

SELEKSI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK DARI TANAH

Endang Sulistyarini Gultom¹⁾, Mhd Yusuf Nasution²⁾, Aprida Ayu³⁾

¹⁾Jurusan Biologi, FMIPA, Unimed. Email: endangsulistyarini@gmail.com

²⁾Jurusan Biologi, FMIPA, Unimed. Email: myusufnasution@gmail.com

³⁾Jurusan Biologi, FMIPA, Unimed. Email: apridaayu@gmail.com

ABSTRAK

Seiring bertambahnya penduduk dunia, penggunaan akan barang- barang berbahan plastik semakin meningkat. Meningkatnya jumlah permintaan plastik disebabkan karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya. Barang berbahan baku plastik umumnya lebih ringan, bersifat isolator, dan proses pembuatannya lebih murah. Di balik semua kelebihannya, bahan plastik memiliki masalah setelah barang tersebut tidak digunakan lagi. Barang berbahan plastik tersebut tidak dapat membusuk, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Limbah plastik yang ada pada saat ini pada umumnya hanya dibuang (landfill), dibakar atau didaur ulang (recycle). Proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik, apabila dibakar dengan suhu rendah, limbah plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat karsinogen seperti CO₂, NOX, SO₂, poly chloro dibenzodioxins dan poly chloro dibenzofurans yang dapat menyebabkan polusi bagi lingkungan yang mengarah ke penyakit yang mempengaruhi paru-paru dan kulit.

Banyak isolat bakteri indigenus yang telah dilaporkan mampu untuk mendegradasi plastik. Bakteri indigenus pendegradasi plastik merupakan bakteri pendegradasi polimer plastik yang berasal dari habitat asal seperti tanah atau tempat pembuangan akhir. Salah satu sumber yang paling potensial ditemukannya bakteri-bakteri lokal pendegradasi polimer sintetik yaitu Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Daerah tersebut banyak sampah, baik sampah organik yang lama tertimbun dan menjadi busuk maupun sampah anorganik yang tidak bisa busuk, antara lain plastik.

Kata Kunci: Sampah, bakteri, pendegradasi, TPA

I. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya penduduk dunia, penggunaan akan barang- barang berbahan plastik semakin meningkat. Meningkatnya jumlah permintaan plastik disebabkan karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya. Barang berbahan baku plastik umumnya lebih ringan, bersifat isolator,

dan proses pembuatannya lebih murah (Ermawati, 2011).

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menilai persoalan sampah plastik sudah sangat meresahkan. Indonesia bahkan sudah masuk dalam peringkat kedua dunia sebagai penghasil sampah plastik setelah Tiongkok. Dirjen Pengelolaan sampah, Limbah, dan B3 KLHK Tuti Hendrawati Mintarsih

menyebutkan total jumlah sampah Indonesia di tahun 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton atau 14 % dari total sampah yang ada (Anonim, 2016).

Bahan plastik memiliki masalah setelah barang tersebut tidak digunakan lagi. Barang berbahan plastik tersebut tidak dapat membusuk, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Limbah plastik yang ada pada saat ini pada umumnya hanya dibuang (landfill), dibakar atau didaur ulang (recycle). Proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik, apabila dibakar dengan suhu rendah, limbah plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat karsinogen seperti CO₂, NO_x, SO₂, poly chloro dibenzodioxins dan poly chloro dibenzofurans (Ermawati, 2011) yang dapat menyebabkan polusi bagi lingkungan yang mengarah ke penyakit yang mempengaruhi paru-paru dan kulit, plastik yang menumpuk di lahan dapat mengurangi kesuburan tanah, menghalangi peresapan air ke dalam tanaman dan juga mengancam kehidupan hewan (Pramila dan Ramesh, 2015).

Bakteri tanah yang paling umum termasuk dalam genus *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina*,

dan *Mycobacterium*. *Escherichia* jarang dijumpai dalam tanah kecuali sebagai kontaminan dari pembuangan kotoran sedangkan *Aerobacter* sangat sering ditemukan dan mungkin merupakan penghuni normal tanah- tanah tertentu. Kelompok bakteri lain yang umum dijumpai dalam tanah adalah *Myxobacteria* yang termasuk genus *Myxococcus*, *Chonrococcus*, *Archangium*, *Polyangium*, *Cytophaga*, dan *Sporocytophaga* (Rao, 1986).

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomassa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Bakteri hidup dalam tanah sebagai kokus (bulat, 0,5 μ), basil (batang, 0,5 sampai 3,0 μ), atau spirillum (spiral). Basil umum terdapat dalam tanah sedangkan spirillum sangat jarang terdapat dalam lingkungan alami. Pada tahun 1925, Winogradsky mengklasifikasi mikroorganisme tanah umumnya dan bakteri khususnya menjadi dua kelompok besar : organisme autokton (penghuni asli) dan organisme zimogen. Populasi autokton atau pribumi selalu seragam dan konstan dalam tanah karena nutrisinya berasal dari bahan organik tanah aslinya (contoh : *Arthrobacter* dan *Nocardia*). Sebaliknya organisme zimogen

atau fermentatif membutuhkan sumber energi dari luar dan populasi normalnya dalam tanah sangat rendah (*Pseudomonas* dan *Bacillus*) (Rao, 1986).

Suatu polimer (makromolekul) adalah sebuah molekul besar yang terdiri dari unit-unit kecil yang disebut monomer. Proses pengubahan monomer atau campuran monomer ke polimer disebut polimerasi. Berbagai polimer seperti polisakarida, protein, dan asam nukleat adalah merupakan polimer alam, namun banyak di antara polimer adalah polimer sintetik (Siregar, 1988).

Polimer sintetik yang asli dirancang untuk meniru polimer alam. Misalnya Du Pont Company memperkenalkan karet sintetik dan nilon ("sutera buatan") pada tahun 1930 an. Produk-produk polimer sehari-hari mencakup kantong plastik pembungkus makanan, lapisan Teflon pada penggoreng, sikat rambut, sikat gigi, perekat eposki, penyekat listrik, wadah plastik, katup jantung jendela pesawat terbang (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Biodegradasi merupakan proses dimana bahan organik dipecah oleh organisme seperti bakteri dan jamur yang masih hidup. Selama proses biodegradasi polimer, terdapat dua kategori aktivitas enzim yang terlibat di antaranya depolimerase ekstraseluler dan intraseluler. Selama degradasi, eksoenzim

dari mikroorganisme memecah polimer kompleks menjadi molekul yang lebih kecil, misalnya oligomer, dimer, dan monomer yang cukup kecil untuk melewati membran bakteri semipermeabel dan kemudian dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi dan melepaskan produk-produk seperti CO₂ dan H₂O (Pramila dan Ramesh, 2015).

Proses Biodegradasi dibagi menjadi (1) aerobik dan (2) anaerob

Biodegradasi Aerob

$\text{Polymer} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} +$
Biomassa + residu (s) (1)

Biodegradasi Anaerob

$\text{Polymer} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} +$
Biomassa + residu (s) (2)

II. METODE

Kegiatan penelitian yang direncanakan dalam usulan ini berorientasi pada perolehan isolat bakteri pendegradasi plastik. Penelitian ini akan dilaksanakan dalam dua tahapan. Pada tahap satu akan dihasilkan isolat bakteri pendegradasi. Selanjutnya, pada tahap kedua akan dilakukan karakterisasi isolat bakteri pendegradasi.

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi autoklaf, petridish, pinset, bunsen, kertas label, plastik, paper disk.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Bahan yang

digunakan dalam penelitian ini yaitu : Sampel tanah, Aquades, Alkohol 70%, Alkohol 96%, Media Nutrient Agar, Media Mineral Salt Medium, Metilen Blue, Safranin, Vortex, Plastik Kresek Berwarna hitam, Kristal Violet, Iodium, Spritus, larutan H₂O₂, NaCl 0,9 %, Minyak Imersi, dan gelatin.

Pengambilan Sampel Tanah

1. Sampel tanah diambil dari lahan timbunan sampah yang berlokasi di TPA Terjun, dengan metode komposit pola acak sebanyak 5 titik dengan kedalaman tanah 3-5 cm.
2. Masing- masing sampel tanah dari kelima titik tersebut diambil 1 kg per titik sampel sehingga didapatkan 5 kg per 5 titik sampel. Pengambilan titik sampel dilakukan berdasarkan terdapatnya plastik yang sudah mulai terurai (hal ini menunjukkan adanya bakteri yang melakukan proses biodegradasi).
3. Kemudian tanah dari kelima titik tersebut diaduk secara merata dengan di ayak agar didapatkan tanah yang homogen (Ainiyah, 2014).

Persiapan Kantong Plastik

1. Plastik yang digunakan merupakan plastik kresek berwarna hitam yang dipotong dengan ukuran 15 x 4 cm sebanyak 3 kali ulangan. Kemudian disterilisasi dengan menggunakan

alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit dan dikering-anginkan dengan sinar UV pada Laminar Air Flow selama 30 menit.

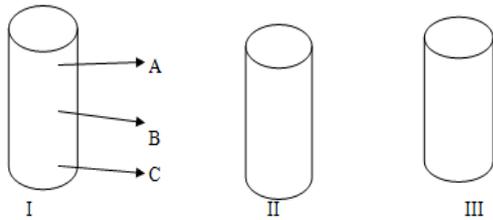
2. Untuk mengetahui berat awal plastik, potongan tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 24 jam.
3. Potongan plastik ditimbang menggunakan neraca analytical balance dalam kondisi steril sebagai berat kering awal. Supaya dapat dibedakan, masing- masing potongan plastik diberi tanda (Ainiyah, 2014).

Biodegradasi

1. Proses degradasi menggunakan metode Winogradsky column dengan botol air mineral steril volume 1,5 L yang berjumlah 3 botol.
2. Masing- masing botol tersebut diisi dengan 750 gr sampel tanah yang telah diambil sebelumnya sebanyak 3 kali ulangan.
3. Pada lapisan kedua ditambahkan Mineral Salt Medium (MSM) atau media minimal steril sebanyak 750 ml.
4. Kemudian dimasukkan potongan plastik dengan pisau steril hingga tercelup pada substrat tanah sepenuhnya.
5. Setelah itu ditutup dengan bagian leher botol yang telah dipotong dan di rekatkan dengan wrap atau selotip.
4. Proses degradasi menggunakan metode ini dilakukan selama 4 bulan dan

dihitung berat kering plastik tiap 4 minggu. (Ainiyah, 2014).

Berikut ini gambaran metode Kolom Winogradsky yang akan digunakan dalam penelitian, metode kolom winogradsky dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Metode Kolom Winogradsky

Keterangan :

- A = MSM (Mineral Salt Medium) 750 ml
- B = Potongan plastik hitam ukuran 15 x 4 cm (4 lembar)
- C = Tanah sampah sebanyak 750 gram

Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik dan Uji Total Plate Count (TPC)

1. Isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan dengan metode serial dilution dan dilanjutkan dengan metode spread plate.
2. Setelah 4 bulan, potongan plastik diambil dari Winogradsky Column dengan menggunakan pinset secara aseptis.
3. Untuk memisahkan biofilm pada plastik, potongan tersebut dimasukkan kedalam botol flakon berisi 13 ml aquades steril dan di vortex dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik tiap 5 kali.

4. Setelah itu, potongan plastik dipisahkan untuk menghitung presentase berat keringnya.
5. Biofilm yang sudah terpisah di vortex selama 2 menit hingga homogen.
6. Kemudian inokulum yang sudah homogen diambil sebanyak 100 µl dengan menggunakan micropipet dan dipindahkan ke dalam tabung pertama yang berisi 9,9 ml aquades steril serta dihomogenkan.
7. Tabung tersebut disebut pengenceran 10-2. Tahap selanjutnya dari pengenceran 10-2 diambil sebanyak 100 µl dan dipindahkan ke tabung kedua yang berisi 9,9 ml aquades steril serta dihomogenkan kembali. Tabung tersebut disebut dengan pengenceran 10-4. Pengenceran terus dilakukan sampai didapatkan pengenceran 10-8. Masing- masing dilakukan 3 kali ulangan.
8. Sementara itu, medium kultivasi yaitu media Nutrient Agar (NA) dituang kedalam cawan petridish dan dibiarkan hingga dingin. Setelah itu inokulum diratakan dengan Drigalski dan diinkubasi pada suhu 37° C selama 48 jam (Ainiyah, 2014).

Presentasi Kehilangan Berat Plastik

1. Pengukuran kehilangan berat plastik dilakukan dengan cara menghitung selisih

berat potongan plastik sebelum didegradasi dan setelah proses degradasi.

2. Potongan plastik yang sudah terpisah dengan biofilm disterilisasi dengan alkohol 70 % dan dikeringanginkan.

3. Setelah kering, potongan plastik dimasukkan kedalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam.

4. Potongan plastik yang telah dioven dimasukkan ke dalam dessicator selama 24 jam dan ditimbang berat keringnya. Berikut rumus perhitungan persentase kehilangan berat plastik.

$$\text{Kehilangan berat} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Keterangan :

W_i = Berat kering awal sebelum degradasi (gram)

W_f = Berat kering akhir setelah degradasi (gram) (Ainiyah, 2014).

Teknik Pewarnaan Gram

Teknik pewarnaan gram dilakukan dengan membuat olesan tipis suspensi dari isolat bakteri berumur 24 jam pada gelas

objek yang bersih, kemudian kering-anginkan. Setelah kering, difiksasi dengan cara melewatkan bagian bawah gelas obkjek di atas api bunsen. Selanjutnya hapusan bakteri ditetesi dengan larutan kristal violet selama 1 menit. Dibilas dengan air kran. Kemudian ditetesi dengan larutan iodium dan dibiarkan selama 1 menit. Dibilas dengan air kran. Membilas dengan alkohol 96% selama 20 detik. Dibilas dengan air kran, ditetesi dengan safranin selama 45 detik. Kemudian dibilas dengan air kran, diletakkan diatas kertas hisap. Mengamati hasil pewarnaan di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000 x untuk memperjelas morfologi sel bakteri ditetesi dengan minyak imersi di atas cover glass. Sel bakteri Gram-positif akan berwarna ungu hingga biru, sedangkan bakteri Gram- Negatif akan berwarna merah (Vignesh, 2016).

III. HASIL

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Tabel 1. Karakterisasi Isolat Bakteri Yang Diisolasi Dari TPA Terjun Berdasarkan Morfologi Dan Uji Biokimia

Karakter Kode isolate	Warna	Bentuk	Tepi	Elevasi	Gram	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
A1	Krem	Bundar	Licin	Timbul	Basil (+)	+	+	+	+	-
A2	Krem	Tdk beratur	Licin	Timbul	Kokus(+)	+	+	+	+	-
A3	Kuning	Bundar	Licin	Timbul	Kokus (+)	+	+	+	+	-
A4	Krem	Tdk beratur	Berombak	Timbul	Kokus(+)	+	-	+	-	+
A5	Krem	Folifrom	Siliat	Timbul	Kokus (-)	+	+	+	+	+
A6	Krem	Bundar	Licin	Timbul	Kokus (+)	+	+	+	+	-
A7	Krem	Tdk beratur	Berombak	Timbul	Kokus (-)	+	+	+	+	-
A8	Krem	Berbenang	Licin	Timbul	Kokus (+)	+	-	-	+	-
A9	Krem	Keriput	Berombak	Timbul	Kokus(+)	+	-	+	+	+
A10	Krem	Tdk beratur	Berbenang	Timbul	Kokus(+)	+	-	+	+	+
A11	Krem	Tdk beratur	Licin	Berombak	Basil (+)	+	+	+	+	-
A12	Krem	Rhizoid	Licin	Berombak		+	+	+	+	+
A13	Putih	Tdk beratur	Licin	Datar	Kokus(-)	+	+	-	+	+

Keterangan:

Uji 1. Katalase (+) = adanya gelembung pada sampel

Uji 2. Hidrolisis pati (+) = adanya warna bening di sekitar media pati yang ditetesi kristal violet

Uji 3. Gelatin (+) = tetap berwujud cair

Uji 4. Kasein (+) = adanya warna bening di sekitar media

Uji 5. Motilitas (+) = pertumbuhan melebar pada bagian tengah akibat tusukan jarum ose

Berdasarkan tabel diatas terdapat kesamaan secara morfologi pada isolat A1 dan A6 yaitu warna koloni krem, bentuk koloni bundar, tepi koloni licin, elevasi koloni timbul. Kesamaan morfologi juga terdapat pada isolat A2 dan A11 yaitu warna koloni krem, bentuk koloni tidak beraturan, tepi koloni licin, elevasi koloni berombak. Pada isolat A4 dan A7 juga memiliki kesamaan secara morfologi yaitu warna koloni krem, bentuk koloni tidak

beraturan, tepi koloni berombak, dan elevasi koloni timbul. Berdasarkan kesamaan karakteristik morfologi isolat tersebut, kemungkinan isolat- isolat tersebut berada dalam satu family. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lay(1994), bahwa berdasarkan ciri morfologi koloni bakteri dan biakan murni maka dapat dilakukan proses identifikasi jenis-jenis mikroorganisme, namun untuk memperoleh hasil identifikasi yang

sempurna maka harus dilanjutkan dengan pewarnaan gram dan uji biokimia.

Pewarnaan Gram

Ketiga belas isolat yang potensial sebagai pendegradasi plastik dilakukan pewarnaan gram untuk membedakan bakteri Gram Positif dan Gram Negatif. Hasil pewarnaan gram dapat dilihat pada tabel 4.1.

Berdasarkan tabel diatas ketiga belas isolat yang diuji pewarnaan gram,

Gambar hasil uji pewarnaan gram pada isolat A7, A1, dan A5 dapat dilihat pada gambar berikut :

didapatkan gram positif berbentuk basil yaitu isolat A11 dan A1. Delapan isolat Gram positif berbentuk kokus yaitu isolat A2, A3, A4, A6, A8, A9, A10, dan A12. Kemudian 3 isolat bakteri merupakan gram negatif berbentuk kokus yaitu isolat A5, A7, dan A13. Isolat bakteri gram positif ditandai dengan sel berwarna ungu sedangkan isolat bakteri gram negatif ditandai dengan sel berwarna merah (Cappucino dan Sherman, 2001).



Gambar 1 : (isolat A7)



Gambar 2 : (isolat A1)



Gambar 3 :(isolat A5)

Gambar 2. Hasil Uji Pewarnaan Gram Gambar 1 : (gram positif berbentuk kokus), Gambar 2 : (gram positif berbentuk batang), dan Gambar 3 : (gram negatif kokus)

Persentasi Penurunan Berat Plastik

Persentasi penurunan berat plastik diukur pada saat sesudah degradasi, yaitu dimulai pada bulan ke 2 sampai bulan ke 4. Tabel penurunan berat plastik dapat dilihat tabel 2.

Tabel 2. Proses Perhitungan Berat Plastik Sebelum dan Sesudah degradasi

Plastik	Sebelum Degradasi (gr)	Setelah Degradasi (Bulan)					
		2	S	3	S	4	S
		(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
P1	0,1617	0,1580	0,0037	0,1542	0,0038	0,1440	0,0102
P2	0,1609	0,1541	0,0068	0,1530	0,0011	0,1410	0,0120
P3	0,1611	0,1550	0,0061	0,1441	0,0109	0,1415	0,0026
P4	0,1613	0,1481	0,0132	0,1375	0,0106	0,1340	0,0035

Keterangan :

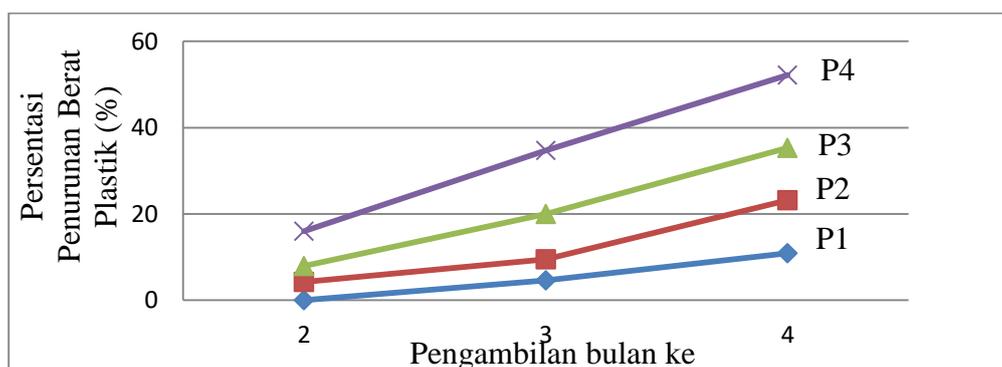
P1 = Plastik 1

S = Selisih Berat

P2 = Plastik 2

P3 = Plastik 3

P4 = plastik 4



Gambar 3. Persentasi Penurunan Berat Plastik P1, P2, P3 dan P4

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil karakterisasi terdapat 13 isolat yang memiliki potensi sebagai pendegradasi plastik berdasarkan morfologi warna, bentuk koloni, tepi

koloni, dan elevasi koloni. Adanya keanekaragaman dan jumlah isolat bakteri kemungkinan disebabkan oleh media tumbuh yang digunakan sebagai media isolasi bakteri. Kandungan nutrisi yang

terdapat dalam suatu media kultur juga akan mempengaruhi pertumbuhan bakteri (Cappucino dan Sherman, 2001).

Tiga belas isolat yang diuji pewarnaan gram, didapatkan gram positif berbentuk batang yaitu A1, dan A11. Delapan isolat bakteri gram positif berbentuk kokus yaitu isolat A2, A3, A4, A6, A8, A9, A10, A12, kemudian tiga isolat gram negatif berbentuk kokus yaitu isolat A5, A7, dan A13. Mekanisme pewarnaan gram didasarkan pada struktur dan komposisi dinding sel bakteri. Bakteri gram negatif mengandung lipid atau substansi seperti lemak dalam presentasi lebih tinggi daripada yang dikandung bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif juga lebih tipis daripada dinding sel bakteri gram positif. Selama prosedur pewarnaan, perlakuan dengan alkohol terhadap bakteri gram negatif menyebabkan terekstraksinya lipid, sehingga memperbesar daya rembes atau permeabilitas dinding sel negatif. Jadi kompleks ungu kristal yodium yang telah memasuki dinding sel selama selangkah awal dalam proses pewarnaan dapat diekstraksi. Karena itu, bakteri gram negatif kehilangan warna tersebut (Pelczar, 1986).

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh 13 isolat bakteri yang memiliki potensi sebagai pendegradasi plastik yang berasal dari TPA Terjun Kota Medan.
2. Berdasarkan pewarnaan gram didapatkan dua isolat merupakan gram positif berbentuk batang, delapan isolat merupakan gram positif berbentuk kokus dan tiga isolat merupakan gram negatif berbentuk kokus. Dan berdasarkan hasil uji biokimia yang dilakukan terdapat 2 isolat yang bereaksi positif terhadap semua uji yang dilakukan yaitu isolat A5 dan A12. Ketiga belas isolat bakteri juga bereaksi positif terhadap uji katalase.
3. Ketiga belas isolat bakteri yang diisolasi dari TPA Terjun Kota Medan memiliki potensi sebagai pendegradasi plastik. Hal ini terlihat bahwa terjadi penurunan berat plastik yang digunakan atau terdapat selisih berat plastik dalam kurun waktu 4 bulan masa inkubasi.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penurunan berat plastik secara fisik yaitu dengan dilakukannya uji Screening pada plastik yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, D.N., dan Shovitri, M., (2014), Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom Winogradsky, *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(3): 63-66.
- Anonim1, (2016), <http://www.cnnindonesia.com/indonesiapenyumbangsampahplastik-terbesar-ke-duadunia/html> (diakses 13-12-2016).
- Anonim2, (2017), <http://www.Medan.tribunnews.com/2016/04/06/setiap-harisampah-masuk-ke-tpa-marelansebanyak-1500-ton/html>. (diakses 03/01/2017).
- Anonim3, (2017), <http://www.waspada.co.id/medan/tpa-terjun/html>. (diakses 03/01/2017).
- Cappucino, J.G., dan Sherman, N., (2001), *Microbiology A Laboratory Manual*, Rockland Community College, State University of New York.
- Ermawati, R., (2011), Konversi Limbah Plastik sebagai Sumber Energi Alternatif Converting of Plastic Waste as a Source of Energy Alternative, *Jurnal Riset Industri*. 5(3): 257-263
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S., (1982), *Kimia Organik Edisi 3 jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Lay, W, Bibiana., (1994), *Analisis Mikroba Di Laboratorium*. PT Reja Grafindo Persada, Jakarta
- Pelczar, M., J., Chan., (1986), *Dasar-Dasar Mikrobiologi. Jilid I. Terjemahan Ratna Siri Hadioetomo*. UI Pres, Jakarta
- Pramila, R., dan Ramesh K.V., (2015), Potential Biodegradation Of Low Density Polyethylene (LDPE) by *Acinetobacter baumannii*, *African Journal of Bacteriology Research*. 7(3): 24-28.
- Rydz, Joanna., Sikorska W., Kyullavska, M., dan Christova, D., (2015), Polyester-Based (Bio)degradable Polymers as Environmentally Friendly Materials for Sustainable Development, *Journal International Molecular Science*, 1(16): 564-596.
- Siregar, M., (1988), *Dasar-Dasar Kimia Organik*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Jakarta.