil ini berbeda dengan penelitian [9] yang melaporkan bahwa pada skala laboratorium penambahan 1 gr/L MSG pada *Mineral Salt Medium* (MSM) dapat meningkatkan pertumbuhan *Bacillus* PL01 dan bakteri *indigenus* pasir pada permukaan plastik. Perbedaan hasil ini diduga karena adanya pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan bakteri. Pada skala lapangan terdapat faktor abiotik tidak dapat dikendalikan, sedangkan faktor abiotik pada skala laboratorium sudah dibatasi. Adapun faktor abiotik lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri yaitu suhu, cahaya, kelembapan, pH, dan oksigen [13].

Pada penelitian ini terlihat bahwa adanya penambahan 1 gr/L MSG mempengaruhi penurunan pertumbuhan dari *Bacillus* PL01 dan bakteri *indigenus* pasir hal ini diduga karena menurut [7] peningkatan MSG berpengaruh terhadap konsentrasi lingkungan ekstraseluler, menjadi lebih pekat bagi *Bacillus* PL01. Semakin tinggi konsentrasi MSG yang diberikan, semakin tidak tersedia atau sulit diserap masuk oleh *Bacillus* PL01 karena terhalang oleh lapisan peptidoglikan, sehingga nutrisi alternatif dari MSG tidak tersedia untuk mendukung pertumbuhan bakteri.



Gambar 3. Perbandingan Kerapatan Sel di Kolom Tanah Pasir dengan Biofilm Plastik.

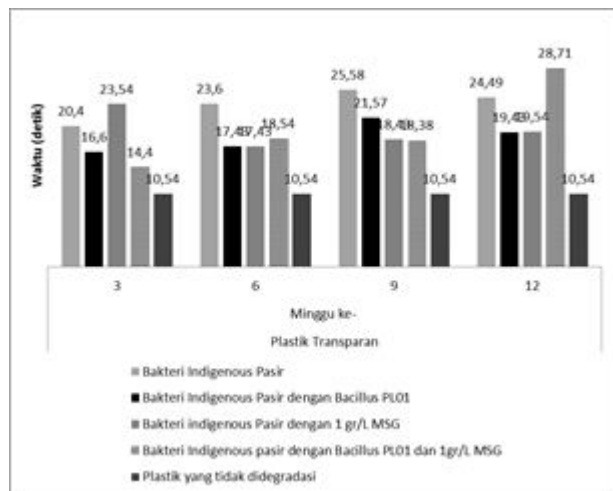
Biofilm yang telah diukur kepadatan selnya maka dapat dilanjutkan dengan melihat hasil visualnya (Gambar 2). [14] menyatakan bahwa kenampakan biofilm secara visual dengan menggunakan pewarnaan memiliki korelasi sebanding dengan nilai OD_{600nm}. Nilai OD_{600nm} yang rendah memiliki struktur yang lebih renggang dilihat dari warna *methylene blue* yang pudar dan tidak mencolok. Sedangkan nilai OD biofilm yang lebih tinggi terlihat memiliki struktur yang lebih rapat dan warna mencolok. Berdasarkan klasifikasi intensitas pembentukan biofilm [15] bakteri *indigenus* pasir memiliki nilai OD_{600nm} biofilm > 0,240 yang mengindikasikan bahwa bakteri *indigenus* pasir merupakan pembentuk biofilm kuat.

Penelitian ini juga dilakukan pengukuran kerapatan sel pada kolom tanah pasir berdasarkan nilai OD_{600nm}. Pada Gambar 3. terlihat bahwa kerapatan sel bakteri *indigenus* pasir tanpa penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG di kolom tanah pasir mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kerapatan sel pada permukaan plastiknya. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri *indigenus* pasir tanpa penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG lebih memanfaatkan air kolam sebagai sumber nutrisinya.

Menurut [16] habitat alami mikroorganisme terdiri dari dua yakni planktonik (bebas) dan sesil (diam). Bakteri *indigenus* pasir lebih menyukai habitat planktonik atau bebas dikarenakan terdapat nutrisi yang mudah untuk dimanfaatkan. Bakteri *indigenus* pasir lebih memanfaatkan nutrisi yang lebih sederhana yang berasal dari air kolam

B. Velositas

Proses pelekatan bakteri pada permukaan plastik yang membentuk biofilm merupakan proses fisik, kimia, dan enzimatik yang termasuk dalam mekanisme awal dari proses biodegradasi [17]. Parameter untuk mengetahui degradasi plastik salah satunya adalah velositas. Berdasarkan hasil kerapatan sel pada permukaan plastik Gambar 1 dan kerapatan sel pada kolom tanah 3, terlihat bahwa bakteri *indigenus* pasir dan *Bacillus* PL01 dapat menggunakan plastik sebagai sumber C nya. Velositas adalah suatu metode pengukuran degradasi plastik yang menggunakan parameter waktu kecepatan apung plastik didalam air. Tujuan dari velositas adalah untuk membandingkan hidrofobisitas plastik sebelum dan sesudah perlakuan degradasi. Pada pengukuran velositas terdapat kontrol awal yakni plastik yang tidak didegradasi.



Gambar 4. Velocitas Plastik.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa plastik yang telah didegradasi oleh bakteri *indigenus* pasir dengan/tanpa penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG dalam 12 minggu masa inkubasi rata-rata kecepatan waktu apungnya meningkat, terutama dibandingkan dengan plastik yang tidak didegradasi.

Penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG terlihat tidak mempengaruhi kecepatan waktu apung plastik menjadi semakin lambat. Pada Gambar 4 setelah 12 minggu masa inkubasi yang telah didegradasi oleh bakteri *indigenus* pasir tanpa penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG waktu apung plastik mencapai 24,49, sedangkan ketika ditambahkan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG kecepatan waktu apung plastik transparan menjadi lebih cepat yakni 28,71 detik. Selanjutnya ketika ditambahkan *Bacillus* PL01 saja kecepatan waktu apung plastik transparan hanya mencapai 19,42 detik dan ketika ditambahkan 1 gr/L MSG kecepatan apungnya hanya mencapai 19,56 detik. Hal ini diduga bahwa bakteri *indigenus* pasir mampu mendegradasi plastik lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG.

Hidrofobitas pada plastik merupakan sifat penting dari permukaan plastik dalam proses biodegradasi. Hal ini disebabkan karena adanya hubungan antara hidrofobitas permukaan plastik dengan kemampuan mikroorganisme dalam berkolonisasi pada substrat polimer. Semakin hidrofilik suatu permukaan maka akan lebih mudah suatu mikroorganisme untuk menempel dan berkolonisasi [18]. Pada proses biodegradasi terjadi penambahan gugus hidroksil untuk menurunkan tegangan permukaan plastik sehingga hidrofobitas plastik akan menurun. Penurunan hidrofobitas plastik tersebut juga akan mempengaruhi persebaran plastik dilingkungan perairan (waktu apung plastik) [19].

Proses biodegradasi yang dilakukan oleh aktivitas mikroorganisme melibatkan serangkaian reaksi enzimatik [20]. Plastik yang mengandung gugus karbonil, akan diubah oleh enzim monooksigenase menjadi alkohol. Selanjutnya, alkohol akan dioksidasi menjadi aldehid oleh enzim alkohol dehidrogenase. Asam lemak akan mengalami proses β -oksidasi di dalam sel [21]. Degradasi plastik juga dapat terjadi melalui reaksi abiotik. Ketika plastik terpapar sinar ultraviolet akan membentuk radikal dan akhirnya akan menghasilkan gugus karbonil yang umumnya berada dalam bentuk gugus

keton [22]. Adanya gugus karbonil akan meningkatkan hidrofilitas dari plastik, sehingga mikroorganisme dapat melekat pada permukaan.

IV. KESIMPULAN

Secara umum setelah 12 minggu masa inkubasi, pertumbuhan bakteri *indigenus* pada permukaan plastik transparan sebesar 0,9 AU, sedangkan pada penambahan *Bacillus* PL01 dan 1 gr/L MSG pertumbuhannya mengalami penurunan yakni 0,3AU. Degradasi juga diamati dari kecepatan waktu apung plastik, yaitu plastik transparan sebelum didegradasi kecepatannya hanya mencapai 10,54 detik dan ketika plastik transparan telah didegradasi kecepatannya mencapai 28,71 detik, sehingga dapat disimpulkan bahwa bakteri *indigenus* pasir mampu mendegradasi plastik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U.B. Surono, "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak," *J. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 32–40, 2013.
- [2] N. P. Cheremisinoff, *Biotechnology for Waste And Wastewater Treatment*. USA: Noyes Publications, 1996.
- [3] M. Sharma, P. Sharma, A. Sharma, and S. Chandra, "Microbial Degradation of Plastic – A Brief Review," *CIBTech J. Microbiol.*, vol. 4, no. 1, pp. 85–89, 2015.
- [4] F. Fadlilah and M. Shovitri, "Potensi Isolat Bakteri Bacillus dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [5] Anonymous, "A Safety Assessment: Monosodium Glutamate. Australia and New Zealand: Food Standards Australia New Zealand (FSANZ)," 2003.
- [6] T. Giacometti, *Free and bound glutamate in natural products*. In: *Glutamic Acid: Advances in Biochemistry* (Filer, L.J., Garattini, S., Kare, M.R., Reynolds, W.A. and Wurtman, R.J., eds). New York: Raven Press, 1979.
- [7] Rahmawati, Rizka, and M. Shovitri, "Pengaruh Monosodium Glutamat (MSG) terhadap pertumbuhan isolat bakteri Bacillus PL01 dan Pseudomonas PL01 pada Mineral Salt Medium (MSM)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [8] S. Kiatkamjornwong, P. Thakeow, and M. Sonsuk, "Chemical Modification Of Cassava Starch For Degradable Polyethylene Sheets," *Polym Degrad Stab*, 2001.
- [9] R. Nafiah and M. Shovitri, "Degradasi plastik oleh isolat Bacillus PL01 dan Pseudomonas PL01 Dengan Metode Penimbunan Tanah (Soil burial) dan Penambahan Monosodium Glutamat," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [10] R. Yulindari, "Uji Aktivitas Antibiofilm Sari Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) terhadap Biofilm Pseudomonas aeruginosa Secara In Vitro," UIN Syarif Hidayatullah, 2015.
- [11] D. Dwijosoepuro, *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan, 2005.
- [12] S. Almatier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, 6th ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2006.
- [13] I. Entjang, *Mikrobiologi dan Parasitologi*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti, 2003.
- [14] S. A. Ochoa *et al.*, "Pathogenic Characteristic of Pseudomonas aeruginosa Strains Resistant to Carbapenems Associated with Biofilm Formation," *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.*, vol. 70, no. 2, pp. 133–144, 2013.
- [15] S. Sharvari and P. Chitra, "Evaluation of Different Detection Methods of Biofilm Formation in Clinical Isolates of Staphylococci," *Int. J. Pharma Bio Sci.*, vol. 3, no. 4, p. 724, 2012.
- [16] B. M. Prakash, Krishnappa, Veergowda, and G., "Biofilm: A survival strategy of bacteria," *Curr. Sci.*, vol. 85, no. 9, pp. 9–10, 2003.
- [17] J. Arutchelvi, M. Sudhakar, A. Arkatkar, M. Doble, S. BAdhuri, and P. V. Uppara, "Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene," *Indian J. Biotechnol.*, vol. 7, no. 9–22, 2008.
- [18] K. Sen and S. Raut, "Microbial degradation of low density polyethylene (LDPE): A review," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 3, pp. 462–473, 2015.
- [19] J. Reisse, B. Slat., K. Noble., D. Pleises., and M. Epp, "The Vertical

- Distribution of Buoyant Plastics at Sea : an observational study in the North Atlantic Gyre,” *J. Biogeosciences*, vol. 12, pp. 1249–1256, 2015.
- [20] Y. S. Dewi, “Efektivitas Degradasi Surfaktan Dengan Bakteri *Pseudomonas putida*,” *J. Ilm. Univ. Satya Negara Indones.*, vol. 5, no. 1, pp. 39 – 43, 2012.
- [21] R. Gautam, A. S. Bassi, and E. K. Yanful, “A Review Of Biodegradation Of Synthetic Plastic And Foams,” *Appl. Biochem Biotechnol.*, p. 141.
- [22] I. Winursito, “Mekanisme Reaksi Degradasi Plastik Oxo-Degradabel,” in *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik*, 2014.