# UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE* (PE) OLEH BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK YANG DIISOLASI DARI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) JABON SIDOARJO

## SKRIPSI

**Disusun Oleh:**

**RENI IDA WATI**

**H71216066**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL**

**SURABAYA**

**2020**

# PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Reni Ida Wati

NIM : H71216066

Program Studi : Biologi

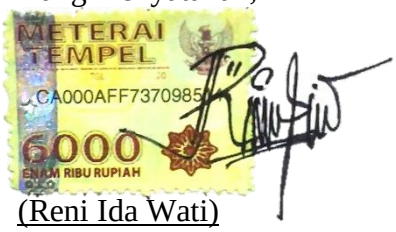
Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE* (PE) OLEH BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK YANG DIISOLASI DARI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) JABON SIDOARJO**".** Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Juni 2020

Yang menyatakan,




(Reni Ida Wati)

NIM. H71216066

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Reni Ida Wati

NIM : H71216066

JUDUL : Uji Kemampuan Biodegradasi Sampah Plastik *Polyethylene* (PE) oleh Bakteri Pendegradasi Plastik yang Diisolasi dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon Sidoarjo

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, *15 Juni 2020*

| Dosen Pembimbing 1 | Dosen Pembimbing 2 |
|---|---|
| Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si | Hanik Faizah, S.Si., M.Si |
| NIP. 198506252011012010 | NIP. 201409019 |

# PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Reni Ida Wati ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 25 Juni 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

| | |
|---|---|
| Penguji I | Penguji II |
| Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si | Hanik Faizah, S.Si., M.Si |
| NIP. 198506252011012010 | NIP. 201409019 |
| Penguji III | Penguji IV |
| Sri Hidayati L., S.KM., M.Kes | Irul Hidayati, M. Kes |
| NIP. 198201252014032001 | NIP. 198102282014032001 |

Mengetahui,
Plt. Dekan. Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 19732272005012003

**KEMENTERIAN AGAMA**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**
**PERPUSTAKAAN**
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Reni Ida Wati
NIM : H71216066
Fakultas/Jurusan : SAINTEK/BIOLOGI
E-mail address : reniidawati128@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (……)
yang berjudul :

UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE* (PE) OLEH BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK YANG DIISOLASI DARI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) JABON SIDOARJO

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Juni 2020

Penulis

( Reni Ida Wati )

# ABSTRAK


## UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE* (PE) OLEH BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK YANG DIISOLASI DARI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) JABON SIDOARJO

Polietilena merupakan salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sifatnya yang ringan, fleksibel, kuat, mudah dibawa, kedap air, serta biaya produksi murah menjadikan penggunaan polietilena semakin luas. Ikatan rantai karbon yang panjang menyebabkan sampah plastik sulit terurai. Penanganan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir permasalahan sampah plastik yaitu biodegradasi. Dalam proses biodegradasi plastik, mikroorganisme akan mengeluarkan enzim yang dapat mendegradasi polimer menjadi bentuk yang lebih sederhana dan memanfaatkannya sebagai sumber karbon. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui jenis bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi dari TPA Jabon Sidoarjo serta mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi plastik polietilena. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 5 titik berdasarkan adanya timbunan sampah plastik yang mulai terdegradasi, isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan dengan kolom winogradsky. Isolat bakteri dipurifikasi dan dilakukan uji kemampuan biodegradasi. Uji kemampuan biodegradasi dilakukan pada media MSM dengan penambahan potongan plastik polietilena dan diinkubasi di *shaker incubator* selama 40 hari dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 30$^{o}$C. Isolat bakteri diidentifikasi berdasarkan pengamatan makroskopik, mikroskopik, dan uji biokimia. Hasil penelitian didapatkan sebanyak 8 isolat bakteri pendegradasi plastik yang termasuk dalam 5 genus bakteri meliputi *Alcaligenes*, *Actinobacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, dan *Neisseria*. Uji kemampuan biodegradasi menunjukkan bahwa masing-masing isolat bakteri mempunyai kemampuan yang berbeda. Isolat bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi tertinggi yaitu isolat P2B2 (genus *Pseudomonas*) dengan presentase kehilangan berat plastik sebesar 3.87% dan besar regangan plastik sebesar 0.005, sedangkan isolat bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi terendah yaitu isolat P1B1 (genus *Alcaligenes*) dengan presentase kehilangan berat plastik sebesar 0.8% dan tidak terjadi perubahan regangan. Uji statistika menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi plastik polietilena.



**Kata kunci :** Bakteri Pendegradasi Plastik, Biodegradasi, Kolom Winodgradsky, Polietilena, TPA Jabon.





digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# ABSTRACT


## TEST ABILITY OF POLYETHYLENE (PE) PLASTIC WASTE BIODEGRADATION BY PLASTIC DEGRADATION BACTERIA ISOLATED FROM LANDFILL OF JABON SIDOARJO

Polyethylene is one type of plastic that is many used in everyday life. Its lightweight, flexible, strong, easy to carry, waterproof, and low production costs make the use of polyethylene plastics more widespread. Long carbon chain bonds make it difficult to decompose plastic waste. Handling that can be done to minimize the problem of plastic waste is biodegradation. In the process of plastic biodegradation, microorganisms will release enzymes that can degrade polymers into simpler forms and use them as carbon sources. The purpose of this study was to determine the type of plastic degrading bacteria isolated from the Jabon Sidoarjo landfill and to determine its ability to degrade polyethylene plastics. Soil sampling was carried out at 5 points based on the accumulation of plastic waste which began to be degraded, then the isolation of plastic degrading bacteria was carried out using a winogradsky column. Bacterial isolates were purified and tested for biodegradability. The biodegradation ability test was carried out on MSM media by adding pieces of polyethylene plastic and incubated in the incubator shaker for 40 days at a speed of 150 rpm at 30$^{o}$C. Bacterial isolates were identified based on macroscopic, microscopic observations, and biochemical tests. The results obtained as many as 8 isolates of plastic degrading bacteria which are included in 5 genera of bacteria including *Alcaligenes, Actinobacillus, Pseudomonas, Acinetobacter,* and *Neisseria*. Biodegradation test shows that each bacterial isolate has a different ability. Bacterial isolates that had the highest degradation ability were P2B2 isolates (genus *Pseudomonas*) with a percentage of plastic weight loss of 3.87% and plastic strain size of 0.005, while the bacterial isolate which has the lowest degradation ability is P1B1 isolate (genus *Alcaligenes*) with a percentage of plastic weight loss of 0.8% and there is no change in strain. Statistical tests showed no difference in the ability of bacterial isolates to degrade polyethylene plastics.



**Keywords:** Plastic Degradation Bacteria, Biodegradation, Winodgradsky Column, Polyethylene, Jabon Landfill.





digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# DAFTAR ISI

Halaman Sampul ..... i
Halaman Pernyataan Keaslian ..... ii
Lembar Persetujuan Pembimbing ..... iii
Lembar Pengesahan Tim Penguji Skripsi ..... iv
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi ..... v
Abstrak ..... vi
Daftar Isi ..... viii
**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 6
1.3 Tujuan Penelitian ..... 6
1.4 Hipotesis Penelitian ..... 6
1.5 Manfaat Penelitian ..... 6
1.6 Batasan Penelitian ..... 7
**BAB II KAJIAN PUSTAKA** ..... 9
2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA) ..... 9
2.2 TPA Griyomulyo, Jabon, Sidoarjo ..... 10
2.3 Sampah ..... 13
2.4 Plastik ..... 14
2.5 *Polyethylene* (PE) ..... 17
2.6 Biodegradasi Plastik ..... 20
2.7 Bakteri Pendegradasi Plastik ..... 23
2.8 Isolasi dan Identifikasi Bakteri ..... 25
**BAB III METODE PENELITIAN** ..... 33
3.1 Rancangan Penelitian ..... 33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian ..... 33
3.3 Alat dan Penelitian ..... 34
3.4 Variabel Penelitian ..... 35
3.5 Prosedur Penelitian ..... 35
3.6 Analisis Data ..... 47



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... 48
4.1 Isolasi dan Purifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik ..... 48
4.2 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik ..... 51
4.3 Uji Kemampuan Biodegradasi ..... 76
4.4 Integrasi dengan Ayat Al-Qur'an ..... 84
**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN** ..... 89
5.1 Kesimpulan ..... 89
5.2 Saran ..... 89
**DAFTAR PUSTAKA** ..... 90



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu bahan kemasan yang saat ini sedang populer dan banyak digunakan oleh masyarakat. Plastik adalah polimer sintetik yang tersusun oleh karbon, hidrogen, dan oksigen (Sharma and Amitab, 2004). Sejak awal ditemukannya, plastik menjadi keunggulan bagi bidang industri untuk dijadikan sebagai bahan kemasan suatu produk (Hadi, 2003). Selain itu, plastik juga dipergunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan peralatan rumah tangga maupun fasilitas umum lainnya (Akyuni, 2003).

Pemilihan plastik sebagai bahan kemasan dikarenakan plastik memiliki sifat istimewa dibandingkan dengan bahan kemasan lainnya seperti kertas, logam, maupun kayu. Sifat istimewa tersebut yaitu tekstur yang ringan, lentur, fleksibel, mudah dibawa kemana-mana, kedap terhadap air, serta biaya produksinya murah (D. K. Barnes *et al*., 2009). Oleh karena itu, saat ini plastik digunakan sebagai suatu solusi untuk menggantikan kertas, kayu, maupun logam sebagai kemasan dari suatu produk. Penggunaan plastik di Indonesia semakin hari semakin meningkat terlihat dari produksi plastik yang mencapai 64 juta ton/tahun setara dengan 175.000 ton/hari (Gnanavel, 2014).

Salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu *Polyethylene* (PE). Polietilena memiliki sifat kuat dan ringan dibandingkan dengan jenis plastik lainnya, serta tahan terhadap panas dan bahan kimia sehingga penggunaannya semakin luas (Nurminah, 2002). Di Indonesia, penggunakan plastik polietilena semakin meningkat, hal ini terlihat dari



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

produksinya pada tahun 2008 yakni sebesar 425 ribu ton dan diperkirakan mengalami peningkatan setiap tahunnya (ICN, 2010). Penggunaan plastik yang semakin meningkat ini akan memberikan dampak negatif yaitu meningkatnya pula sampah plastik yang dihasilkan, sebagaimana yang dinyatakan oleh Jambeck *et al*. (2015) bahwa Indonesia merupakan negara kedua yang menghasilkan sampah plastik terbesar di laut setelah China dengan total sebesar 187,2 juta ton/tahun.

Plastik tergolong dalam senyawa organik dengan rantai karbon yang panjang serta berat molekul yang besar. Rantai karbon yang panjang ini menjadikan sampah plastik sulit terurai atau terdegradasi (*undegradable*) (Tchobanoglous *et al*., 1993; Putra dan Yuriandala, 2010). Penguraian sampah plastik di lingkungan membutuhkan waktu yang sangat lama yaitu 100 hingga 500 tahun untuk dapat terurai secara sempurna (Purwaningrum, 2016). Melimpahnya sampah plastik yang disertai dengan lamanya penguraian ini menyebabkan berbagai permasalahan serius pada lingkungan seperti meluapnya air sungai sehingga menimbulkan kebanjiran. Permasalahan sampah plastik yang berdampak pada pencemaran lingkungan bahkan kerusakan lingkungan telah termaktub dalam Al-Qur'an surat Ar-Rum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (٤١)

*Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat maupun di laut disebabkan perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)."*

Berdasarkan ayat diatas dapat diketahui bahwa adanya kerusakan baik di darat maupun di laut tidak lain merupakan ulah manusia, salah satunya yaitu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

membuang sampah sembarangan terutama sampah plastik. Allah SWT. juga telah menghendaki bahwa manusia yang melakukan suatu perbuatan hingga berdampak pada kerusakan lingkungan akan diberikan hukuman sebagaimana akibat dari ulah yang mereka lakukan agar tersadar dan berusaha untuk menjaga kelestarian lingkungan. Seperti halnya meluapnya air sungai karena tumpukan sampah plastik yang berakibat pada kebanjiran. Oleh karena itu, seharusnya tindakan yang dilakukan yaitu membuang sampah di tempatnya serta melakukan penanganan lebih lanjut terhadap sampah plastik.

Metode penanganan sampah plastik yang biasa dilakukan oleh masyarakat yaitu dengan cara membakar atau mendaur ulang. Namun, tidak semua masyarakat memiliki kemampuan untuk mendaur ulang sampah plastik sehingga kebanyakan dilakukan dengan cara pembakaran. Penanganan sampah plastik dengan cara pembakaran bukanlah suatu solusi yang tepat karena akan menimbulkan dampak negatif lainnya yaitu udara akan tercemar oleh CO dan $CO_2$ yang berbahaya bagi pernafasan (Syam, 2017). Selain dengan cara pembakaran, biasanya sampah plastik hanya dibiarkan tertimbun di TPA yang mana semakin lama penumpukan sampah plastik ini akan semakin meningkat. Oleh sebab itu perlu dilakukan penanganan khusus untuk meminimalisir penumpukan dan permasalahan plastik di lingkungan yaitu dengan cara biodegradasi.

Biodegradasi adalah proses penguraian, pendegradasian ataupun pemecahan polimer baik alam maupun sintetik yang dilakukan oleh mikroorganisme (Sriningsih dan Shovitri, 2015). Pada proses biodegradasi, mikroorganisme akan mengeluarkan eksoenzim dan endoenzim yang dapat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mendegradasi polimer menjadi bentuk yang lebih sederhana kemudian memanfaatkannya sebagai sumber karbon yang digunakan untuk proses pertumbuhan (Sriningsih dan Shovitri, 2015). Jenis mikroorganisme yang telah diketahui mempunyai kemampuan dalam mendegradasi plastik polietilena yaitu *Aspergillus niger, A. glaucus,* dan *Pseudomonas sp.* (Kathiresan, 2003);. *Bacillus sp.* (Fadlilah dan Shovitri, 2014*;* Marjayandari dan Shovitri, 2015; Pangestu dkk., 2016)*; Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus thuringiensis* (Syam, 2017).

Pada beberapa penelitian juga telah menunjukkan bahwa mikroba yang diisolasi dari tempat pembuangan akhir mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik polietilena (Zusfahair dkk., 2007; Ainiyah dan Shovitri, 2014; Badriyah dan Shovitri, 2015; Octavianda *et al*., 2016; Gultom dkk., 2017; Munir *et al*., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Octavianda *et al*., (2016) di TPA Benowo Surabaya ditemukan isolat bakteri pendegradasi plastik polietilen oxo-degradable yaitu isolat C231 dengan kemampuan mendegradasi sebesar 0,247±0,138 selama masa inkubasi 30 hari. Selain itu, penelitian oleh Munir *et al*. (2018) di TPA Lokal di Medan didapatkan isolat bakteri pendegradasi plastik polietilena yaitu isolat SP2 dan isolat SP4 dengan kemampuan mendegradasi berturut-turut sebesar 10,16% dan 12,06% selama masa inkubasi 4 minggu.

Berdasarkan penelitian tersebut membuktikan bahwa tempat pembuangan akhir memiliki kemungkinan besar ditemukannya bakteri-bakteri pendegradasi plastik. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan suatu area pembuangan limbah atau sampah yang mana pengelolaannya telah mencapai tahap akhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Nandi, 2005). Umumnya di kota-kota besar seringkali terjadi permasalahan mengenai sampah, salah satunya yaitu kabupaten Sidoarjo. Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu wilayah kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur dengan total penduduk terbesar ke-4 setelah Surabaya, Malang, dan Jember yaitu sebanyak 2,22 juta jiwa (BPS, 2019). Kabupaten Sidoarjo menghasilkan sampah dengan total sekitar 1.150 ton perhari. Banyaknya sampah yang dihasilkan di Sidoarjo ini menyebabkan tempat pembuangan akhir di wilayah Sidoarjo mengalami *overload* dan mengalami penumpukan hingga mencapai ketinggian 15-20 meter (Setyawan, 2019. Pres comm, 3 juli).

TPA Griyomulyo merupakan satu-satunya tempat pembuangan akhir di kabupaten Sidoarjo yang berada di desa Kupang kecamatan Jabon, kabupaten Sidoarjo. TPA Griyomulyo Jabon ini berdiri pada tahun 2005 dan memiliki luas area sebesar 8 Ha dengan jumlah sampah yang masuk tiap harinya sekitar 485-500 ton (Setyawan, 2019. Pres comm, 3 juli). Sampah plastik yang terdapat di TPA Jabon memiliki presentase terbesar kedua setelah sampah organik yaitu sebesar 15.6% yang berupa plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) 1.95%, LDPE (*Low Density Polyethylene*) 10.95%, PET (*Polyethylene Terephthalate*) 0.73%, PS (*Polystyrene*) sterofoam 0.29%; PP (*Polypropylene*) bag 0.37%, dan beberapa plastik lainnya 1.31% (Gaol dan Warmadewanthi, 2017). Sampah plastik yang terdapat di TPA Jabon ini telah mengalami penumpukan selama ±14 tahun sehingga kemungkinan terdapat adanya bakteri-bakteri pendegradasi plastik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon, Sidoarjo dan mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Jenis bakteri pendegradasi plastik apakah yang terisolasi dari TPA Jabon, Sidoarjo?
2. Bagaimana kemampuan isolat bakteri dari TPA Jabon, Sidoarjo dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi dari TPA Jabon, Sidoarjo.
2. Mengetahui kemampuan isolat bakteri dari TPA Jabon, Sidoarjo dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Terdapat perbedaan kemampuan isolat bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon, Sidoarjo dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa/Peneliti
   a. Menambah informasi dan wawasan kepada mahasiswa atau peneliti mengenai jenis bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.
   b. Memberikan dasar bagi mahasiswa atau peneliti untuk melakukan penelitian terkait jenis-jenis bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bagi Instansi Pendidikan
   a. Sebagai sumber belajar untuk lebih mendalami bidang mikrobiologi terutama mengenai jenis bakteri yang mempunyai mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.
   b. Menambah koleksi dan sumber pengetahuan terkait dengan jenis-jenis bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*.
3. Bagi Masyarakat
   a. Memberikan informasi dan wawasan kepada para pembaca dan masyarakat tentang jenis bakteri yang bermanfaat seperti bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*
   b. Menberikan solusi untuk menangani permasalahan sampah plastik di lingkungan dengan memanfaatkan isolat bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon, Sidoarjo.

## 1.6 Batasan Penelitian

1. Sampling dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 5 titik yang berbeda di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon, Sidoarjo.
2. Sampel yang diambil berupa tanah di area timbunan sampah plastik yang mulai terdegradasi yaitu ditandai dengan adanya lubang-lubang pada plastik.
3. Plastik yang digunakan dalam uji kemampuan biodegradasi yaitu jenis plastik *polyethylene* atau kantong kresek yang berwarna putih.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

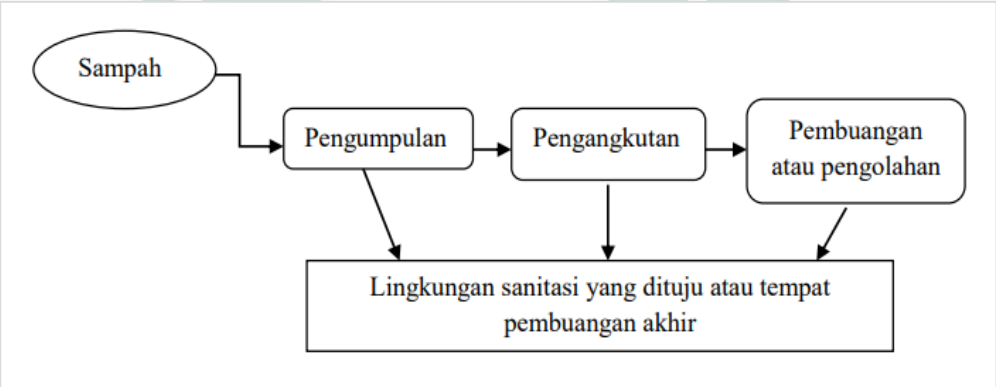
4. Uji kemampuan biodegradasi dilakukan dengan menguji masing-masing bakteri yang terisolasi.
5. Data pengamatan berupa karakteristik makroskopik, mikroskopik dan fisiologis bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon, Sidoarjo serta uji kemampuan biodegradasi berupa presentase kehilangan berat plastik dan besar regangan plastik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB II
# KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) didefinisikan sebagai suatu area pembuangan limbah atau sampah yang pengelolaannya telah mencapai tahap akhir. Pengelolaan sampah dibagi menjadi 3 tahapan yang meliputi pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan akhir atau pengolahan (Gambar 2.1) (Nandi, 2005). Pengumpulan merupakan suatu tahapan pertama dimana sampah diambil dari tempat asal dan dikumpulkan di tempat pembuangan sementara. Sarana yang biasanya digunakan pada tahap pengumpulan yaitu tong sampah, bak sampah, gerobak atau jenis tempat sampah lainnya. Pengangkutan merupakan tahapan dimana sampah diambil dari tempat pembuangan sementara dan diangkut menuju tempat pembuangan akhir dengan bantuan alat transportasi seperti gerobak (Fathiras, 2011).




Gambar 2.1. Tahapan pengeloaan sampah.
Sumber: (Nandi, 2005).

Pembuangan akhir terdiri dari beberapa metode pengelolaan yaitu sebagai berikut (Sularmo dkk., 2010):



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. *Open dumping*, merupakan metode pembuangan akhir tingkat rendah atau sederhana dimana sistem pengelolaan sampah yang dilakukan hanya dengan penumpukan tanpa adanya perlakuan khusus.
2. *Control landfill*, merupakan metode pembuangan akhir menengah dimana sistem pengelolaan sampah dilakukan dengan cara menumpuk atau menimbun sampah pada suatu lubang dan dilakukan penutupan dengan tanah apabila timbunan sampah telah penuh.
3. *Sanitary landfill*, merupakan metode pembuangan sampah yang terbilang tingkat tinggi karena sampah telah mengalami perlakukan. Pada metode ini, sistem pengelolaan sampah dilakukan dengan cara melakukan penimbunan hingga ketebalan terentu pada suatu hamparan luas kemudian memadatkannya dan ditutup atau dilapisi dengan tanah dan dilakukan pemadatan kembali.

## 2.2 TPA Griyomulyo, Jabon Sidoarjo

TPA Griyomulyo merupakan satu-satunya TPA di kabupaten Sidoarjo dimana metode pengelolaannya menggunakan sistem *controlled landfill* (Gaol dan Warmadewanthi, 2017). TPA ini terletak di desa Kupang kecamatan Jabon, kabupaten Sidoarjo dengan koordinat 7$^{o}$32’57"S 112$^{o}$45’49"E (Gambar 2.2). TPA Jabon Sidoarjo ini berbatasan langsung dengan 4 desa yaitu desa Tambak Kalisogo, desa Kupang, desa Balongtani, dan desa Semambung (Setyawan, 2019. Pres comm, 3 Juli).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.2. Peta lokasi TPA Griyomulyo, Jabon Sidoarjo.
Sumber: (Google earth, 2019).

TPA Jabon Sidoarjo berdiri pada tahun 2005 yang dikelola oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) TPA/PALD Griyomulyo dan berada di bawah naungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) kabupaten Sidoarjo. TPA Jabon ini memiliki lahan seluas 8 hektare dengan 1 hektare nya digunakan sebagai Pengolaan Air Limbah Domestik (PALD) sehingga tersisa 7 hektare untuk pembuangan sampah. Lahan TPA Jabon ini dibagi menjadi 14 zona dimana rata-rata luas tiap zona yaitu setengah hektare (Saputra dan Mirwan, 2018). Rata-rata jumlah sampah yang masuk tiap harinya ke TPA Jabon yaitu 485-500 ton sehingga sampah mengalami *overload* dan menumpuk mencapai ketinggian 15-20 meter (Gambar 2.3) (Setyawan, 2019. Pres comm, 3 Juli).

(a) (b)

Gambar 2.3. Penumpukan sampah di TPA Griyomulyo, Jabon Sidoarjo.
Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jumlah sampah yang masuk ini diperkirakan akan mengalami peningkatan sekitar 2% per tahun. Jenis sampah yang masuk ke TPA Jabon dapat digolongkan menjadi 11 kategori yaitu sebagai berikut (Gaol dan Warmadewanthi, 2017):

1. Sampah organik, terdiri dari sisa makanan dan sampah perkebunan seperti daun, dll. Sampah jenis ini merupakan sampah dengan presentase terbesar yaitu 61.54% yang mana 34.77% ialah sampah dari sisa makanan dan 26.77% ialah sampah perkebunan.
2. Plastik, terdiri dari berbagai jenis plastik meliputi LDPE, HDPE, PET, PS Sterofoam, PP bag dan plastik jenis lainnya. Sampah plastik ini mendominasi TPA dengan presentase sebesar 15.6% dengan rincian plastik HDPE yaitu 1.95%, LDPE yaitu 10.95%, PET yaitu 0.73%, PS Sterofoam yaitu 0.29%; PP bag yaitu 0.37%, dan beberapa plastik lainnya sebesar 1.31%.
3. Diapres, terdiri dari sampah popok dan pembalut dengan presentase sebesar 10.4%. Popok memiliki presentase sebesar 9.58% dan pembalut sebesar 0.82%.
4. Kain merupakan sampah terbanyak keempat dengan presentase sebesar 4.8%.
5. Kertas, terdiri dari sampah kertas yang berasal dari majalah, buku, koran, HVS dan jenis kertas lainnya. Sampah kertas ini memiliki presentase sebesar 2.66% dengan rincian sampah majalah sebesar 0.44%, buku sebesar 0.90%, koran 0.43%, HVS 0.45%, dan kertas lainnya sebesar 1.78%.
6. Karton dengan presentase sebesar 1.86%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7. Karet, terdiri dari karet gelang, ban bekas, dan sandal yang memiliki presentase sebesar 0.54%.
8. Limbah B3, terdiri dari benda yang terkontaminasi oleh B3, baterai bekas, lampu bekas, obat-obatan, dll. Sampah limbah B3 ini memiliki presentase sebesar 0.27%.
9. Kaca, terdiri dari botol kaca dan pecahan kaca lainnya dengan total presentase sebesar 0.25%. botol kaca memliki presentase sebesar 0.09% dan jenis kaca lainnya sebesar 0.17%.
10. Besi, terdiri dari kaleng dan lempengan besi dengan total presentase sebesar 0.16%. Kaleng memiliki presentase sebesar 0.05%, non kaleng 0.06%, non besi 0.02%, dan kabel/tembaga sebesar 0.04%.
11. Lain-lain, terdiri dari sampah yang tidak terdapat dalam kategori yang telah disebutkan seperti kayu, dll yang memiliki presentase sebesar 1.92%.

## 2.3 Sampah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Tahun 2010, definisi sampah yaitu suatu padatan yang dihasilkan dari aktivitas manusia sehari-hari ataupun sisa proses alam yang sudah tidak dipergunakan lagi. Berdasarkan jenisnya, sampah dibedakan menjadi 2 macam yaitu (Suprihatin dkk., 1996):

1. Sampah organik

   Sampah organik ialah sampah yang dapat dengan mudah diuraikan atau didegradasi oleh mikroorganisme atau melalui proses alam. Sampah yang tergolong dalam jenis ini yaitu sampah yang berasal dari sisa hewan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ataupun sisa tumbuhan. Contoh : sampah rumah tangga, sayuran, daun, kulit buah, dll.

2. Sampah anorganik

Sampah anorganik ialah sampah yang sulit diuraikan atau didegradasi oleh mikroorganisme maupun proses alam. Sampah ini biasanya berasal dari sisa hasil produksi. Contoh: kemasan plastik, botol gelas, botol plastik, kaleng, logam, dll.

## 2.4 Plastik

Plastik merupakan suatu polimer sintetik berantai panjang yang tersusun oleh karbon, hidrogen, dan oksigen (Sharma and Amitab, 2004). Kata polimer berasal dari bahasa Yunani yaitu poli yang berarti banyak dan mers yang berarti unit atau bagian dengan massa molekul tinggi dimana setiap molekul ini terdiri dari unit struktural tunggal yang bergabung bersama secara teratur. Polimer dapat didefinisikan sebagai molekul dengan rantai berulang yang tersusun atas molekul-molekul dengan ukuran yang lebih kecil yaitu monomer. Jadi, kumpulan dari monomer-monomer disebut dengan polimer. Polimer dibentuk melalui suatu proses yang disebut dengan polimerisasi (Gowariker *et al*., 2005).

Plastik ditemukan pada tahun 1968 oleh seorang peneliti yang berasal dari Amerika Serikat bernama John Wesley Hyatt (Sharma and Amitab, 2004). Pada mulanya plastik terbuat dari minyak atau gas yang berasal dari sumber alami. Namun, karena perkembangan zaman dan kebutuhan barang berbahan dasar plastik yang semakin meningkat maka dilakukan modifikasi untuk membuat plastik dengan sifat tertentu sehingga bahan utama pembuatan plastik yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berasal dari bahan alami minyak atau gas digantikan dengan bahan-bahan sintesis (Zhang *et al*., 1997). Plastik memiliki beberapa sifat yaitu densitas rendah, tahan terhadap suhu tinggi dan bahan kimia, memiliki kekuatan mekanik yang bervariasi, tekstur ringan, fleksibel, mudah dibentuk, dapat diwarnai, dan tidak berkarat (Koswara, 2006).

Plastik dibedakan menjadi 2 jenis berdasarkan sifat fisiknya yaitu (Zhang *et al*., 1997; Syarief dkk., 1989; Sulchan dan Nur, 2007; Saptono, 2008):

1. *Thermoplastic*

   Plastik ini merupakan plastik yang dapat dilakukan daur ulang (*Recycle*) dan dapat dicetak kembali dengan melakukan pemanasan ulang karena plastik ini akan bertekstur lunak ketika dipanaskan dan keras kembali pada keadaan dingin (*Reversibel*), selain itu susunan kimiawi dari plastik ini tidak mengalami perubahan atau tetap seperti semula pada saat dilakukan pencetakan sehingga plastik ini dapat diproses berulang kali. Davidson (1970) menyebutkan bahwa struktur kimia dari *thermoplastics* yaitu linear dimana rantai polimer berbentuk lurus (linear). Plastik yang tergolong dalam *thermoplastic* biasanya digunakan untuk kemasan dan kontak langsung dengan produk. Contohnya: PET (*Polyethylene Terephthalate*), PS (*Polystryene*), PC (*Polycarbonate*), PE (*Polyethylene*), PP (*Polypropylene*).

2. *Thermosetting*

   Plastik ini merupakan plastik yang memiliki sifat berkebalikan dari *thermoplastic* yaitu tidak dapat dilakukan *Recycle* atau daur ulang maupun dicetak kembali dengan pemanasan karena dapat merusak molekul-molekul pada plastik tersebut. Davidson (1970) menyebutkan bahwa struktur kimia

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dari *thermosetting* yaitu tiga dimensi. Struktur ini menyebabkan pada suhu tinggi plastik *thermosetting* menjadi arang. Perubahan tersebut bersifat *irreversible*. Contoh: melanin, PVdC (*Poliviniliden Klorida*), PU (*Polyurethene*), PTFE (*Politetra Fluoroetilen*) pada teflon.

Plastik dibagi oleh *The Society of Plastics Industry* pada tahun 1988 menjadi 7 macam dan dikembangkan oleh *International Organization for Standardization* dengan mengembangkan nomor kode berdasarkan jenis plastik tersebut. Pembagian plastik ini dapat dilihat pada tabel 2.1 (Tchobanoglous *et al*., 1993; Mujiarto, 2005; Koswara, 2006; Candra dan Dianing, 2015):

Tabel 2.1. Jenis-jenis plastik.

| Tipe dan Simbol | Karakteristik | Kegunaan |
|---|---|---|
| 1 PETE *Polyethylene Terephthalate* | Kuat, transparan, kedap terhadap gas dan air, tahan pelarut, mudah dibentuk pada suhu 80$^{o}$C, tidak untuk air hangat apalagi panas. | Botol plastik untuk air mineral, botol kecap, saus sambal, dan beberapa jenis botol lainnya. |
| 2 HDPE *High Density Polyethylene* | Kuat, semi fleksibel hingga keras, titik leleh rendah, tahan terhadap kondisi yang lembab dan bahan kimia, bagian permukaan berlilin, berwarna buram, mudah diwarnai, diproses, maupun dibentuk. | Botol berwarna putih susu, galon air minum. Dapat didaur ulang sebagai ember, kemasan shampoo atau kondisioner, dll. |
| 3 PVC *Polyvinyl Chloride* | Keras, jernih, mengkilap, sukar ditembus air, permeabilitas rendah, mengandung DEHA, berbahan PVC, tidak cocok untuk wadah minyak atau lemak, alkohol, atau produk dalam keadaan panas | Plastik gulungan (c*ling wrap*), kemasan makanan, kemasan kabel, dan peralatan elektronik. Hasil daur ulang digunakan untuk pipa, pot bunga, dan mainan anak kecil. |
| 4 LDPE *Low Density Polyethylene* | Fleksibel, kuat, mudah diproses, kedap terhadap air, permukaan agak berlemak/berlilin, warna tidak jernih namun dapat ditembus cahaya, tidak mudah bereaksi secara kimiawi dengan produk makanan. | Kantong makanan maupun botol yang bertekstur lembek seperti botol madu, botol mustard, *trash bag*, dll. |

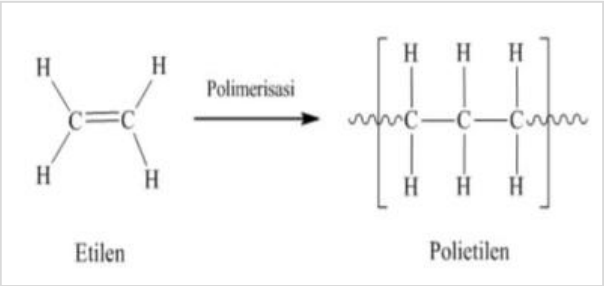
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | |
|---|---|---|
| 5 PP *Polypropylene* | Kuat, keras, fleksibel, ringan, daya tembus uap yang rendah, transparan namun tidak jernih, tahan terhadap bahan kimia dan minyak serta lemak, titik leleh tinggi, permukaan berlilin, dapat ditembus cahaya, tahan terhadap panas. | Kemasan makanan atau minuman seperti tempat penyimpanan makanan, botol minum, toples, tempat obat, sedotan, botol minum bayi, dll. |
| 6 PS *Polystyrene* | Terbagi menjadi 2 macam yaitu bertekstur kaku dan lunak atau berbentuk *foam*/busa berwarna putih, mudah dipengaruhi lemak atau pelarut lain seperti alkohol. | Wadah sterofoam, wadah minum sekali pakai, tempat VCD, dll. |
| 7 OTHER Other seperti PC (*Polycarbonate*), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), dan Nylon. | Plastik PC berwarna jernih, tahan terhadap cuaca, permeabilitas rendah. Nylon memiliki titik leleh pada suhu 350-570ºC. Plastik ABS stabil terhadap panas dan tahan pada bahan kimia dan benda keras atau pukulan, kaku dan mudah diproses. | Botol minum untuk olahraga, alat rumah tangga, dan peralatan bayi, alat elektronik dll. |

Sumber: (Tchobanoglous *et al*., 1993; Mujiarto, 2005; Koswara, 2006; Candra dan Dianing, 2015).

## 2.5 *Polyethylene* (PE)

*Polyethylene* (PE) atau polietilena merupakan salah satu jenis polimer semi-kristalin yang tergolong dalam *thermoplastic* dengan karakteristik berwarna putih, tahan terhadap bahan kimia, titik leleh yang bervariasi antara 110-137ºC, dan pada suhu kamar tidak larut dalam zat organik maupun anorganik. Polietilena memiliki rumus kimia $(C_2H_4)_n$ terbuat dari gas etilen yang telah melewati proses polimerasi (Gambar 2.4) (Billmeyer, 1994).




Gambar 2.4. Reaksi polimerasi etilen.

Sumber: (Billmeyer, 1994).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Polietilena dapat memiliki sifat yang bervariasi tergantung dari struktur rantai dan kerapatannya. Oleh karena itu, polietilena dapat dibedakan menjadi 3 jenis utama yaitu sebagai berikut (Billmeyer and Fred, 1971):

1. HDPE (*High Density Polyethylene*)

   HDPE merupakan jenis polietilena dengan densitas tinggi yaitu sebesar 0,95-0,97 g/cm$^3$ dan tersusun dari rantai yang lurus (Gambar 2.7). Densitas yang tinggi dan struktur rantai yang lurus ini menjadikan polimer ini memiliki sifat yang lebih keras dan kaku dibanding dengan jenis polieilena lainnya. HDPE memiliki sifat ketahanan yang baik dengan titik leleh diatas 127$^o$C, penyerapan air rendah, dan berwarna buram. Umumnya polietilena jenis ini digunakan sebagai kemasan yang berwarna putih susu atau buram seperti botol susu, botol shampo, botol kondisioner, ember, dll (Gambar 2.5).

Gambar 2.5. Penggunaan plastik HDPE.
Sumber: (Asia Baru Packaging, 2016).

2. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

   LDPE merupakan jenis polietilena yang memiliki densitas rendah yakni 0,91-0,94 g/cm$^3$ dengan bentuk kristalin sekitar 50-60%. Struktur LDPE tersusun dari rantai memiliki banyak cabang dengan ukuran panjang maupun pendek (Gambar 2.7). Banyaknya cabang pada rantai polimer menjadikan polietilena jenis ini tidak mengalami proses kristalisasi secara

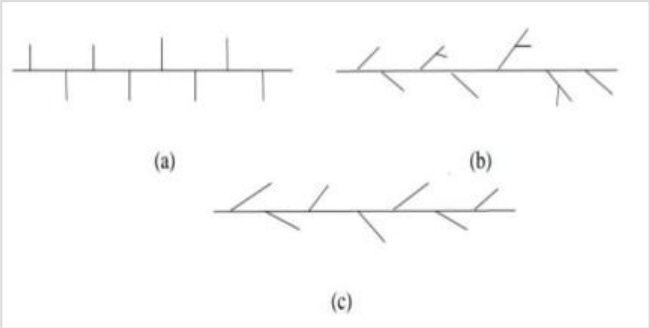
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sempurna sehingga menghasilkan densitas yang rendah dan lebih fleksibel dibandingkan dengan HDPE. LDPE memiliki titik leleh sebesar 115$^{o}$C, tidak mudah bereaksi secara kimia, memiliki permukaan yang lembut, berlilin dan mengkilap. Polietilena jenis ini biasanya digunakan sebagai kemasan makanan, kantong plastik, *trash bag*, dan botol dengan tekstur lembek seperti botol madu (Gambar 2.6).

Gambar 2.6. Penggunaan plastik LDPE.
Sumber: (Sulistyosari, 2018).

3. LLDPE (*Linier Low Density Polyethylene*)

LLDPE merupakan polietilena linier dengan densitas rendah sekitar 0,91-0,94 g/cm$^3$ dan peralihan antara HDPE dan LDPE . Struktur LLDPE tersusun atas rantai yang lurus dengan cabang yang pendek (Gambar 2.7). Polietilena jenis ini tidak banyak digunakan sebagai bahan kemasan melainkan digunakan sebagai campuran plastik HDPE atau LDPE.




Gambar 2.7. Rantai polietilena: (a) HDPE; (b) LDPE; (c) LLDPE.
Sumber: (Billmeyer and Fred, 1971).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 2.6 Biodegradasi Plastik

Biodegradasi merupakan proses penguraian zat organik atau senyawa kimia menjadi elemen atau senyawa baru dengan ukuran lebih kecil atau lebih sederhana yang dilakukan oleh mikroorganisme (Joutey *et al*., 2014). Mikroorganisme yang dapat melakukan proses biodegradasi yaitu bakteri, jamur, dan alga (DeBruyn *et al*., 2015). Berdasarkan ada tidaknya oksigen, proses biodegradasi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu aerobik dan anaerobik. Biodegradasi aerobik terjadi apabila terdapat oksigen dan hasil akhir berupa $H_2O$ dan $CO_2$, sedangkan biodegradasi anaerobik terjadi apabila tidak ada oksigen dan hasil akhir berupa $H_2O$, $CO_2$, dan metana (Leja and Lewandowics, 2010). Pada proses biodegradasi plastik, biodegradasi aerobik terjadi pada tempat pembuangan sampah dan sedimen, sedangkan biodegradasi anaerobik terjadi di komposit dan tanah (Sangale *et al*., 2012).

Aerobik:

$$\textbf{Polimer} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \textbf{Biomassa} + \textbf{Residu}_{(s)}$$

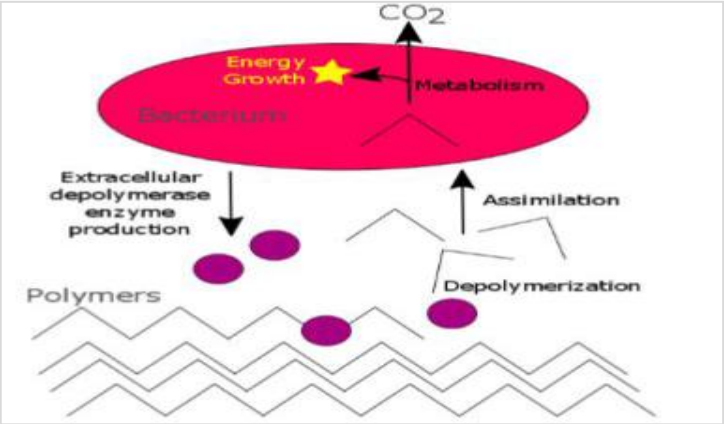
Anaerobik:

$$\textbf{Polimer} \rightarrow CH_4 + CO_2 / CH_4 + H_2O + \textbf{Biomassa} + \textbf{Residu}_{(s)}$$

Proses biodegradasi plastik dilakukan dengan memanfaatkan plastik sebagai substrat untuk pertumbuhan mikroba. Polimer plastik dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil dengan proses yang disebut depolimerisasi. Mikroba ini selanjutnya mengeluarkan enzim yang berfungsi untuk memecah ikatan rantai polimer. Rantai polimer ini dipecah menjadi rantai pendek monomer dan dilakukan penyerapan atau pengambilan nutrisi oleh mikroba untuk selanjutnya diubah menjadi enzim lain untuk proses pertumbuhan. Proses penyerapan nutrisi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada rantai monomer disebut dengan asimilasi. Hasil metabolisme dari proses biodegradasi yaitu metana, $H_2O$ dan $CO_2$ (Gambar 2.8) (DeBruyn *et al*., 2015).



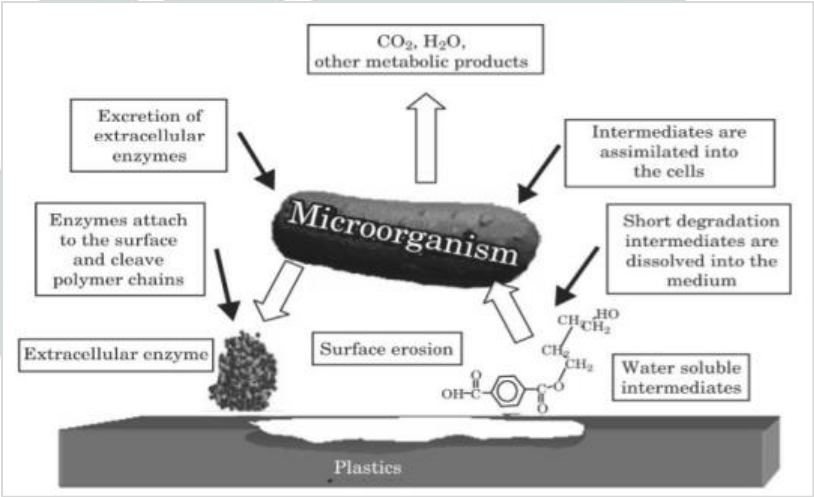

Gambar 2.8. Proses degradasi polimer.
Sumber: (DeBruyn *et al*., 2015).

Menurut Eskander and Saleh (2017), proses biodegrdasi plastik terdiri dari 4 tahapan penting yaitu :

1. **Aerobik**, pada beberapa hari pertama mikroba akan melekat di permukaan plastik dan mulai tumbuh. Selanjutnya struktur molekul plastik mulai mengalami pembengkakan dan melemah sehingga menciptakan ruang untuk memulai proses degradasi oleh mikroba.
2. **Anaerobik**, terjadi sekitar 2 minggu hingga 6 bulan. Pada fase awal mikroba memakan polimer dan melakukan proses enzimatik dimana mikroba akan mensekresikan enzim ekstraseluler untuk membantu dalam proses pemecahan polimer menjadi bentuk yang lebih kecil dengan berat molekul yang lebih rendah seperti oligomer, dimer, dan monomer sehingga mampu melewati membran semipermeabel mikroba dan dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi bagi pertumbuhan mikroba tersebut. Proses ini dinamakan depolimerisasi. Selanjutnya, monomer diubah menjadi asam lemak dan mikroba memproduksi $CO_2$.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. **Anaerobik fase goyah**, terjadi dalam jangka waktu 6-8 bulan dimana koloni mikroba terus mengalami pertumbuhan dan memakan rantai polimer sehingga menciptakan ruang yang lebih besar. Asam lemak yang dihasilkan pada tahap sebelumnya diubah diubah menjadi asam asetat, $CO_2$ dan $H_2O$.
4. **Anaerobik fase stabil**, berlangsung sekitar 1-5 tahun. Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proses depolimerasi dan terjadi proses mineralisasi dimana mikroba mengubah asam asetat menjadi metana ($CH_4$) dan $CO_2$, dan $H_2O$ (Gambar 2.9).




Gambar 2.9. Proses degradasi plastik.
Sumber: (Eskander and Saleh, 2017).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi laju biodegradrasi antara lain yaitu:

1. Faktor biologis, meliputi jenis mikroba, jumlah mikroba, dan kemampuan metabolisme mikroba, serta jumlah enzim yang dihasilkan oleh setiap sel mikroba, sumber karbon, nitrogen dan fosfat (Joutey *et al*., 2014). Setiap mikroba memiliki karakteristik yang berbeda sehingga kemampuan metabolisme nya juga berbeda (Das and Kumar, 2013). Sumber karbon,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

nitrogen, dan fosfat mempengaruhi mikroba dalam menghasilkan enzim ekstraseluler yang berperan dalam proses biodegradasi yang mana semakin banyak enzim yang dihasilkan maka proses biodegradasi juga semakin cepat dan begitu sebaliknya (Dias *et al*., 2007).

2. Faktor lingkungan, meliputi jenis dan ukuran substrat, kandungan yang terdapat pada substrat. Semakin besar ukuran substrat dan semakin kompleks penyusunnya maka proses biodegradasi semakin lama, dan sebaliknya semakin kecil ukuran substrat dan penyusunnya lebih sederhana maka proses biodegradasi berlangsung semakin cepat (Dias *et al*., 2007). Selain itu juga dipengaruhi oleh suhu, pH, dan kelembapan. pH optimum dalam proses biodegradasi yaitu 6,5-8,5 (Joutey *et al*., 2014).

## 2.7 Bakteri Pendegradasi Plastik

Mikroorganisme memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda antar satu jenis dengan jenis lainnya sehingga kemampuan yang dimiliki juga berbeda antar mikroorganisme. Karakteristik yang berbeda ini terutama pada enzim yang dihasilkan oleh mikroba tersebut. Salah satu jenis mikroba yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi plastik yaitu bakteri (Artham and Doble, 2008). Beberapa bakteri yang aktif dalam proses biodegradasi plastik meliputi *Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces, Klebsiella, Actinomycetes, Nocardia, Thermoactinomycetes, Micromonospora, Flavobacterium, Mycrobacterium, Azotobacter,* dan *Rhodococcus,* (Leja and Lewandowics, 2010). Selain itu, bakteri yang telah diketahui mempunyai kemampuan dalam mendegradasi plastik polietilena yaitu *Aspergillus niger, A. glaucus*, dan *Pseudomonas sp.*, (Kathiresan, 2003); *Acinetobacter sp.* (Zusfahair dkk., 2007);

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*Bacillus sp.* (Fadlilah dan Shovitri, 2014*;* Marjayandari dan Shovitri, 2015; Pangestu dkk., 2016)*; Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus thuringiensis* (Syam, 2017).

Beberapa penelitian yang menunjukkan kemampuan bakteri dalam mendegradasi plastik antara lain yaitu Munir *et al*. (2018) didapatkan hasil bahwa isolat SP2 dan SP4 dapat menurunkan berat plastik LDPE sebesar 10.16% dan 12.06%, Badriyah dan Shovitri (2015) didapatkan hasil bahwa inoculum Y memiliki kemampuan terbesar dalam mendegradasi plastik putih yaitu 3.6% selama masa inkubasi 9 minggu. Selain itu, ditemukan pula bakteri jenis baru pada penelitian Miyamoto *et al*. (2016) yaitu *Ideonella sakaiensis* strain 201-F6 yang memiliki kemampuan dalam menurunkan dan mengasimilasi PET dengan menghasilkan 2 jenis enzim yaitu PETase dan METase untuk menghidrolisis PET. Kemampuan bakteri dalam mendegradasi plastik ini dilihat dari presentase kehilangan berat plastik. Hal tersebut terjadi karena bakteri mengeluarkan enzim sehingga terjadi interaksi dengan permukaan plastik. Enzim ini dapat mengikis permukaan plastik melalui proses hidrolisis sehingga terjadi penurunan berat plastik (Sari, 2014).

Pemanfaatan bakteri sebagai agen biodegradasi telah termaktub didalam Al-Qur'an surat Al-Anbiya' ayat 16 dan surat Sad ayat 27 sebagai berikut:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لَاعِبِينَ (١٦)

*Artinya: "Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan segala apa yang ada diantara keduanya dengan main-main (QS. Al-Anbiya': 16)."*

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۚ فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ (٢٧)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*Artinya: "Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka (QS. Sad: 27)."*

Berdasarkan ayat diatas diketahui bahwa Allah SWT. tidak menciptakan langit, bumi, dan segala isinya dengan maksud sia-sia atau main-main melainkan semua itu ada tujuan dan manfaatnya, begitu juga dengan bakteri. Bakteri memiliki peran yang penting dalam berbagai hal meskipun bakteri ini tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Salah satu peran bakteri dalam lingkungan yaitu sebagai agen biodegradasi yang mana bakteri ini membantu proses degradasi secara biologis sehingga terjadi keseimbangan di lingkungan. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa terdapat beberapa jenis bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi plastik ataupun bahan lainnya. Hal ini membuktikan bahwa segala apa yang diciptakan Allah SWT. memiliki manfaat dan kegunaan. Oleh karena itu, hendaknya kita mempercayai dan menyakini itu agar tidak tergolong dalam golongan orang-orang kafir.

## 2.8 Isolasi dan Identifikasi Bakteri

### 2.8.1 Isolasi Bakteri

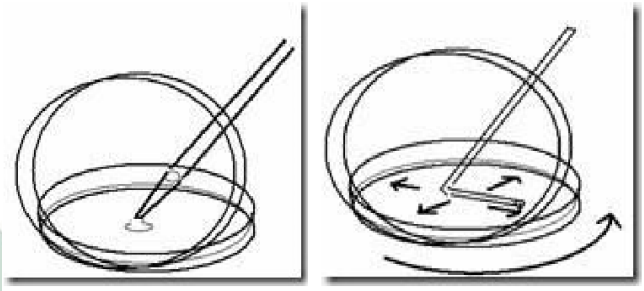
Isolasi ialah proses pengambilan bakteri dari lingkungan asal dan menumbuhkannya pada media buatan untuk didapatkan biakan murni. Kultur murni didapatkan dengan memisahkan tiap jenis bakteri yang berasal dari kumpulan berbagai jenis bakteri. Pemisahan dilakukan dengan cara menumbuhkan bakteri pada media padat sehingga membentuk suatu koloni bakteri. Koloni yang terbentuk selanjutnya di pindahkan ke media baru secara terpisah untuk tiap koloni sehingga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

didapatkan biakan murni (Sutedjo, 1996). Metode isolasi bakteri dibedakan menjadi 3 macam yaitu (Jutono dkk., 1980):

1. Metode cawan sebar (*spread plate method*)

   Metode cawan sebar merupakan teknik isolasi bakteri dengan cara menuangkan kultur mikroba ke media padat dan menyebarkannya atau meratakannya dengan menggunakan *spreader* (Gambar 2.10). Kultur mikroba dilakukan pengenceran terlebih dahulu agar koloni bakteri yang tumbuh tidak saling tumpang tindih dengan koloni bakteri lainnya. Koloni bakteri yang tumbuh dengan menggunakan teknik isolasi cawan sebar nantinya berada di permukaan media.

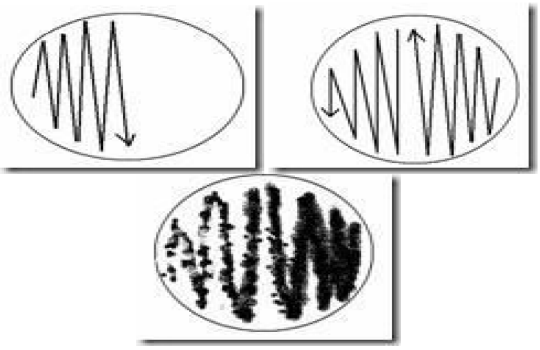


Gambar 2.10. Teknik isolasi bakteri dengan *spread plate method*.
Sumber: (Jutono dkk., 1980).

2. Metode cawan gores *(streak plate method*)

   Metode cawan gores merupakan suatu teknik isolasi bakteri dengan cara menggoreskan jarum ose yang telah mengandung kultur bakteri ke permukaan media padat (Gambar 2.11). Hasil goresan akan membentuk koloni bakteri setelah masa inkubasi. Koloni yang didapatkan berupa koloni yang terpisah dengan koloni lainnya (biakan murni).

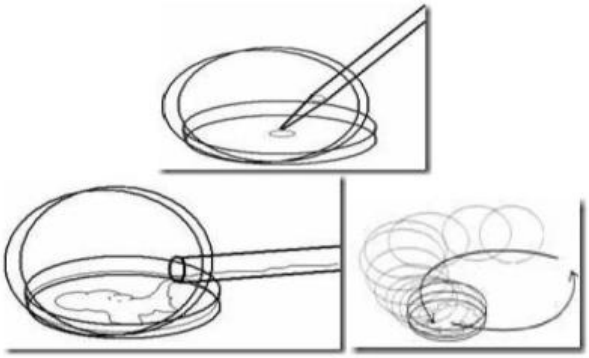
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.11. Teknik isolasi bakteri dengan *streak plate method*.
Sumber: (Jutono dkk., 1980).

3. Metode penuangan (*pour plate method*)

Metode penuangan merupakan teknik isolasi bakteri dengan cara menuangkan biakan bakteri ke dalam media yang masih dalam keadaan cair pada temperature 45-45$^{o}$C kemudian dihomogenkan agar biakan menyebar rata pada media (Gambar 2.12). Koloni bakteri akan terlihat menyebar rata pada media setelah masa inkubasi.



Gambar 2.12. Teknik isolasi bakteri dengan *pour plate method*.
Sumber: (Jutono dkk., 1980).

### 2.8.2 Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Isolasi bakteri pendegradasi plastik dapat dilakukan dengan menggunakan suatu metode yang dinamakan *Winogradsky column*. Kolom Winogradsky merupakan suatu ekosistem buatan untuk mikroba yang berbentuk seperti miniatur berfungsi sebagai sumber makanan untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kultur bakteri dalam jangka waktu yang panjang (Madigan *et al.*, 2012). Kolom Winogradsky ditemukan oleh ilmuwan dari Rusia yang bernama Sergei Winogradsky dengan bantuan Martinus Beijerinck pada tahun 1856-1953. Pada kolom Widogradsky terjadi berbagai macam reaksi redoks yang menstimulus dan mendukung adanya suplai nutrisi dan energi bagi mikroba yang ada didalam kolom (Martinko *et al*., 2000).

Kolom Widogradsky dapat digunakan untuk mempelajari dan menggambarkan hubungan independen yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, dapat pula digunakan untuk mengamati metabolisme tiap mikroba seperti heterotrof, autotrof, fotoautotrof, dan kemoautotrof serta dapat pula digunakan untuk mengamati mikroorganisme yang memanfaatkan sumber karbon dan mineral pada kondisi toleran (Deacon, 2005). Oleh karena itu, kolom winogradsky dapat pula digunakan untuk isolasi bakteri pendegradasi plastik.

Pembuatan kolom Winogradsky dilakukan dengan memasukkan tanah atau lumpur dari suatu lingkungan kemudian ditambahkan dengan air dari suatu lingkungan tertentu. Selain itu dapat pula dimodifikasi dengan media pengayaan seperti sumber mineral, sumber asam amino, dan sumber karbon (Madigan *et al.*, 2008). Pada kolom Winogradsky memungkingkan terbentuknya kondisi aerob dibagian permukaan kolom dan anaerob dibagian dasar kolom (Martinko *et al*., 2000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 2.8.3 Identifikasi Bakteri

**1. Karakteristik Makroskopik**

Karakteristik makroskopik isolat bakteri dilihat berdasarkan karakteristik pertumbuhan koloni bakteri tersebut pada media padat yaitu meliputi (Dwijoseputro, 2005):

a. Pigmentasi atau warna koloni
b. Bentuk : bulat (*circulair*), tak teratur (*irregular*), seperti akar (*rhizoid*).
c. Ukuran : titik sangat kecil (*pinpoint*), kecil (*small*), sedang (*moderrate*), lebar (*large*).
d. Tepi koloni : utuh (*entire*), bergerigi (*serrate*), berombak (*lobate*), bergelombang (*undulate*), berbenang (*filamenthus*).
e. Sudut elevasi : rata (*flat*), sedikit menonjol (*raised*), melengkung (*convex*), seperti bukit (*umbonate*)

**2. Karakteristik Mikroskopik**

**a. Pemeriksaan langsung**

Pemeriksaan langsung dilakukan dengan tujuan mengamati motilitas sel bakteri, pembelahan biner, serta mengetahui bentuk dan ukuran sel secara alami tanpa adanya pemanasan atau fiksasi. Hal ini dikarenakan fiksasi atau pemanasan dalam proses pewarnaan dapat mengakibatkan beberapa perubahan pada sel bakteri. Teknik pemeriksaan langsung ini dilakukan dengan pembuatan preparat tetes gantung dan diamati dengan menggunakan mikroskop (Wahida, 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**b. Pewarnaan gram**

Tujuan pewarnaan gram yaitu mengetahui dan membedakan bakteri tersebut tergolong dalam bakteri gram positif atau gram negatif. Bakteri gram positif ditandai dengan dinding sel yang berwarna ungu karena mampu mempertahankan zat warna kristal violet, sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah dikarenakan ketidakmampuan dalam mempertahankan zat warna kristal violet. Pada proses pewarnaan bakteri digunakan empat jenis larutan yaitu kristal violet, iodin, alkohol, dan safranin (Pelczar dan Chan, 2008).

Pada pewarnaan gram larutan Kristal violet akan mewarnai dinding sel bakteri menjadi warna ungu. Larutan iodin akan menyebabkan terbentuknya ikatan kristal violet dengan iodin didalam sel. Pada bakteri gram negatif, ikatan kristal violet-iodin ini akan melepas pada dinding sel ketika ditetesi dengan alkohol, selain itu terbentuk pori-pori dengan banyak lapisan lemak (lipid larut dalam alkohol) sehingga sel berubah warna menjadi bening. Sel selanjutnya menyerap pewarna safranin sehingga sel berwarna merah. Sedangkan pada bakteri gram positif, ikatan kristal violet-iodin tetap menempel di dinding sel ketika ditetesi dengan alkohol sehingga sel tetap berwarna ungu meskipun diberi pewarna safranin (Pelczar dan Chan, 2008).

**3. Karakteristik Fisiologis**

Karakteristik fisiologi dapat diketahui melalui uji biokimia. Uji biokimia merupakan suatu cara mengidentifikasi bakteri dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengetahui sifat fisiologi atau biokimianya. Tujuan dari uji biokimia yaitu memperkecil tingkat kesalahan dalam proses identifikasi karena beberapa bakteri mempunyai sifat yang hampir sama dimana apabila dilakukan pengamatan secara makroskopik atau pewarnaan gram saja hasilnya kurang akurat (MacFaddin, 1980).

Uji biokimia mengacu pada konsep dimana setiap mikroorganisme memproduksi metabolit yang berbeda-beda. Metabolit ini nantinya akan dideteksi dengan menggunakan reagen-reagen kimia sehingga menghasilkan perubahan warna. Berdasarkan perubahan warna tersebut maka akan diketahui bakteri tersebut memproduksi metabolit (positif) atau tidak memproduksi metabolit (negatif) (Cowan, 2004). Beberapa jenis uji biokimia dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jenis uji biokimia.

| No. | Uji biokima | Tujuan | Hasil reaksi | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Postif | Negatif |
| 1. | Uji Katalase | Mengetahui bakteri penghasil enzim katalase | Terbentuk gelembung udara | Tidak terbentuk gelembung |
| 2. | Uji Urease | Mengetahui bakteri yang dapat menghasilkan eksoenzim (enzim urease) | Media berwarna pink pekat | Media berwarna kuning |
| 3. | Uji Indol | Mengetahui kandungan enzim triptophanase | Terbentuk lapisan cincin berwarna merah | Tidak terbentuk lapisan cincin berwarna merah |
| 4. | Uji MR | Mengetahui bakteri yang dapat memfermentasi asam campuran | Media berwarna merah | Media berwarna kuning |
| 5. | Uji VP | Mengetahui pembentukan asetoin hasil fermentasi gula | Media berwarna merah | Media tidak berubah warna |
| 6. | Uji sitrat | Mengetahui bakteri yang dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon | Media berubah warna biru | Media tetap berwarna hijau |
| 7. | Uji fermentasi karbohidrat | Mengetahui bakteri yang memiliki kemampuan dalam memfermentasi karbohidrat | Media berwarna kuning dan bergelembung | Media berwarna merah dan tidak bergelembung |
| 8. | Uji OF | Mengetahui bakteri yang dapat memanfaatkan glukosa secara oksidatif/fermentatif | • Oksidatif : warna kuning pada tabung yang tidak ditutup parafin<br>• Fermentatif : warna kuning pada tabung yang ditutup parafin | Media tetap berwarna hijau |

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| No. | Uji biokima | Tujuan | Hasil reaksi | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Postif | Negatif |
| 9. | Uji TSIA | Mengetahui bakteri yang memecah glukosa, sukrosa, dan laktosa serta bakteri yang menghasilkan gas $H_2S$ | • Glukosa: warna kuning pada bagian *butt*<br>• Laktosa/sukrosa: warna kuning pada bagian *slant*<br>• Pembentukan $H_2S$ ditandai adanya endapan berwarna hitam | Media tetap berwarna merah |

Sumber: (Rachmawati, 2007; Marbawati dan Ismanto, 2010).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dan eksperimental. Penelitian deskriptif meliputi isolasi dan identifikasi bakteri dari TPA Jabon, Sidoarjo yang berpotensi dalam mendegradasi sampah plastik, sedangkan eksperimental meliputi kemampuan isolat bakteri dari TPA Jabon, Sidoarjo dalam mendegradasi sampah plastik *polyethylene*. Penelitian eksperimental disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang ditentukan dengan menguji masing-masing bakteri yang terisolasi sebanyak 3 kali ulangan.

## 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2019 hingga Juni 2020. Pengambilan sampel dilakukan di TPA Jabon, Sidoarjo, sedangkan analisis identifikasi bakteri dan uji kemampuan biodegradasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Adapun rincian waktu penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Rincian jadwal penelitian.

| No. | Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1. | Persiapan | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | Pembuatan proposal skripsi | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Seminar proposal | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Pembuatan media | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Sterilisasi alat dan media | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. | Pengambilan sampel | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. | Persiapan plastik uji | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. | Isolasi bakteri | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. | Purifikasi bakteri | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. | Pembuatan suspensi bakteri | | | | | | | | | | | | | | |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| No. | Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 11. | Uji kemampuan biodegradasi | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. | Identifikasi bakteri | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. | Analisis data | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. | Pembuatan draft skripsi | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. | Sidang skripsi | | | | | | | | | | | | | | |

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan penelitian yang digunakan meliputi sampel tanah dari TPA Jabon-Sidoarjo, kantong plastik berwarna putih, media NA (*Nutrient Agar*), media MSM (*Mineral Salt Medium*) dengan komposisi 0,25% $K_2HPO_4$; 0,02% $KH_2PO_4$; 0,001% $CaCl_2.H_2O$; 0,05% NaCl; 0,01% $MgSO_4.7H_2O$; 0,1% $(NH_4)_2SO_4$; 0,0005% $FeSO_4$, glukosa, dan aquades (Amaliya, 2019). Bahan lainnya yaitu alkohol 70%, etanol 96%, larutan kristal violet, larutan iodin, pewarna safranin, $BaCl_2$, $H_2SO_4$, media *Christensen's urea agar,* media MIO, media TSIA, reagen kovacs, media MR-VP, metil red, 3% $H_2O_2$, 5% alfa-naftol, 40% KOH, *Simmon Citrate Agar*, laktosa, sukrosa, mannitol, maltosa, phenol red, urea, minyak emersi, spiritus, tissue, plastik wrap, aluminium foil, dan kapas lemak.

Alat-alat yang digunakan selama penelitian yaitu toples kaca, botol selai, botol vial, pH meter, termometer, jarum ose, autoklaf, *shaker incubator*, *String Hot Plate*, bunsen, cawan petri, pipet tetes, tabung reaksi, erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, mikropipet, tip mikropipet, neraca analitik, *Laminar Air Flow*, *spreader*, penggaris, penggaduk, cutter, objek glass, cover glass, *vortex mixer*, spektrofotometer, dan mikroskop binokuler.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang terdapat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Variabel bebas : jenis isolat bakteri pendegradasi plastik.
2. Variabel terikat : presentase kehilangan berat plastik dan besar regangan plastik.
3. Variabel kontrol : jenis plastik, warna kantong plastik, ukuran potongan plastik, berat awal plastik, ketebalan plastik, kerapatan sel bakteri, pH, suhu, dan waktu inkubasi.

## 3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain pembuatan media, sterilisasi alat dan media, pengambilan sampel, persiapan plastik uji, isolasi bakteri pendegradasi plastik, pemurnian bakteri, uji kemampuan biodegradasi, dan identifikasi bakteri pendegradasi plastik. Adapun skema prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.3.

### 3.5.1 Pembuatan Media

Pembuatan media diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Media yang dibuat pada penelitian ini yaitu media NA, media MSM, dan beberapa media untuk uji biokimia. Masing-masing media ditimbang sesuai kebutuhan dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer selanjutnya ditambahkan aquades sesuai perhitungan. Media dipanaskan diatas *string hot plate* sambil dihomogenkan hingga mendidih. Kemudian pada bagian mulut erlemneyer ditutup menggunakan kapas dan dilapisi dengan aluminium foil untuk selanjutnya dilakukan sterilisasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 3.5.2 Sterilisasi Alat dan Media

Media yang telah dibuat dan alat yang akan digunakan dilakukan sterilisasi terlebih dahulu. Alat-alat seperti gelas ukur, erlenmeyer, dan dan botol ditutup dengan aluminium foil pada bagian mulutnya. Sedangkan alat untuk inokulasi seperti pinset, jarum ose, serta cawan petri ditutup dengan kertas terlebih dahulu kemudian dimasukkan kedalam plastik tahan panas. Media dan alat selanjutnya dimasukkan kedalam autoklaf untuk dilakukan sterilisasi. Sterilisasi media dilakukan selama 15 menit pada suhu 121$^{o}$C dan tekanan 1 atm, sedangkan sterilisasi alat dilakukan selama 30 menit pada suhu 121$^{o}$C dan tekanan 1 atm.

### 3.5.3 Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil dari TPA Jabon, Sidoarjo dengan menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 5 titik (Gambar 3.1) (Ainiyah dan Shovitri, 2014). Pemilihan titik berdasarkan adanya timbunan sampah plastik yang mulai terdegradasi yaitu ditandai dengan adanya plastik yang berlubang-lubang. Tanah dari kelima titik diambil secukupnya dengan menggunakan sendok steril dan dihomogenkan secara merata kemudian dimasukkan kedalam plastik steril. Pada tiap titik pengambilan sampel dilakukan pengukuran titik koordinat serta pengukuran pH dan suhu tanah dengan menggunakan pH meter dan termometer. Kemudian sampel tanah dimasukkan kedalam *icebox* dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses selanjutnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 3.1. Titik pengambilan sampel
Sumber: (Google earth, 2019).

### 3.5.4 Persiapan Plastik Uji

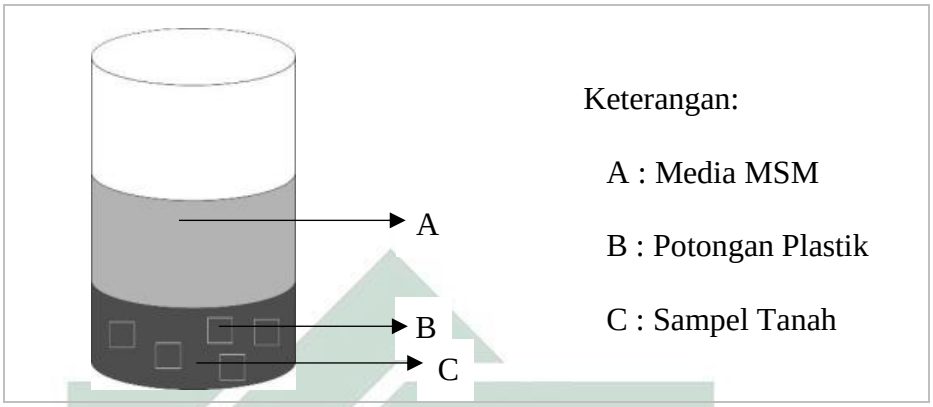
Plastik uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kantong plastik (kresek) berwarna putih. Plastik uji disiapkan dan dipotong dengan ukuran 3x3 $cm^2$ serta dilakukan penimbangan berat awal plastik. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan cara merendam pada alkohol 70% selama ±30 menit dan disterilisasi dengan sinar UV pada LAF selama 30 menit.

### 3.5.5 Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan dengan menggunakan metode *Winogradsky Column* (Ainiyah dan Shovitri, 2014). Langkah pertama yaitu menyiapkan toples kaca yang telah disterilkan. Selanjutnya, dimasukkan sampel tanah dan media MSM yang mengandung 1% glukosa kedalam toples dengan perbandingan 1:1. Sampel tanah dimasukkan sebagai lapisan pertama dan *Mineral Salt Medium* sebagai lapisan kedua. Potongan plastik dimasukkan dengan menggunakan pinset steril hingga terendam sepenuhnya pada sampel tanah (Gambar 3.2). Kemudian toples

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ditutup dengan aluminium foil dan direkatkan dengan menggunakan plastik wrap dan diinkubasi selama 2 minggu.




Gambar 3.2. Metode *winogradsky column*.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

Setelah masa inkubasi, potongan plastik yang berada didalam toples kaca diambil secara aseptis dengan menggunakan pinset steril. Biofilm yang terbentuk pada plastik dipisahkan dengan cara memasukkan potongan plastik kedalam botol falkon yang berisi 13 ml aquades steril kemudian dihomogenkan dengan vortex sebanyak 5 kali selama 30 detik (Madigan *et al.*, 2012). Plastik diambil dengan menggunakan pinset steril dan biofilm yang telah terpisah dengan plastik dihomogenkan dengan vortex selama 2 menit. Selanjutnya, dilakukan pengenceran biofilm dengan mengambil 100 µl menggunakan *micropipet* dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9,9 ml aquades steril dan dihomogenkan. Pengenceran dilakukan hingga didapatkan pengenceran $10^{-4}$ (Ainiyah dan Shovitri, 2014). Masing-masing pengenceran diambil sebanyak 100 µl dan diletakkan pada cawan petri yang berisi media NA kemudian diratakan dengan *spreader*. Inokulum diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam hingga terbentuk koloni bakteri.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 3.5.6 Purifikasi/Pemurnian Bakteri

Koloni bakteri yang tumbuh pada media NA dimurnikan dengan menggunakan teknik 16 *streak plate*. Masing-masing isolat bakteri diambil secara aseptis dengan menggunakan jarum ose dan diinokulasikan pada permukaan media NA yang baru, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam. Proses ini dilakukan berulang kali hingga didapatkan kultur bakteri murni. Kemurnian isolat bakteri ditandai dengan adanya karakteristik makroskopik isolat yang seragam.

### 3.5.7 Pembuatan Suspensi Bakteri

Pembuatan suspensi bakteri diawali dengan pembuatan larutan standart McFarland 0,5. Larutan standart McFarland ini dibuat dengan mencampurkan 0,05 ml larutan $BaCl_2$ 1% kedalam 9,95 ml larutan $H_2SO_4$ 1% dan dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai absorbansinya. Nilai absorbansi larutan standart McFarland 0,5 ini ekuivalen dengan konsentrasi suspensi sel bakteri 1,5 x $10^8$ CFU/ml.

Isolat bakteri yang telah murni diambil secukupnya dan disuspensikan kedalam aquades steril. Kemudian dilakukan pengukuran nilai absorbansi suspensi sel dengan menggunakan spektrofotometer hingga didapatkan nilai yang sesuai dengan nilai absorbansi larutan standart McFarland 0,5. Apabila suspensi bakteri memiliki nilai absorbasi yang sama maka konsentrasi suspensi bakteri adalah 1,5 x $10^8$ CFU/ml.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 3.5.8 Uji Kemampuan Biodegradasi

Uji kemampuan biodegradasi dilakukan dengan memasukkan satu buah potongan plastik yang telah disterilisasi kedalam botol selai berisi 100 ml media MSM yang mengandung glukosa 0,5%. Selanjutnya masing-masing suspensi bakteri diinokulasikan kedalam botol selai sebanyak 5 ml. Botol selai kemudian ditutup dengan menggunakan aluminium foil dan dirapatkan dengan plastik wrap untuk selanjutnya diinkubasi selama 40 hari (Sari, 2014). Inkubasi dilakukan di *shaker incubator* dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 30$^{o}$C (Pangestu dkk., 2016). Setelah masa inkubasi, biofilm yang terbentuk dipisahkan dengan cara memasukkan potongan plastik kedalam botol falkon yang telah berisi 13 ml aquades steril kemudian dihomogenkan dengan vortex sebanyak 5 kali selama 30 detik.

Potongan plastik selanjutnya disterilisasi dengan menyemprot alkohol 70% dan dikeringanginkan. Plastik yang telah kering selanjutnya ditimbang berat akhirnya dan dilakukan pengukuran panjang akhir, kemudian dihitung presentase kehilangan berat plastik serta besar regangan plastik dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{\% Kehilangan berat} : \frac{Berat\ awal\ plastik - Berat\ akhir\ plastik}{Berat\ awal\ plastik} \text{ x } 100\%$$

$$\text{Besar regangan} : \frac{Panjang\ akhir\ plastik - Panjang\ awal\ plastik}{Panjang\ awal\ plastik}$$

### 3.5.9 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Isolat bakteri yang telah dipurifikasi selanjutnya dilakukan proses identifikasi meliputi pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

biokimia yang mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* (Brenner *et al*., 1925; Breed *et al*., 1957; Barrow and Feltham, 1993).

**1. Pengamatan Makroskopik**

Pengamatan makroskopik isolat bakteri dilakukan dengan mengamati permukaan atas (*top verse*) dan permukaan bawah (*reverse*) koloni bakteri yang terletak di media NA pada cawan petri meliputi warna, ukuran, bentuk, tepi koloni, tekstur, dan sudut elevasi.

**2. Pengamatan Mikroskopik**

**a. Pemeriksaan langsung**

Pemeriksaan langsung dilakukan dengan menyiapkan objek glass dan cover glass dalam keadaan bersih dan bebas lemak. Selanjutnya, pada bagian tengah objek glass ditetesi dengan aquades sebanyak 1 tetes. Isolat bakteri diambil menggunakan jarum ose dan diletakkan pada bagian objek glass yang telah ditetesi aquades. Kemudian isolat bakteri ditutup cover glass dan dilakukan pengamatan dibawah mikroskop dengan perbesaran rendah hingga tinggi.

**b. Pewarnaan Gram**

Pewarnaan gram diawali dengan mengambil isolat bakteri menggunakan jarum ose dan diletakkan pada aquades yang berada diatas objek glass. Langkah selanjutnya yaitu fiksasi isolat bakteri dengan cara memanaskannya diatas api bunsen hingga mengering.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Preparat isolat bakteri kemudian ditetesi dengan menggunakan 4 jenis larutan secara bertahap meliputi kristal violet, iodin, etanol 96%, dan safranin.

Pertama, preparat ditetesi larutan kristal violet dan didiamkan selama 1 menit. Selanjutnya dilakukan pencucian pada preparat dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Kedua, preparat ditetesi iodin dan didiamkan selama 1 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Ketiga, preparat ditetesi etanol 96% dan didiamkan selama 30-45 detik. Selanjutnya dibilas dengan air mengalir dan ditunggu hingga mengering. Keempat, preparat ditetesi safranin dan didiamkan selama 1 menit kemudian dicuci dengan menggunakan air mengalir. Preparat ditunggu hingga mengering kemudian diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000x, apabila isolat bakteri berwarna ungu maka termasuk bakteri gram positif dan apabila berwarna merah muda maka termasuk bakteri gram negatif.

**3. Uji Biokimia**

Uji biokimia yang digunakan meliputi uji katalase, uji urease, uji MR, uji VP, uji indol, uji sitrat, uji TSIA, uji OF dan uji fermentasi karbohidrat.

1) Uji Katalase

Isolat bakteri yang akan diuji diletakkan di objek glass dengan menggunakan jarum ose. Kemudian isolat bakteri ditetesi dengan 1-2 tetes 3% hidrogen peroksida ($H_2O_2$) dan disuspensikan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan jarum ose hingga menunjukkan perubahan. Jika terbentuk gelembung udara maka menunjukkan hasil positif.

2) Uji Urease

Isolat bakteri yang akan diuji digoreskan di permukaan media *Cristensen's Urea Agar* bagian lereng miring dan ditutup tabung dengan kapas dan aluminium foil. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam. Hasil positif ditandai jika media berubah menjadi warna magenta, sedangkan hasil negatif apabila tidak terjadi perubahan warna media.

3) Uji Methyl Red (MR)

Isolat bakteri diinokulasikan kedalam tabung reaksi yang berisi media MR-VP Broth dengan menggunakan jarum ose dan diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam. Selanjutnya ditambahkan 5 tetes reagen metil merah dan diamati perubahan warna yang terjadi, jika berubah menjadi warna merah berarti dinyatakan positif.

4) Uji Voges-Proskauer (VP)

Isolat bakteri diinokulasi dengan menggunakan jarum ose pada media MR-VP dan diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam. Selanjutnya, ditambahkan 15 tetes 5% alfa-naftol dan 10 tetes 40% KOH, dihomogenkan dengan *vortex* dan didiamkan hingga terjadi perubahan warna dalam rentang waktu ±30 menit. Hasil positif ditandai adanya perubahan warna menjadi pink atau merah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5) Uji Indol

Isolat bakteri diinokulasikan pada media MIO dengan menusukkan jarum ose kedalam media. Inkubasi dilakukan pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam. Selanjutnya diteteskan 4-8 tetes reagen kovacs kedalam media dan diamati perubahan yang terjadi. Jika bagian atas terdapat cincin merah atau merah muda maka dinyatakan positif.

6) Uji Sitrat

Isolat bakteri diinokulasikan pada media *Simmon Citrate Agar* di bagian lereng media dengan jarum ose dan diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, dilakukan pengamatan perubahan warna pada media. Apabila media berubah warna menjadi biru pekat maka hasilnya positif sedangkan jika tidak ada perubahan warna media maka hasilnya negatif.

7) Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*)

Isolat bakteri diinokulasikan pada media TSIA dengan cara menggoreskan pada bagian miring dan menusukkan pada bagian tegak. Inkubasi dilakukan pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam dan diamati perubahan yang terjadi. Apabila bagian *slant* berwarna kuning maka memfermentasi laktosa/sukrosa, pada bagian *butt* berwarna kuning maka memfermentasi glukosa, dan apabila terdapat endapan hitam maka isolat bakteri membentuk $H_2S$.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

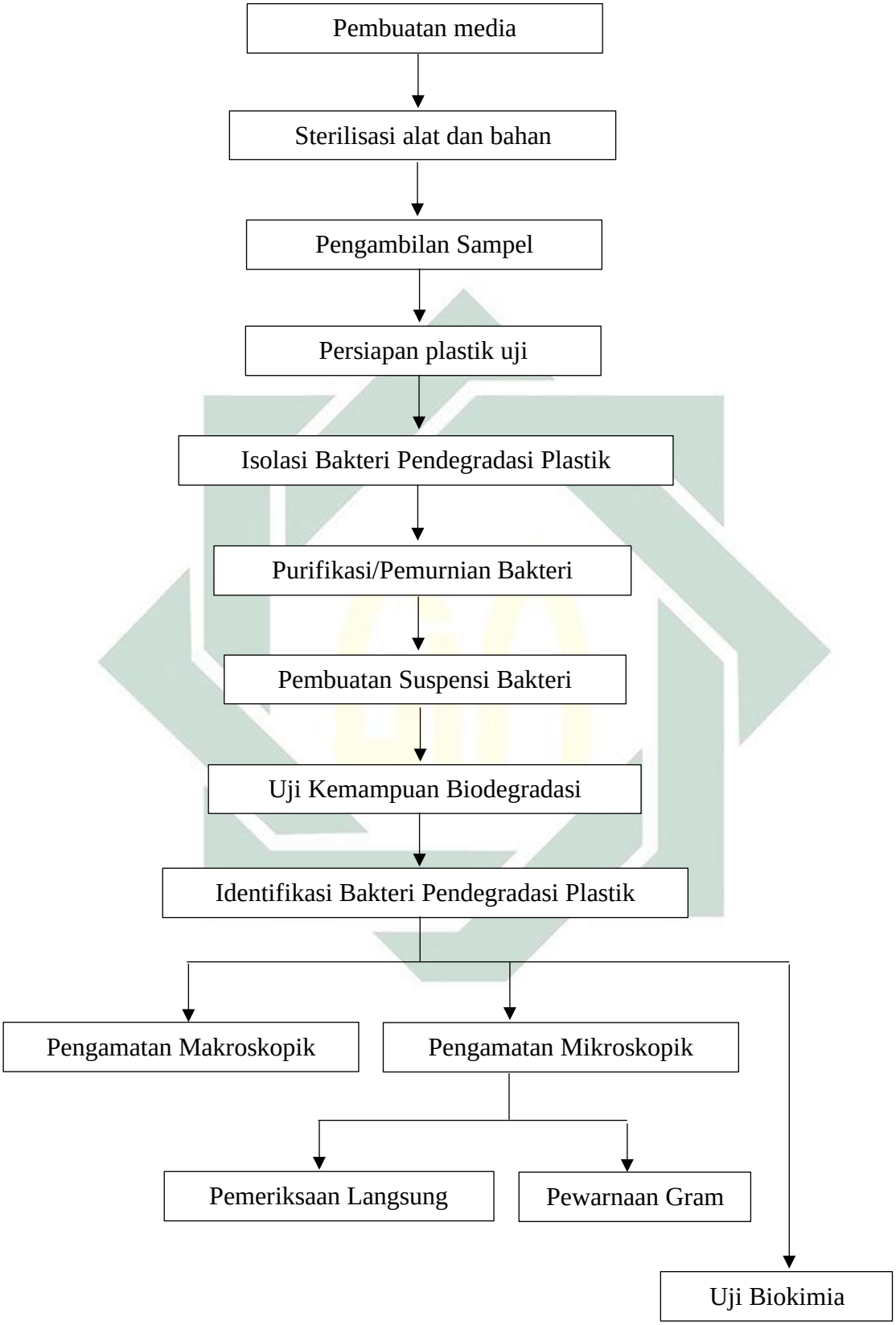
8) Uji Oksidatif Fermentatif (O/F)

Isolat bakteri yang akan diuji diinokulasikan dengan menusukkan jarum ose pada 2 tabung reaksi yang telah berisi media O/F. Pada salah satu tabung ditambahkan minyak parafin steril sebanyak 1 ml. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam dan diamati perubahan yang terjadi. Apabila warna kuning pada tabung yang tidak ditutup parafin maka bersifat oksidatif sedangkan apabila warna kuning pada tabung yang ditutup parafin maka bersifat fermentatif.

9) Uji Fermentasi Karbohidrat

Isolat bakteri diinokulasikan pada masing-masing media yang mengandung karbohidrat (glukosa, sukrosa, laktosa, maltosa dan mannitol) dengan jarum ose dan diinkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24 jam, kemudian diamati perubahan yang terjadi. Apabila media berubah warna menjadi kuning dan terdapat gelembung maka hasil dinyatakan positif

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 3.3. Skema prosedur penelitian.

Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 3.6 Analisis Data

Data yang didapatkan meliputi karakteristik makroskopik, mikroskopik, dan fisiologis bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon, Sidoarjo dijelaskan secara deskriptif. Sedangkan uji kemampuan biodegradasi meliputi presentase kehilangan berat plastik dan besar regangan plastik oleh bakteri dianalisis statistik menggunakan uji Kruskal-Wallis pada taraf signifikansi (α) 0.05.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB VI
# HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan utama meliputi isolasi dan purifikasi bakteri pendegradasi plastik, identifikasi bakteri pendegradasi plastik, dan uji kemampuan biodegradasi oleh isolat bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi. Hasil yang didapatkan pada penelitian digambarkan dan dijelaskan sebagaimana berikut ini.

## 4.1 Isolasi dan Purifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Isolasi bakteri ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi plastik polietilena dengan memanfaatkannya sebagai sumber makanan. Isolasi bakteri dilakukan dengan mengambil sampel tanah di TPA Griyomulyo, Jabon Sidoarjo pada 5 titik yang berbeda (Tabel 4.1). Pemilihan titik ini didasarkan pada adanya timbunan sampah plastik yang mulai terdegradasi yaitu ditandai dengan plastik yang berlubang. Hal ini bertujuan untuk memperbesar kemungkinan adanya bakteri pendegradasi plastik dari sampel tanah tersebut.

Pertumbuhan suatu bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu suhu dan pH tanah. Pada masing-masing titik pengambilan sampel dilakukan pengukuran suhu dan derajat keasaman (pH) tanah guna untuk mengetahui karakteristik tanah yang dapat memicu pertumbuhan bakteri. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu tanah relatif tinggi dengan pH asam hingga netral yaitu kisaran 5-7,5 (Tabel 4.1). Tanah dari kelima titik selanjutnya dicampur sehingga didapatkan sampel tanah homogen. Pengukuran pH tanah pada sampel homogen yaitu 7 menandakan tanah



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut bersifat netral. Hal ini memungkinkan adanya pertumbuhan bakteri yang optimal sebagaimana yang dinyatakan oleh Suriani dkk. (2013), bahwa pertumbuhan bakteri secara optimal yaitu pada pH 6,5 hingga 7,5.

Tabel 4.1. Pengukuran titik koordinat, suhu, dan derajat keasaman (pH) pada sampel tanah.

| Titik sampling | Titik Koordinat | Suhu (°C) | Derajat keasaman (pH) |
|---|---|---|---|
| 1 | S7° 33' 0,0 E112° 45' 48,5 | 42°C | 6 |
| 2 | S7° 33' 0,4 E112° 45' 48,6 | 43°C | 6,5 |
| 3 | S7° 33' 0,7 E112° 45' 48,9 | 39°C | 5 |
| 4 | S7° 33' 1,0 E112° 45' 49,1 | 40°C | 7,5 |
| 5 | S7° 33' 1,0 E112° 45' 49,2 | 40°C | 6,8 |
| Sampel homogen | - | 40°C | 7 |

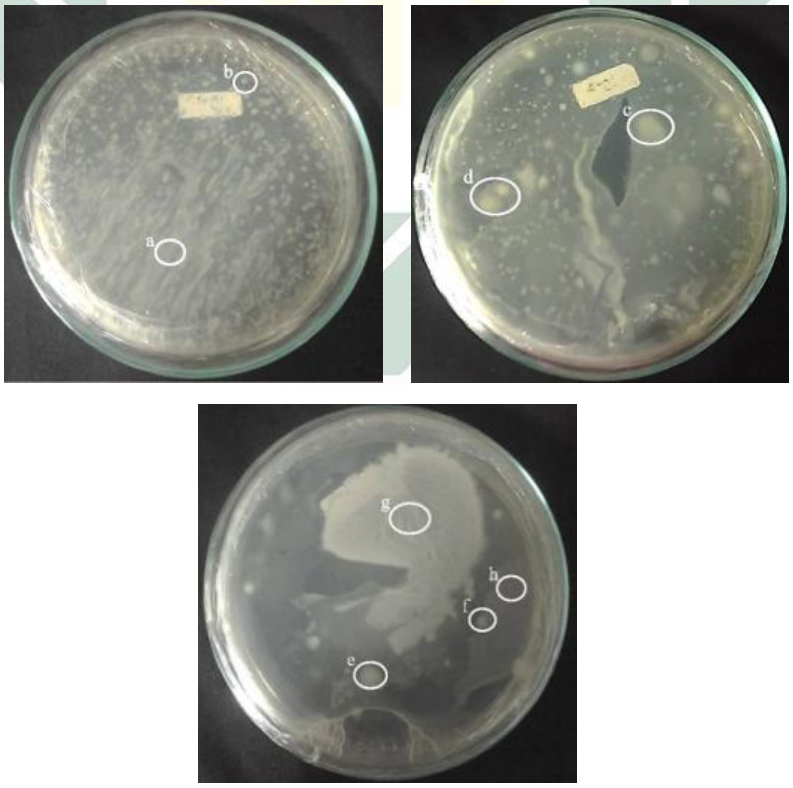
Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2020).

Isolasi bakteri pendegradasi plastik dilakukan dengan menggunakan metode *winogradsky column* dimana sampel tanah disuspensikan kedalam media MSM (*Mineral Salt Medium*). Kolom winogradsky merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengamati mikroorganisme yang memanfaatkan sumber karbon dan mineral pada kondisi yang toleran (Deacon, 2005). Media MSM merupakan media yang mengandung berbagai sumber mineral dengan sumber karbon yang relatif sedikit (minimum). Sumber karbon yang terdapat pada media MSM berasal dari penambahan glukosa 1% yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi bakteri sehingga dapat memicu proses metabolisme.

Modifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi toleran sehingga hanya bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi plastik yang dapat tumbuh pada kondisi tersebut. Selektivitas ditingkatkan dengan penambahan potongan kantong plastik ke dalam suspensi tanah yang bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri yang memanfaatkan kantong plastik sebagai sumber karbon. Kolom winogradsky ini diinkubasi selama 2 minggu untuk memastikan bahwa bakteri yang tumbuh ialah bakteri pendegradasi plastik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Isolat bakteri yang diduga mempunyai kemampuan mendegradasi plastik ialah isolat yang dapat membentuk biofilm di permukaan plastik selama masa inkubasi. Biofilm yang terbentuk pada permukaan plastik dipisahkan dan dilakukan pengenceran hingga $10^{-4}$ kemudian ditumbuhkan pada media NA. Hasil penelitian didapatkan 8 isolat dengan kode sesuai hasil pengenceran. Pengenceran $10^{-1}$ didapatkan sejumlah 2 isolat bakteri yaitu P1B1 dan P1B2. Pengenceran $10^{-2}$ didapatkan 2 isolat yaitu P2B1 dan P2B2. Pengenceran $10^{-3}$ didapatkan sejumlah 4 isolat bakteri yaitu P3B1, P3B2, P3B3 dan P3B4. Sedangkan pengenceran $10^{-4}$ tidak terdapat adanya pertumbuhan isolat bakteri (Gambar 4.1). Bakteri dimurnikan dengan metode 16 *streak plate* untuk mempermudah pemisahan tiap koloni karena prinsip kerja metode tersebut ialah goresan bertingkat sehingga nantinya didapatkan koloni tunggal.




Gambar 4.1. Hasil isolasi bakteri pendegradasi plastik pada pengenceran $10^{-1}$ hingga $10^{-3}$: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada beberapa penelitian isolasi bakteri pendegradasi plastik lainnya juga dilakukan dengan menggunakan metode kolom *winogradsky*. Penelitian yang dilakukan oleh Ainiyah dan Shovitri (2014) dengan mengisolasi sampel tanah dari Tempat Pembuangan Sampah di Daerah Bulak Banteng Surabaya menggunakan metode kolom *winogradsky* didapatkan isolat bakteri pendegradasi plastik sebanyak 13 isolat. Penelitian oleh Hidayat *et al.* (2019), dengan menggunakan kolom *winogradsky* didapatkan 4 isolat bakteri pendegradasi plastik dari sampel tanah TPA Srimukti Bandung. Selain itu, Kumar *et al*. (2017), dalam penelitiannya juga didapatkan 4 isolat bakteri pendegradasi plastik dari sampel tanah yang terkontaminasi limbah plastik di area Industri Baddi (H.P) India dengan menggunakan metode kolom *winogradsky*.

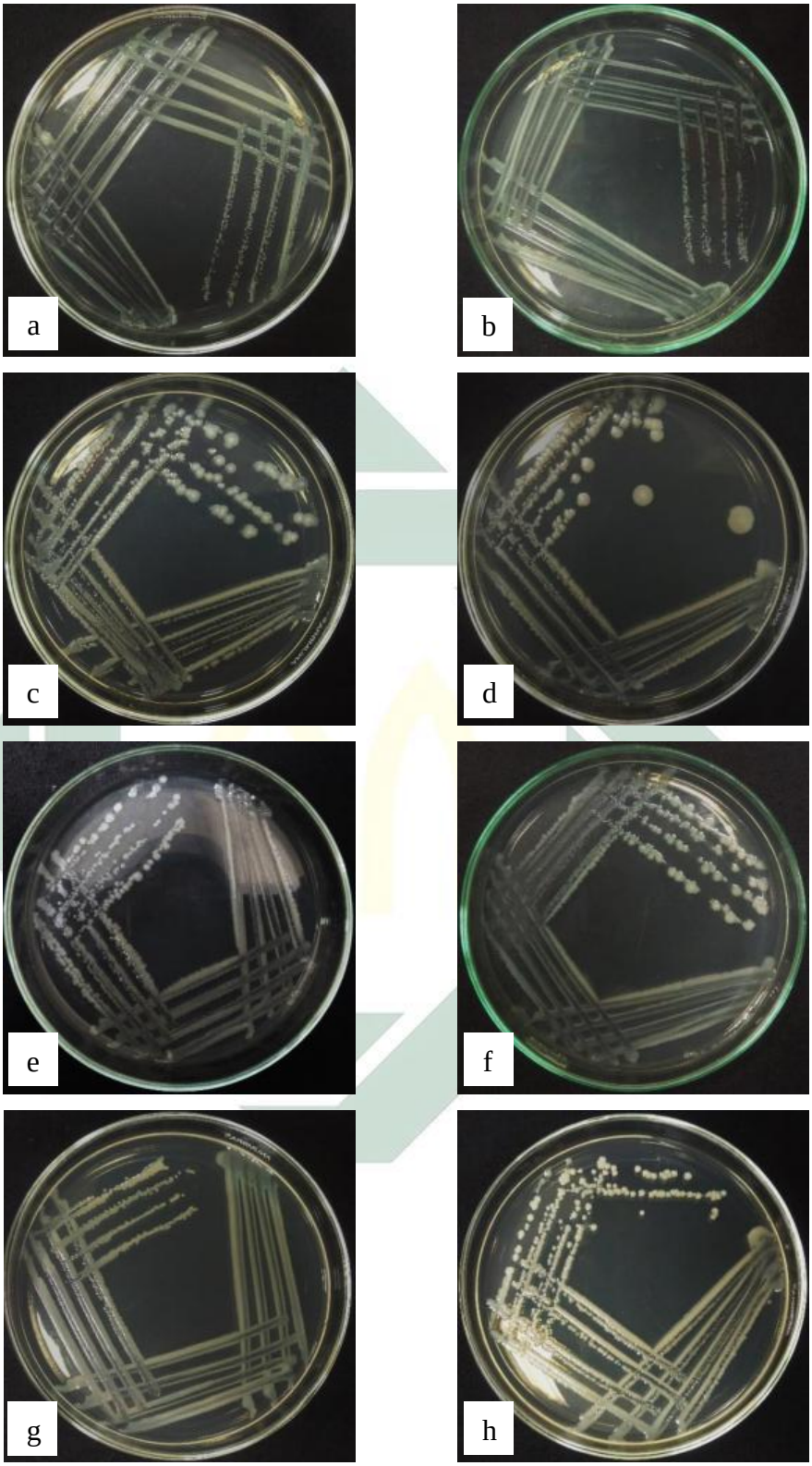
## 4.2 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Identifikasi bakteri ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi. Isolat bakteri pendegradasi plastik yang telah murni selanjutnya dilakukan proses identifikasi dengan melakukan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji aktivitas biokimia.

### 4.2.1 Pengamatan Makroskopik

Pengamatan makroskopik bertujuan untuk mengetahui morfologi koloni bakteri berdasarkan karakteristiknya meliputi warna, bentuk, ukuran, tepi koloni, dan sudut elevasi. Morfologi isolat bakteri menunjukkan karakteristik yang berbeda antara isolat satu dengan isolat lainnya. Karakteristik isolat bakteri dapat dilihat pada gambar 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 4.2. Penampakan isolat bakteri pendegradasi plastik: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semua isolat bakteri yang terisolasi memiliki bentuk yang sama yaitu *circular* (bulat) dan tepi koloni *entire*. Isolat P1B1, P1B2 dan P3B3 memiliki karakteristik yang sama yaitu berukuran sangat kecil (*pinpoint*), sudut elevasinya *raised* dengan tepi koloni *entire* dan berwarna transparan. Isolat P2B1 memiliki sudut elevasi yang sama dengan P2B2 yaitu *umbonate*. Namun berdasarkan ukuran dan warna memiliki perbedaan, isolat P2B2 memiliki ukuran besar dengan warna koloni putih susu sedangkan isolat P2B1 berukuran sedang dengan warna putih. Isolat P3B1, P3B2, dan P3B4 memiliki bentuk, ukuran, tepi koloni, dan sudut elevasi yang sama namun warna koloni yang berbeda. Warna koloni isolat P3B1 dan P3B2 berwarna putih, sedangkan isolat P3B4 berwarna putih susu. Adapun bentuk ketiga isolat bakteri tersebut yaitu *circular* dengan ukuran kecil, tepi koloni berjenis *entire* dan sudut elevasi *raised*.

Ukuran isolat bakteri yang terisolasi dikelompokkan menjadi 4 ukuran yaitu sangat kecil (*pinpoint*), kecil, sedang, dan besar. Isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 memiliki ukuran sangat kecil dibandingkan dengan isolat lainnya. Berdasarkan segi warna, isolat bakteri dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu transparan, putih dan putih susu, sedangkan berdasarkan segi bentuk dan tepi koloni, semua isolat bakteri memiliki bentuk dan tepi koloni yang sama yaitu *circular* dan *entire*. Pengelompokkan karakteristik isolat bakteri yang terisolasi sesuai dengan yang dinyatakan oleh Dwijoseputro (2005), bahwa bentuk koloni bakteri dibedakan menjadi bulat (*circular*), tak teratur (*irregular*), dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*rhizoid*. Ukuran koloni dibedakan menjadi titik sangat kecil (*pinpoint*), kecil, sedang, dan besar. Tepi koloni meliputi utuh (*entire*), bergerigi (*serrate*), berombak (*lobate*), bergelombang (*undulate*), dan benang (*filamentous*). Adapun sudut elevasi meliputi rata (*flat*), sedikit menonjol (*raised*), melengkung (*convex*), dan seperti bukit (*umbonate*).

### 4.2.2 Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan dengan melalui pewarnaan gram yang bertujuan untuk mengetahui bentuk sel dan kelompok bakteri yang terisolasi. Lay (1994) menyatakan bahwa pewarnaan gram pada bakteri bertujuan untuk menentukan karakter isolat bakteri berdasarkan pada perbedaan struktur dinding sel bakteri sehingga dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu bakteri gram positif dan gram negatif.

Hasil pewarnaan gram bakteri pendegradasi plastik yang telah terisolasi menunjukkan bahwa semua isolat bakteri termasuk bakteri gram negatif yang ditandai dengan dinding selnya berwarna merah. Hal ini menandakan bahwa kandungan peptidoglikan pada isolat bakteri relatif tipis sehingga sel bakteri tidak dapat mempertahankan warna ungu dari larutan kristal violet ketika ditetesi dengan alkohol dan berubah warna menjadi merah ketika ditetesi dengan safranin. Sedangkan, sel bakteri yang termasuk gram positif memiliki kandungan peptidoglikan yang relatif tebal sehingga sel bakteri tersebut dapat mempertahankan warna ungu dari larutan kristal violet.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perbedaan antara gram positif dengan bakteri gram negatif ini sebagaimana yang dijelaskan oleh Lay (1994) dan Entjang (2003) bahwa bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan yang tipis (10-15 nm) serta kandungan lipid tinggi (11-22%). Lipid bersifat larut dalam aseton alkohol sehingga menyebabkan zat warna kristal violet pada bakteri gram negatif tidak dapat dipertahankan, selanjutnya sel bakteri mengikat warna merah safranin sehingga sel bakteri tampak berwarna merah pada saat pengamatan. Bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang tebal (15-80 nm) dan kandungan lipid yang rendah (1-4%). Peptidoglikan yang lebih tebal ini menyebabkan zat warna kristal violet dapat dipertahankan karena peptidoglikan bersifat tidak larut dalam aseton alkohol.

Menurut Hafsan (2014), zat warna pada pewarnaan gram memiliki sifat asam dan basa yang meliputi kristal violet, iodin, etanol, dan safranin. Zat warna basa memberikan warna pada bagian yang bermuatan positif, sedangkan zat warna asam memberikan warna pada bagian yang bermuatan negatif. Pewarna kristal violet berfungsi untuk mewarnai seluruh permukaan sel bakteri. Iodin merupakan zat warna basa yang mengakibatkan adanya ikatan CV sehingga bakteri gram positif dapat membentuk CV iodinribonukleat pada dinding selnya.

Etanol yang merupakan zat warna asam akan menyebabkan pori-pori pada dinding sel bakteri memiliki banyak lipid sehingga ikatan CV iodin terlepas dari permukaan sel bakteri gram negatif dan mengakibatkan sel bakteri gram negatif menjadi berwarna bening, sedangkan pada gram positif ikatan CV iodin tetap menempel pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dinding sel bakteri. Selanjutnya, pewarna safranin yang berfungsi sebagai pengontras akan mewarnai sel bakteri gram negatif menjadi berwarna merah sedangkan sel bakteri gram positif tetap berwarna ungu (Hafsan, 2014).

Berdasarkan hasil pewarnaan gram juga diketahui bahwa isolat bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi memiliki kesamaan bentuk sel dan ada pula yang berbeda. Isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 memiliki bentuk yang sama yaitu basil atau batang. Isolat P3B2 memiliki bentuk coccus atau bulat, sedangkan isolat P2B1, P2B2, P3B1, dan P3B4 memiliki bentuk coccobasil. Selain itu dapat dilihat ukuran sel antar bakteri juga berbeda. Perbedaan bentuk sel bakteri tersebut mengindikasikan bahwa kemungkinan besar setiap isolat bakteri yang terisolasi memiliki jenis yang berbeda. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Pelczar dan Chan (2008), bahwa bakteri memiliki bentuk yang bervariasi tergantung dari jenis bakteri tersebut dan pada dasarnya bakteri dikelompokkan menjadi 3 bentuk utama yaitu bulat (*coccus*), batang (*basil*), dan spiral (*spirillum*) dengan berbagai formasi lainnya.

### 4.2.3 Uji Aktivitas Biokimia

Uji biokimia dilakukan untuk mengidentifikasi isolat bakteri berdasarkan sifat fisiologisnya. Sifat fisiologis dilihat dengan adanya interaksi metabolit yang berasal dari reagen kimia selama uji biokimia (Cowan, 2004). Isolat bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi memiliki hasil uji biokimia yang berbeda-beda. Perbedaan hasil uji pada tiap uji biokimia ini mengindikasikan adanya perbedaan sifat fisiologis

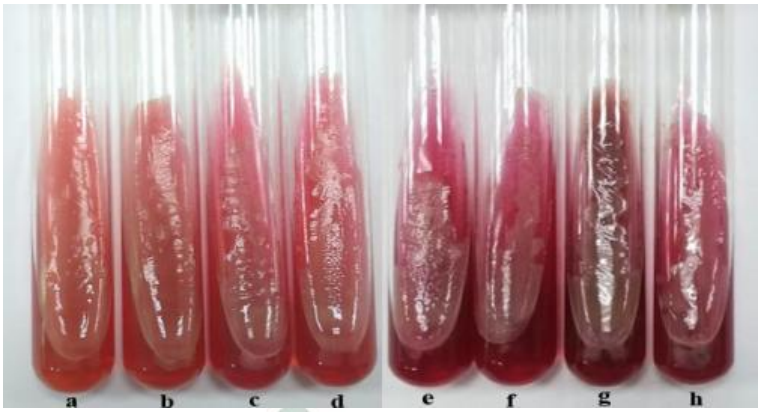
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang dipengaruhi oleh enzim isolat bakteri sehingga mempengaruhi kemampuannya dalam memanfaatkan reagen selama proses uji biokimia. Hakiki (2016) dalam penelitiannya juga mengatakan bahwa reaksi biokimia yang terjadi didalam sel bakteri dipengaruhi oleh enzim dimana enzim itulah yang berperan dalam mempercepat reaksi kimia dan menunjukkan adanya suatu perubahan setelah reaksi tersebut terjadi.

**1. Uji TSIA**

Uji TSIA pada penelitian ini menunjukkan hasil negatif pada semua isolat bakteri yang ditandai dengan media tetap berwarna merah dan tidak terdapat endapan hitam (Gambar 4.3). Hal ini menandakan bahwa masing-masing isolat bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi tidak dapat memfermentasi glukosa, laktosa, dan sukrosa, serta tidak dapat memproduksi $H_2S$. Forbes and Weissfeld (2007), menyatakan bahwa media TSIA mengandung tiga jenis gula yaitu glukosa, sukrosa, dan laktosa. Isolat bakteri yang mampu memfermentasi gula tersebut akan menyebabkan pH asam sehingga indikator phenol red di dalam media berubah dari merah menjadi kuning. Buchanan and Gibbons (2003), juga mengatakan bahwa media TSIA mengandung asam amino metionin dan sistein dimana apabila isolat bakteri dapat memfermentasi asam tersebut maka menyebabkan gugus S keluar dan bergabung dengan $H_2O$ sehingga membentuk $H_2S$. Bersama dengan Fe2+, $H_2S$ akan membentuk FeS sehingga terbentuk endapan berwarna hitam.

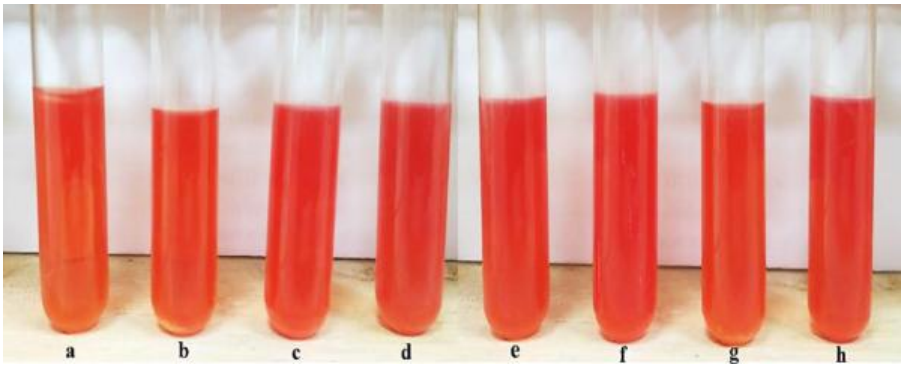
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 4.3. Penampakan uji TSIA pada bakteri pendegradasi plastik: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

**2. Uji Fermentasi Karbohidrat**

Ketidakmampuan isolat bakteri dalam memfermentasi karbohidrat diperjelas pada uji fermentasi karbohidrat. Pada uji ini digunakan 5 jenis gula yang berbeda yaitu glukosa, sukrosa, laktosa, mannitol, dan maltosa. Pengujian menunjukkan hasil negatif pada semua isolat bakteri yang ditandai dengan tidak adanya perubahan warna dan gelembung media setelah masa inkubasi (Gambar 4.4). Hal ini menandakan bahwa delapan isolat bakteri pendegradasi plastik tidak mempunyai kemampuan dalam menfermentasi karbohidrat baik glukosa, sukrosa, laktosa, mannitol, dan maltosa.

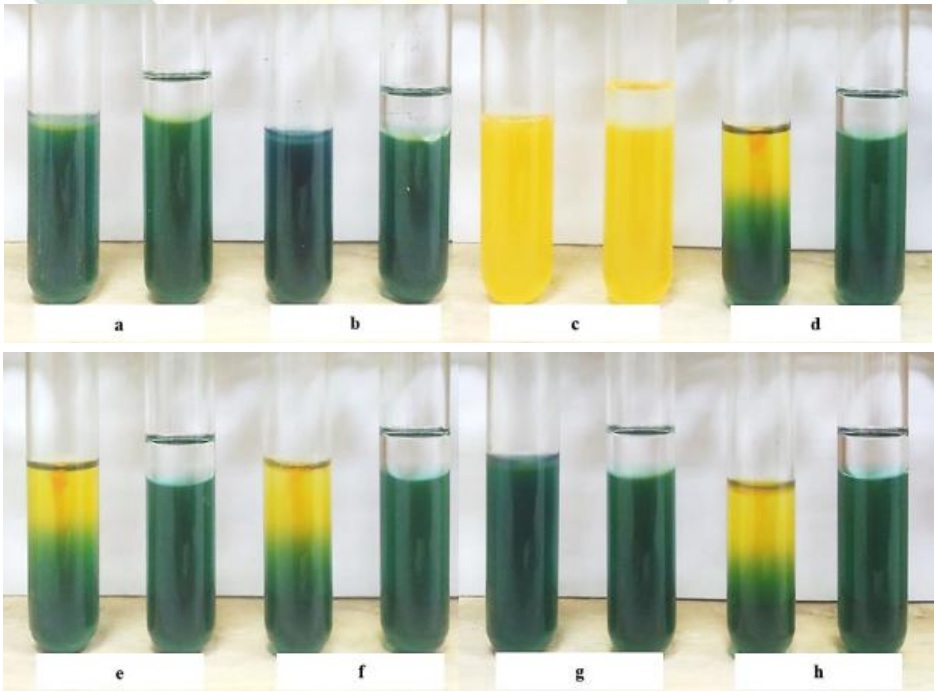



Gambar 4.4. Penampakan uji fermentasi karbohidrat pada isolat bakteri: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**3. Uji OF**

Pengujian isolat bakteri dalam memanfaatkan karbohidrat semakin diperdalam dengan uji OF. Karbohidrat yang digunakan dalam uji OF ini hanya satu jenis yaitu glukosa. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa isolat P2B1 dapat memanfaatkan glukosa secara fermentatif dan oksidatif yang ditandai dengan perubahan warna media menjadi kuning pada tabung reaksi yang tertutup parafin maupun tidak tertutup parafin. Isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 tidak dapat memanfaatkan glukosa baik secara fermentatif maupun oksidatif karena tidak menunjukkan adanya perubahan warna pada kedua tabung reaksi. Sedangkan isolat P2B2, P3B1, P3B2, dan P3B4 memanfaatkan glukosa secara oksidatif yang ditandai adanya warna kuning pada media yang tidak tertutup parafin (Gambar 4.5).




Gambar 4.5. Penampakan uji OF pada bakteri pendegradasi plastik: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

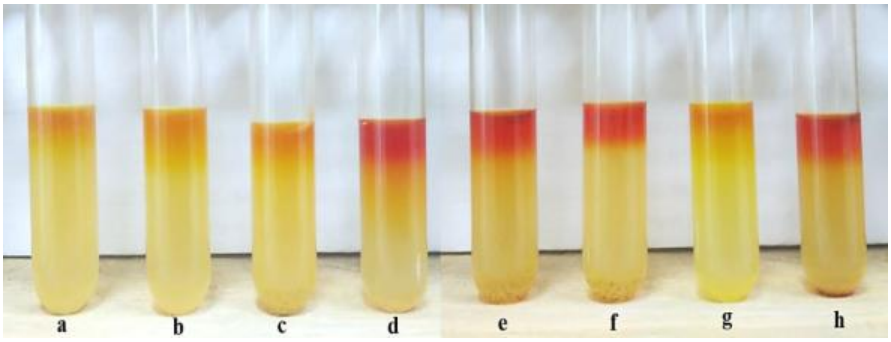
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Penggunaan dua tabung reaksi untuk tiap isolat bakteri dilakukan untuk menciptakan kondisi anaerob pada tabung yang ditutup parafin cair dan kondisi aerob pada tabung yang tidak ditutup parafin. Bakteri yang dapat memanfaatkan glukosa secara fermentatif dan oksidatif menandakan bahwa bakteri tersebut dapat memetabolisme glukosa baik secara aerob maupun anaerob. Bakteri yang memanfaatkan glukosa secara oksidatif menandakan bakteri tersebut hanya mampu memetabolisme gukosa dalam keadaan aerob. Bakteri yang tidak dapat memetabolisme glukosa dalam keadaan aerob maupun anaerob akan menghasilkan reaksi alkali yang ditandai dengan adanya warna biru gelap pada media di tabung terbuka (Health Protection Agency, 2010).

**4. Uji MR**

Hasil uji MR menunjukkan bahwa dari delapan isolat bakteri hanya 4 bakteri yang bernilai positif dengan ditandai adanya perubahan warna merah pada media setelah ditetesi reagen *methyl* red yaitu isolat P2B2, P3B1, P3B2, dan P3B4. Sedangkan isolat 4 lainnya menunjukkan hasil negatif karena tidak terjadi perubahan warna merah pada media setelah ditetesi reagen *methyl* red (Gambar 4.6). Isolat bakteri yang bernilai positif mengindikasikan bahwa isolat bakteri tersebut dapat memfermentasi asam campuran (Cowan, 2004).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 4.6. Penampakan uji MR pada bakteri pendegradasi plastik: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

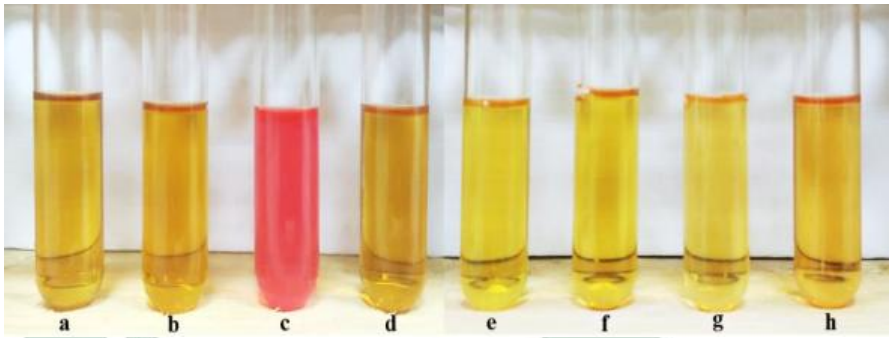
Isolat bakteri mulanya melakukan metabolisme dengan mengubah glukosa menjadi asam piruvat. Asam piruvat akan melalui jalur asam campuran sehingga menghasilkan asam stabil (asam laktat, asam asetat, dan asam format). Tingginya kadar asam mengakibatkan penurunan pH media menjadi ≤4,5 sehingga terjadi perubahan warna merah ketika ditetesi *methyl red* (Aryal, 2018a). Bakteri yang tidak memfermentasi asam campuran maka tidak menyebabkan penurunan pH sehingga tidak terjadi perubahan warna (Tankeshwar, 2014).

**5. Uji VP**

Uji VP menunjukkan hanya isolat P3B1 yang positif sedangkan tujuh isolat lainnya negatif (Gambar 4.7). Hasil positif ditandai perubahan warna media menjadi merah setelah penetesan reagen alfa-naftol 5% dan KOH 40%. Ini menandakan bahwa isolat P3B1 dapat membentuk asetoin hasil fermentasi gula (Marbawati dan Ismanto, 2010). Perubahan warna terjadi karena bakteri dapat memfermentasi glukosa menjadi asam piruvat. Melalui proses metabolisme, asam piruvat akan menghasilkan asetoin. Pemberian reagen alfa-naftol dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

KOH disertai $O_2$ mengakibatkan adanya reaksi sehingga asetoin teroksidasi menjadi diacetyl. KOH akan melakukan penyerapan $CO_2$ dan bertindak sebagai agen pengoksidasi. Diacetyl bereaksi dengan senyawa yang mengandung guanidine dari kandungan pepton sehingga terjadi perubahan warna merah (Pradan, 2014).

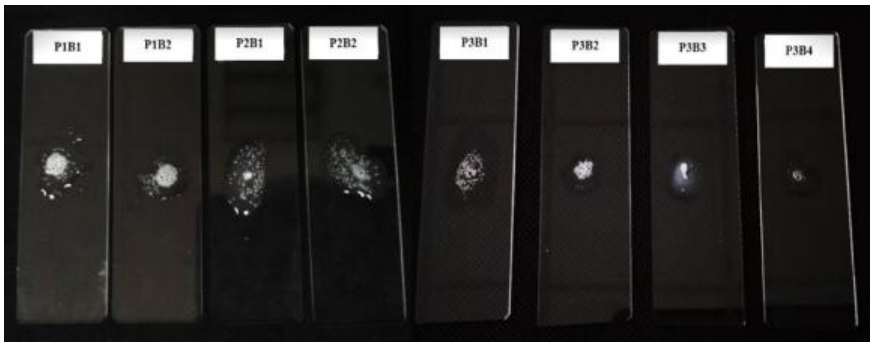



Gambar 4.7. Penampakan uji VP pada bakteri pendegradasi plastik: (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

**6. Uji Katalase**

Uji katalase menunjukkan hasil positif uji katalase pada seluruh isolat bakteri pendegradasi plastik. Hasil positif ini ditandai dengan adanya pembentukan gelembung pada isolat bakteri setelah ditetesi dengan larutan $H_2O_2$ 3% (Gambar 4.8). Hasil tersebut menandakan bahwa seluruh isolat bakteri menghasilkan enzim katalase yang berfungsi untuk menetralkan dan melindungi sel dari senyawa hidrogen peroksida. Isolat bakteri yang menghasilkan enzim katalase akan memecah hidrogen peroksida ($H_2O_2$) menjadi oksigen dan air sehingga terbentuk gelembung (MacFaddin, 2000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



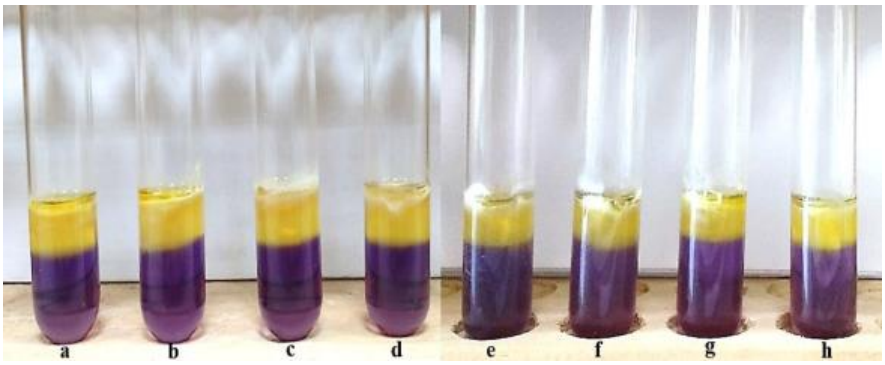

Gambar 4.8. Penampakan uji katalase pada bakteri pendegradasi plastik (a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

**7. Uji MIO**

Uji indol pada penelitian dilakukan dengan menggunakan media MIO. Hasil uji menunjukkan seluruh isolat bakteri bernilai negatif karena tidak adanya pembentukan cincin merah pada permukaan media setelah ditetesi reagen kovacs. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh isolat bakteri tidak memiliki enzim tryptophanase. Hafsan (2014) menyatakan bakteri yang memiliki enzim tryptophanase akan memecah asam amino trypthopan dan mengubahnya menjadi indol. Adanya indol dideteksi dengan reagen kovacs dimana indol bereaksi dengan *aldehyde* sehingga terbentuk lapisan cincin berwarna merah.

Media MIO juga dapat digunakan untuk uji motilitas dan ornithin. Hasil uji motilitas diketahui bahwa hanya dua isolat bakteri pendegradasi plastik yang motil yaitu P2B2 dan P3B4. Motilitas ini ditandai dengan adanya pertumbuhan isolat bakteri yang menyebar dari bekas tusukan biakan yang menandakan bahwa isolat tersebut memiliki flagel (Hafsan, 2014). Pada uji ornithin diketahui bahwa seluruh isolat bakteri bernilai negatif karena tidak adanya perubahan warna pada media setelah masa inkubasi (Gambar 4.9).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 4.9. Penampakan uji MIO pada bakteri pendegradasi plastik:(a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

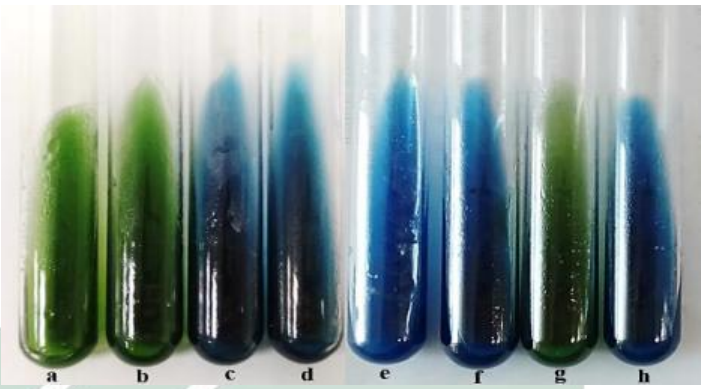
**8. Uji Sitrat**

Uji sitrat yang dilakukan dalam penelitian ini menujukkan adanya hasil positif dan negatif pada isolat bakteri pendegradasi plastik. Hasil positif terjadi pada isolat P2B1, P2B2, P3B1, P3B2, dan P3B4 yang ditandai dengan warna media yang berubah menjadi warna biru. Hasil negatif ditunjukkan dengan tidak terjadinya perubahan warna media terjadi pada isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 (Gambar 4.10). Perubahan warna biru pada media menandakan bahwa isolat P2B1, P2B2, P3B1, P3B2, dan P3B4 dapat memanfaatkan asam sitrat sebagai sumber karbon.

Aryal, (2018b) menyatakan bahwa bakteri yang menghasilkan enzim sitrat-permease akan mengubah asam sitrat menjadi asam piruvat. Asam piruvat akan memasuki siklus krebs sehingga menghasilkan energi. Bersamaan dengan itu, isolat bakteri akan memanfaatkan asam sitrat untuk memecah garam amonium menjadi amonia dan amonium hidroksida yang dapat meningkatkan alkalinitas sehingga terjadi perubahan pH media menjadi basa. Perubahan pH

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

media ≥7,6 akan mengakibatkan indikator BTB (*Brom Tymol Blue*) pada media yang mulanya berwarna hijau kemudian menjadi warna biru.




Gambar 4.10. Penampakan uji sitrat pada bakteri pendegradasi plastik:(a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

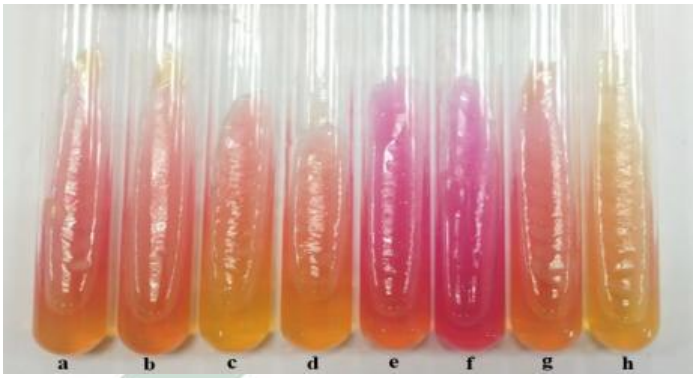
**9. Uji Urease**

Hasil uji urease pada penelitian menujukkan isolat bakteri yang positif ialah P3B1 dan P3B2, sedangkan enam isolat lainnya negatif. Hal ini menandakan isolat P3B1 dan P3B2 dapat memproduksi enzim urease ditandai perubahan warna media menjadi magenta (Gambar 4.11). Sebagaimana yang dinyatakan MacFaddin (2000), bahwa uji urease digunakan untuk mengetahui bakteri yang memecah urea dengan memproduksi enzim urease.

Urea merupakan produk yang dihasilkan pada proses dekarboksilase asam amino. Pemecahan urea oleh enzim urease akan menghasilkan $CO_2$ dan amonia. Adanya amonia ini menyebabkan media menjadi alkali sehingga mengakibatkan peningkatan pH media. Peningkatan pH media ditandai adanya perubahan warna media dari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kuning orange (pH 6,8) menjadi magenta atau merah muda terang (pH 8,1) (Aryal, 2018c).




Gambar 4.11. Penampakan uji urease pada bakteri pendegradasi plastik:(a) P1B1; (b) P1B2; (c) P2B1; (d) P2B2; (e) P3B1; (f) P3B2; (g) P3B3 (h) P3B4.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

### 4.2.4 Penentuan Genus Bakteri Pendegradasi Plastik

Hasil isolasi bakteri pendegradasi plastik dari sampel tanah TPA Jabon Sidoarjo didapatkan 8 isolat bakteri yang berbeda. Berdasarkan proses identifikasi dengan mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* (Brenner *et al*., 1925; Breed *et al*., 1957; Barrow and Feltham, 1993) didapatkan 5 genus bakteri yaitu genus *Alcaligenes*, *Actinobacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, dan *Neisseria*. Pada beberapa penelitian juga didapatkan isolat bakteri pendegradasi plastik dari sampel tanah yang berbeda. Pada sampel tanah sampah plastik di kabupaten daerah pesisir Tamil Nadu India didapatkan 10 isolat bakteri pendegradasi plastik yang termasuk dalam genus *Bacillus spp*. dan *Pseudomonas spp*. (Devi *et al*., 2019).

Penelitian oleh Hussein *et al.* (2015), dengan mengambil sampel tanah dan sampel limbah plastik dari TPA kota Baghdad didapatkan 3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

jenis bakteri yaitu *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Acinetobacter ursingii*. Bakteri pendegradasi plastik juga ditemukan di tempat pembuangan sampah Dandora Nairobi-Kenya yaitu genus *Pseudomonas, Bacillus, Brevibacillus, Cellulosimicrobium, dan Lysinibacillus* (Muhanjo *et al*., 2018). Selain itu, penelitian serupa juga dilakukan oleh Singh *et al*. (2016), dengan menggunakan sampel tanah dari pompa bensin, rumah sakit, dan local area didapatkan 3 bakteri pendegradasi plastik yaitu *Staphylococcus sp.*, *Pseudomonas sp*., dan *Bacillus sp*. Penentuan genus bakteri pendegradasi plastik pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Genus *Alcaligenes*

Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopik isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 memiliki bentuk bulat, berukuran sangat kecil (*pinpoint*), elevasi *raised* dan tepi koloni *entire* serta pigmentasi warna transparan. Pengamatan mikroskopik melalui pewarnaan gram menunjukkan hasil bahwa ketiga isolat tersebut merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang/basil. Uji aktivitas biokimia menunjukkan hasil uji fermentasi karbohidrat negatif baik glukosa, sukrosa, laktosa, manitol, dan maltosa. Uji MR negatif, uji VP negatif, uji indol negatif, uji urease negatif atau lemah, uji urease negatif, uji TSIA negatif dan $H_2S$ negatif, selain itu uji OF menujukkan bahwa ketiga isolat ini negatif atau *non saccharolytic* (Tabel 4.2).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.2. Perbandingan hasil uji isolat P1B1, P1B2, P3B3 dengan *Alcaligenes*.

| Isolat | Gram | Bentuk Sel | TSIA | $H_2S$ | Maltosa | Mannitol | Motilitas | Indol | Ornithin | Katalase | OF | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1B1 | - | Rods | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| P1B2 | - | Rods | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| P3B3 | - | Rods | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| *Alcaligenes* | - | Rods | - | - | - | - | V | - | - | + | - | - |

Keterangan: V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90 negatif tergantung spesiesnya.

Karakeristik isolat P1B1, P1B2, dan P3B3 memiliki kesamaan dengan karakteristik bakteri genus *Alcaligenes* sesuai dengan identifikasi oleh Breed *et al*. (1957), dalam buku *Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology 7th Edition. Alcaligenes* merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang, aerobik, motil dengan flagel peritrichous atau non motil, tidak dapat memanfaatkan karbohidrat, memproduksi alkali, katalase positif dan oksidase positif. Umumnya genus *Alcaligenes* banyak ditemukan di air maupun tanah. Beberapa spesies dari genus *Alcaligenes* diketahui mempunyai peran sebagai agen biokontrol (Breed *et al*., 1957; Barrow and Feltham, 1993). Adapun klasifikasi genus *Alcaligenes* sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

Filum : Proteobacteria

Kelas : Betaproteobacteria

Ordo : Burkholderiales

Family : Alcaligenaceae

Genus : *Alcaligenes* (Brenner *et al*., 1925).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Genus *Actinobacillus*

Isolat P2B1 memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat (*circular*), berukuran sedang, tepi koloni *entire*, sudut elevasi *umbunate* dan berwarna putih. Hasil pewarnaan gram menunjukkan bahwa isolat P2B1 tergolong bakteri gram negatif berbentuk *coccobacillus* atau batang pendek. Berdasarkan pengujian biokimia diketahui isolat menunjukkan hasil positif pada uji katalase, uji sitrat, dan uji VP. Sedangkan hasil negatif pada uji motilitas, ornithin, fermentasi karbohidrat, indol, $H_2S$. Uji urease menunjukkan bahwa isolat memproduksi enzim urease secara lemah yang ditandai tidak berubahnya media menjadi magenta melainkan keorangean. Isolat P2B1 bersifat anaerob fakultatif ditujukkan adanya perubahan warna media pada uji OF baik tabung terbuka maupun tertutup (Tabel 4.3).

Tabel 4.3. Perbandingan hasil uji isolat P2B1 dengan genus *Actinobacillus.*

| Isolat | Gram | Bentuk Sel | $H_2S$ | Laktosa | Sukrosa | Mannitol | MR | VP | Motilitas | Indol | Ornithin | Katalase | OF | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P2B1 | - | Rods | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + | + | - |
| *Actinobacillus* | - | Rods | V | - | - | - | - | + | - | - | - | + | + | V |

Keterangan: V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90 negatif tergantung spesiesnya.

Mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* (Brenner *et al.*, 1925; Breed *et al.*, 1957; Barrow and Feltham, 1993) diketahui bahwa isolat P2B1 memiliki kesamaan karakteristik dengan genus *Actinobacillus*. Genus *Actinobacillus* merupakan genus bakteri gram negatif berbentuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

cocoid-basil, non motil, aerob dan anaerob fakultatif, oksidase positif, katalase positif, nitrat direduksi menjadi nitrit. Genus ini juga menunjukkan hasil negatif pada uji indol, ornithin, MR, dan uji positif terjadi pada uji VP. Selain itu, uji $H_2S$ dan uji urease menunjukkan hasil positif atau negatif tergantung dari jenis spesies bakteri tersebut (Brenner *et al*., 1925; Barrow and Feltham, 1993).

*Actinobacillus* umumnya hidup di lingkungan seperti tanah, air, dapat menjadi patogen bagi hewan, dan beberapa spesies dapat menyerang manusia. Koloni menunjukkan bentuk bulat, tepi rata, sudut elevasi cembung, dan berwarna putih atau putih keabu-abuan (Breed *et al*., 1957). *Actinobacillus* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Kingdom | : Bacteria |
| Filum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Gammaproteobacteria |
| Ordo | : Pasteurellales |
| Family | : Pasteurellaceae |
| Genus | : *Actinobacillus* (Brenner *et al*., 1925). |

c. Genus *Pseudomonas*

Isolat P2B2 dan P3B4 diduga merupakan genus *Pseudomonas* karena adanya kesamaan pada pewarnaan gram dan uji biokimia. Namun, antara kedua isolat tersebut memiliki karakteristik makroskopik yang berbeda. Morfologi koloni isolat P3B4 yaitu berbentuk bulat (*circular*) dengan ukuran koloni kecil, koloni

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berwarna putih dengan tepi berjenis *entire* dan sudut elevasi *raised*. Sedangkan isolat P2B2 memiliki ukuran yang lebih besar, berwarna putih susu dengan tepi koloni entire dan sudut elevasi umbunate. Pada pewarnaan gram isolat P2B2 dan P3B4 menujukkan bahwa bakteri tersebut termasuk gram negatif berbentuk batang pendek (*coccobacillus*).

Uji biokimia menujukkan hasil positif pada uji MR, motilitas, katalase, sitrat, serta positif oksidasi pada uji OF glukosa. Sedangkan hasil negatif terjadi pada uji fermentasi karbohidrat (glukosa, sukrosa, laktosa, maltosa, dan mannitol), uji VP, indol, urease, ornithin, dan $H_2S$ (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Perbandingan isolat P2B2 dan P3B4 dengan genus *Pseudomonas.*

| Isolat | Gram | Bentuk Sel | TSIA | $H_2S$ | MR | Motilitas | Indol | Ornithin | Katalase | OF | Sitrat | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P2B2 | - | Rods | - | - | + | + | - | - | + | O | + | - |
| P3B4 | - | Rods | - | - | + | + | - | - | + | O | + | - |
| *Pseudomonas* | - | Rods | - | - | + | + | - | - | + | O | + | V |

Keterangan: O = isolat memanfaatkan glukosa secara oksidase
V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90 negatif tergantung spesiesnya.

Hasil uji yang telah didapatkan tersebut memiliki kesamaan dengan genus *Pseudomonas*. Sebagaimana yang dinyatakan oleh (Barrow and Feltham, 1993) bahwa bakteri genus *Pseudomonas* merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang yang motil dengan flagel polar, dapat mengoksidasi glukosa, bersifat aerobic. Sebagian spesies pada genus *Pseudomonas* dapat memproduksi urease dan sebagain lainnya tidak dapat memproduksi urease (Breed *et al.*, 1957).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada uji katalase, oksidase dan uji sitrat bakteri genus *Pseudomonas* menunjukkan hasil positif sedangkan uji TSIA tidak menunjukkan adanya perubahan.

Forbes *et al*. (2007), menyatakan genus *Pseudomonas* termasuk bakteri gram negatif batang pendek dengan warna merah muda keunguan. Biasanya, koloni *Pseudomonas* berpigmen kekuningan namun umumnya koloni *Pseudomonas* tidak berpigmen atau berwarna krem (United Kingdom Standart for Microbiology Investigations, 2015). Selain itu, *Pseudomonas* menunjukkan hasil positif pada uji MR dan hasil negatif pada uji fermentasi glukosa dan laktosa, uji indol, uji $H_2S$ (Mahmudah dkk., 2016; Riandi dkk., 2017). Bakteri genus *Pseudomonas* banyak ditemukan di tanah dan air, serta dapat menyebabkan patogen pada tanaman (Breed *et al*., 1957). Klasifikasi genus *Pseudomonas* yaitu sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Kingdom | : Bacteria |
| Filum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Gammaproteobacteria |
| Ordo | : Pseudomonadales |
| Family | : Pseudomonadaceae |
| Genus | : *Pseudomonas* (Brenner *et al*., 1925). |

d. Genus *Acinetobacter*

Karakteristik isolat P3B1 yang ditumbuh di media NA yaitu memiliki bentuk bulat (*circular*) berukuran kecil, tepi koloni *entire*, sudut elevasi *raised* dan koloni berwarna putih. Hasil pengamatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

makroskopik isolat P3B1 ini hampir memiliki kesamaan dengan bakteri genus *Acinetobacter*. Forbes *et al.* (2007), menyatakan bahwa koloni genus *Acinetobacter* yang ditumbuhkan pada media BA (*Blood Agar*) memiliki kesamaan yaitu berbentuk bulat, *smooth*, sudut elevasi *raised*, dan berukuran kecil. Hasil pewarnaan gram pada isolat P3B1 menunjukkan bahwa isolat termasuk dalam bakteri gram negatif dengan bentuk sel *coccobacillus* atau batang pendek.

Pada pengujian biokimia didapatkan hasil bahwa isolat P3B1 bersifat tidak dapat memfermentasi karbohidrat baik glukosa, laktosa, sukrosa, manitol, dan maltosa. Selain itu diketahui uji VP negatif, uji MR positif, uji $H_2S$ negatif, uji MIO negatif yang berarti non motil, indol dan ornithin negatif. Pada uji katalase menunjukkan hasil positif, uji sitrat positif, dan urease positif, serta uji OF glukosa menunjukkan hasil positif pada tabung terbuka yang berarti isolat memanfaatkan glukosa secara oksidasi. Mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* (Brenner *et al.*, 1925; Breed *et al.*, 1957; Barrow and Feltham, 1993) hasil pengujian isolat P3B1 memiliki kesamaan dengan genus *Acinetobacter*.

Tabel 4.5. Perbandingan hasil uji isolat P3B1 dengan genus *Acinetobacter*.

| Isolat | Gram | Bentuk Sel | TSIA | Mannitol | Maltosa | MR | VP | Motilitas | Indol | Ornithin | Katalase | OF | Sitrat | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P3B1 | - | Rods | - | - | - | + | - | - | - | - | + | O | + | + |
| *Acinetobacter* | - | Rods | - | - | - | - | - | - | - | - | + | O | + | V |

Keterangan: O = isolat memanfaatkan glukosa secara oksidase
V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90 negatif tergantung spesiesnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Barrow and Feltham, (1993) dalam buku *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* menyatakan bahwa bakteri yang tergolong genus *Acinetobacter* termasuk dalam bakteri gram negatif berbentuk genus batang pendek (*coccobacillus*), aerobik, non motil, tidak berpigmen, katalase positif, oksidase negatif, memanfaatkan glukosa secara oksidatif, tidak dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, laktosa, manitol, dan maltosa. Forbes *et al*. (2007), juga menyatakan bahwa sebagian besar menunjukkan uji urease positif yang berarti dapat memproduksi enzim urease. Selain itu, juga dinyatakan oleh Tauran dkk. (2013), bahwa bakteri genus *Acinetobacter* bersifat positif pada uji sitrat, uji $H_2S$ negatif, uji indol negatif, uji ornithin negatif, uji VP negatif.

Genus *Acinetobacter* umumnya tersebar luas di alam baik tanah, air, dan lingkungan rumah sakit. Genus ini dapat membentuk nodul pada akar kedelai, berada di sayuran mentah, daging, susu, dan keju. Selain itu, dapat pula hidup di kulit dan menjadi flora pernapasan pasien yang telah dirawat di rumah sakit (Brenner *et al*., 1925). Adapun klasifikasi genus *Acinetobacter* yaitu sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Kingdom | : Bacteria |
| Filum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Gammaproteobacteria |
| Ordo | : Pseudomonadales |
| Family | : Moraxellaceae |
| Genus | : *Acinetobacter* (Brenner *et al*., 1925). |

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

e. Genus *Neisseria*

Pengamatan makroskopik isolat P3B2 menunjukkan bahwa koloni memiliki bentuk bulat atau *circular* dengan ukuran kecil, tepi *entire*, sudut elevasi *raised* dan koloni berwarna putih. Pengamatan mikroskopik melalui pewarnaan gram menunjukkan sel bakteri isolat P3B2 berwarna merah yang berarti tergolong bakteri gram negatif dengan sel berbentuk *coccus* (bulat) (Tabel 4.6). Karakteristik isolat P3B2 ini memiliki kesamaan dengan genus *Neisseria* sebagaimana yang dinyatakan oleh Holt *et al*. (1994), bahwa bakteri genus *Neisseria* merupakan gram negatif *coccus* dengan koloni berbentuk bulat, tepi halus, sudut elevasi cembung dengan warna koloni krem.

Tabel 4.6. Perbandingan hasil uji isolat P3B2 dengan genus *Neisseria*.

| Isolat | Gram | Bentuk Sel | $H_2S$ | Laktosa | Sukrosa | Maltosa | MR | VP | Motilitas | Indol | Ornithin | Katalase | OF | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P3B2 | - | Coccus | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | O | + |
| *Neisseria* | - | Coccus | - | - | - | - | + | - | - | - | + | + | O | + |

Keterangan: O = isolat memanfaatkan glukosa secara oksidase.

Uji biokimia isolat P3B2 menujukkan bahwa isolat tidak dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, laktosa, maltosa, dan mannitol. Hasil negatif pada uji VP, motilitas, ornithin, indol, dan $H_2S$. Hasil positif pada uji MR, uji sitrat, dan uji urease. Uji OF menunjukkan perubahan warna pada tabung terbuka yang berarti isolat bersifat aerob dan memanfaatkan glukosa secara oksidasi. Hasil ini memiliki kesamaan dengan genus *Neisseria*. Barrow and Feltham (1993) menyatakan bahwa genus *Neisseria* adalah bakteri aerobik berbentuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bulat berpasangan (*diplococci*), katalase dan oksidase positif, memanfaatkan karbohidrat secara oksidasi, uji indol dan nitrat negatif.

Genus *Neisseria* merupakan bakteri non motil, tidak dapat membentuk $H_2S$, pertumbuhan optimal pada suhu 35-35$^oC$, uji VP negatif, uji MR dan urease positif. Selain itu juga menunukkan hasil positif uji ornithin dan negatif uji sitrat (Holt *et al*., 1994). *Neisseria* umumnya dapat tumbuh di tanah, air, dan dapat menjadi parasit di binatang, dan beberapa spesies dari genus ini bersifat hemolitik (Breed *et al*., 1957). Klasifikasi genus *Neisseria* ialah sebagai berikut:

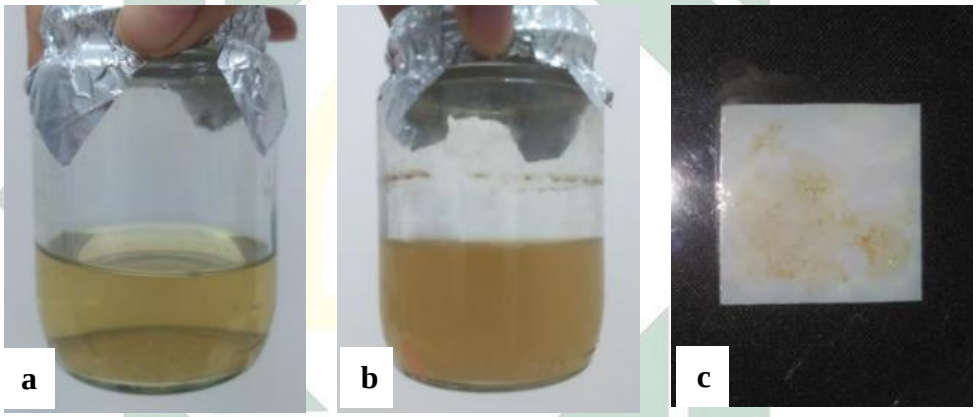
| | |
|---|---|
| Kingdom | : Bacteria |
| Filum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Betaproteobacteria |
| Ordo | : Neisseriales |
| Family | : Neisseriaceae |
| Genus | : *Neisseria* (Brenner *et al*., 1925). |

**4.3 Uji Kemampuan Biodegradasi**

Pengujian kemampuan biodegradasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan masing-masing isolat bakteri yang didapatkan dalam mendegradasi plastik polietilena. Pada pengujian kemampuan biodegradasi media yang digunakan yaitu media MSM dengan kandungan sumber karbon yang lebih sedikit yaitu glukosa 0,5%. Kandungan glukosa yang lebih sedikit ini bertujuan untuk menciptakan kondisi tercekam sehingga isolat bakteri dapat memanfaatkan potongan plastik sebagai sumber karbon secara maksimal.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengamatan yang dilakukan setelah masa inkubasi 40 hari menunjukkan bahwa hampir semua isolat bakteri dapat tumbuh dengan baik pada media MSM yang ditandai dengan adanya kekeruhan. Dwijoseputro (2005), menyatakan bahwa ciri pertumbuhan mikroba pada media cair yaitu mengalami kekeruhan, terbentuk cincin, pelikel, ataupun endapan. Sedangkan, pertumbuhan isolat bakteri di area potongan plastik ditandai dengan adanya pembentukan biofilm (Gambar 4.12). Sebagaimana yang dinyatakan oleh Alex (2011) bahwa salah satu ciri pertumbuhan bakteri pendegradasi plastik ialah terjadi pembentukan biofilm di permukaan plastik.




Gambar 4.12. Pertumbuhan isolat bakteri pada media MSM: (a) tanpa diinokulasikan bakteri, (b) diinokulasikan isolat bakteri, (c) biofilm pada permukaan plastik.
Sumber: (Dokumentasi pribadi, 2020).

Uji kemampuan biodegradasi plastik pada penelitian ini terdiri dari 2 pengukuran yaitu presentase kehilangan berat plastik dan besar regangan plastik. Presentase kehilangan berat plastik didasarkan pada perhitungan selisih berat awal potongan plastik dan berat akhir setelah masa inkubasi 40 hari. Berdasarkan perhitungan, didapatkan hasil bahwa isolat P2B2 memiliki kemampuan mendegradasi tertinggi yang ditandai dengan kehilangan berat plastik terbesar yaitu 3.87%. Kemampuan mendegradasi terendah yaitu pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penambahan isolat P1B1 dan P3B1 dengan nilai kehilangan berat plastik terkecil yaitu 0.8%.

Hasil uji ini dapat dikatakan bahwa isolat bakteri memiliki pengaruh terhadap kehilangan berat plastik. Permukaan polietilena dengan sifat hidrofobik yang tinggi dan rantai karbon yang panjang menjadikan plastik polietilena sangat tahan terhadap biodegradasi (Contat-Rodrigo and Greus, 2002). Wanatabe *et al.* (2003), mengatakan hidrofobisitas yang kuat, ikatan kimia dan berat molekul yang tinggi dapat menghambat efisiensi degradasi oleh mikroorganisme, terutama dalam waktu singkat. Ohtake *et al*. (1998), menyatakan bahwa dalam keadaan normal, dibutuhkan waktu lebih dari 10 dekade untuk polimer plastik dapat termineralisasi ke lingkungan.

Berdasarkan hasil uji statistika dengan menggunakan uji Kruskal Wallis didapatkan nilai signifikansi perlakuan sebesar 0.279 yang berarti lebih tinggi dari taraf signifikansi $\alpha = 0.05$ (Lampiran 2). Hasil ini menandakan bahwa masing-masing isolat bakteri yang didapatkan tidak menunjukkan perbedaan nyata dalam mendegradasi plastik putih polietilena selama masa inkubasi 40 hari sehingga tidak dilakukan uji lanjut Man Whitney. Tidak adanya perbedaan nyata pada uji Kruskal Wallis ini dikarenakan perbedaan hasil presentase kehilangan berat plastik antar isolat bakteri tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Perbedaan hasil presentase kehilangan berat plastik pada masing-masing isolat yang didapatkan dimungkinkan karena perbedaan jenis isolat bakteri tersebut sehingga memiliki kemampuan uji biodegradasi yang berbeda pula.. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Glass and Swift (1989) bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mikroorganisme memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga kemampuan dalam mendegradasi plastik juga bervariasi antara satu dengan yang lain. Gu *et al*. (2000), menambahkan bahwa perbedaan karakteristik mikroorganisme ialah perbedaan jenis enzim yang diproduksi seperti enzim intraseluler atau ekstraseluler yang membantu dalam proses degradasi polimer.

Pada penelitian ini, isolat P2B2 yang memiliki kemampuan biodegradasi tertinggi diidentifikasi sebagai bakteri genus *Pseudomonas*, sedangkan isolat P1B1 dan P3B1 yang memiliki kemampuan biodegradasi terendah diidentifikasi sebagai bakteri genus *Alcaligenes* dan *Acinetobacter*. Hasil ini sesuai dengan penelitian Usha *et al*. (2011), dimana didapatkan bakteri pendegradasi plastik yang memiliki kemampuan biodegradasi tertinggi yaitu *Pseudomonas sp.* dengan presentase kehilangan berat plastik polietilena sebesar 9.67±0.14 dan 6.45±0.16 selama masa inkubasi 2 bulan. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa rata-rata isolat bakteri yang mempunyai kemampuan dalam bidegradasi LDPE ialah *Pseudomonas* (Bhatia *et al*., 2014). *Pseudomonas sp.* memiliki kemampuan yang efisien dalam menurunkan berat polietilena dan mampu memanfaatkannya sebagai sumber karbon tunggal untuk pertumbuhannya (Sil, 2011 dalam Hussein *et al*., 2015).

Hasil presentase kehilangan berat plastik pada isolat P2B2 yang diidentifikasi sebagai *Pseudomonas* ini memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sriningsih dan Shovitri (2015), dimana penambahan bakteri *Pseudomonas* pada uji biodegradasi plastik putih didapatkan hasil presentase kehilangan berat plastik sebesar 3.3%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

selama masa inkubasi 3 bulan. Hasil ini menandakan bahwa isolat P2B2 memiliki kemampuan biodegradasi yang lebih efektif. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Begum *et al.*, 2015) yang juga didapatkan hasil biodegradasi tertinggi pada bakteri genus *Pseudomonas* memiliki nilai presentase kehilangan berat plastik sebesar 20.1% selama masa inkubasi 30 hari. Dalam kurun waktu yang lebih singkat, hasil tersebut memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini. Perbedaan hasil tersebut dikarenakan adanya perbedaan spesies pada genus *Pseudomonas*.

Underkofler *et al.* (1958), menyatakan bahwa jumlah relatif enzim yang dihasilkan oleh mikroba bervariasi antar spesies bahkan antar strain dari spesies yang sama dan kerja enzim sangat spesifik terhadap suatu substrat. Oleh karena itu kemampuan dalam mendegradasi plastik polietilena juga berbeda meskipun dalam satu genus. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Kyaw *et al*. (2012), pada uji biodegradasi plastik polietilena (LDPE) dengan menggunakan beberapa bakteri genus *Pseudomonas*. Pengujian yang dilakukan selama masa inkubasi 120 hari (4 bulan), didapatkan hasil presentase kehilangan berat plastik sebesar 20% pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Pao1), 11% pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC), 9% pada bakteri *Pseudomonas putida*, dan 11.3% pada bakteri *Pseudomonas syringae.*

Pengujian kemampuan biodegradasi pada penelitian ini juga dilakukan dengan mengukur besar regangan plastik. Besar regangan plastik ini dilakukan perhitungan selisih panjang awal plastik dan panjang akhir plastik setelah masa inkubasi 40 hari. Berdasarkan perhitungan diketahui plastik yang mengalami perubahan regangan terbesar ialah pada isolat P2B2 dengan nilai 0.005,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sedangkan pada isolat P1B1 tidak terjadi perubahan regangan. Berdasarkan hasil uji statistika dengan menggunakan uji Kruskal Wallis didapatkan nilai signifikansi sebesar 0.563 yang artinya lebih tinggi dari taraf signifikansi $\alpha$ = 0.05 (Lampiran 2). Hasil uji ini menandakan bahwa tiap isolat bakteri yang didapatkan tidak menunjukkan perbedaan nyata pada besar regangan plastik selama masa inkubasi 40 hari. Perbedaan yang tidak nyata ini dikarenakan hasil besar regangan plastik pada masing-masing isolat bakteri memiliki perbedaan yang relatif sangat kecil.

Besar regangan plastik memiliki nilai yang sangat kecil sehingga dapat dikatakan tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap besar regangan plastik. Hasil besar regangan plastik yang didapatkan ini berbanding lurus dengan hasil presentase kehilangan berat plastik dimana semakin besar presentase kehilangan berat plastik maka semakin besar pula besar regangan plastik tersebut. Hasil ini sejalan dengan penelitian Murti (2014) dimana setelah masa inkubasi 30 hari diketahui bahwa isolat bakteri PL5 mempunyai kemampuan mendegradasi plastik hitam terbesar yaitu dengan nilai presentase kehilangan berat plastik 1.997% dan besar regangan mencapai 0.069, sedangkan kemampuan biodegradasi plastik hitam terendah yaitu isolat bakteri PL3 dengan presentase kehilangan berat sebesar 0.220% dan besar regangan sebesar 0.026.

Penelitian lain yang dilakukan Syam (2017), pada uji biodegradasi plastik biru dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* juga didapatkan perubahan besar regangan plastik sebesar 0.0004 dengan presentase kehilangan berat plastik sebesar 5% selama masa inkubasi 30 hari. Berdasarkan hal

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut maka dapat diasumsikan bahwa isolat bakteri yang dapat menurunkan berat plastik secara tidak langsung akan mempengaruhi perubahan besar regangan plastik meskipun relatif sangat kecil.

Bakteri *Pseudomonas sp.* diketahui dapat mendegradasi polimer plastik dengan menghasilkan enzim serin hydrolase, estrase, dan lipase (Barnes *et al*., 2009; Bhardwaj *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa enzim yang dihasilkan oleh suatu mikroba berperan sangat efektif dalam mempercepat laju biodegradasi polietilena tanpa menyebabkan kerusakan. Namun, enzim ekstraseluler yang dihasilkan mikroba tidak dapat menembus kedalam bahan polimer melainkan hanya bertindak di permukaan polimer sehingga biodegradasi plastik merupakan proses erosi permukaan (Gajendiran *et al*., 2016). Enzim yang dihasilkan oleh suatu bakteri perlahan akan mengikis permukaan polimer plastik sehingga terjadi pengurangan berat polimer dan menjadikan presentase kehilangan berat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya masa inkubasi (Bikiaris *et al*., 2006).

Mekanisme biodegradasi polietilena diawali dengan proses degradasi secara abiotik yaitu melalui fotodegradasi seperti paparan sinar UV atau bahan kimia yang ada di lingkungan tanpa disertai aktivitas mikroorganisme. Fotodegradasi ini akan mengubah gugus rantai utama karena adanya gugus karbonil (C=O) dan mengakibatkan terjadinya oksidasi karbon pada rantai polimer polietilena (Leja and Lewandowics, 2010). Oksidasi karbon akan menghasilkan gugus fungsional dengan berat molekul yang rendah seperti asam karboksilat, keton, dan hidrokarbon (Chiellini *et al*., 2007). Gugus ini akan mengubah sifat polimer hidrokarbon yang mulanya hidrofobik menjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hidrofilik sehingga permukaan polimer dapat menyerap air dan memudahkan mikroorganisme untuk melakukan degradasi (Hadad *et al*., 2005).

Proses selanjutnya yaitu degradasi secara biotik atau disebut biodegradasi. Proses biodegradasi ini melibatkan peran mikroorganisme salah satunya yaitu bakteri. Sifat permukaan plastik yang telah berubah menjadi hidrofilik akan lebih memudahkan bakteri menempel di permukaan plastik dan terjadi kolonisasi (Usha *et al*., 2011). Koloni bakteri yang menempel di permukaan plastik ini akan membentuk biofilm (Das and Kumar, 2013). Selanjutnya, bakteri akan mensekresi enzim intraseluler dan ekstraseluler depolimerase sehingga dapat memecah polimer plastik menjadi bentuk yang lebih kecil dengan berat molekul yang lebih rendah seperti oligomer, dimer, dan monomer. Tahapan ini dinamakan depolimerisasi (Eskander and Saleh, 2017).

Hasil pemecahan rantai polimer akan dikenali oleh sel reseptor bakteri sehingga dapat melewati membran semipermeabel bakteri dan terjadi proses penyerapan nutrisi (Lucas *et al*., 2008; Eskander and Saleh, 2017). Proses ini dinamakan asimilasi yang terjadi di dalam sitoplasma bakteri. Dalam proses ini juga terjadi proses metabolisme untuk menghasilkan suatu produk berupa energi, biomassa, cadangan makanan, dan metabolit primer atau sekunder dengan memanfaatkan polimer plastik sebagai sumber karbon untuk proses pertumbuhan (Lucas *et al*., 2008). Beberapa hasil metabolit sederhana dan kompleks akan diekskresikan ke bagian ekstraseluler, seperti asam organik, aldehid, dll. Sedangkan molekul sederhana hasil metabolisme intraseluler yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berupa $CO_2$, $N_2$, $CH_4$, $H_2O$ serta garam mineral lainnya akan teroksidasi ke lingkungan. Tahapan ini dinamakan mineralisasi (Lucas *et al*., 2008).

Pada beberapa penelitian menyebutkan bahwa bakteri yang umumnya terlibat dalam proses biodegradasi plastik yaitu *Bacillus, Pseudomonas, Klebsiella, Rhodococcus, Flavobacterium, Staphylococcus, Streptococcus, Streptomyces, Brevibacterium, Comamonas, Eschericia, Azotobacter, Alcaligenes, Nocardia, Moraxella,* dan *Penicillium* (Sangale *et al*., 2012; Krueger *et al*., 2015). Penelitian uji biodegradasi plastik putih polietilena dengan menggunakan jenis isolat yang berbeda yaitu *Bacillus sp.* didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan penelitian ini dimana selama masa inkubasi 6 Minggu (± 42 hari) didapatkan presentase kehilangan berat plastik sebesar 4% dan mengalami kenaikan menjadi 5% dalam kurun waktu masa inkubasi 12 Minggu (3 bulan) (Marjayandari dan Shovitri, 2015).

Perbedaan hasil dari tiap uji biodegradasi plastik dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Artham and Doble (2008) menyatakan beberapa faktor dapat yang mempengaruhi biodegradasi polimer plastik antara lain yaitu jenis polimer, karakteristik mikroorganisme, dan jenis uji biodegradasi yang dilakukan. Sangale *et al.* (2012), menambahkan faktor lain yang mempengaruhi proses biodegradasi yaitu suhu. pH, kelembapan, struktur kimia plastik, dan ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme.

## 4.4 Integrasi dengan Ayat Al-Qur'an

Penanganan sampah plastik melalui proses biodegradasi dengan melibatkan bakteri adalah salah satu upaya membersihkan lingkungan, menangani pencemaran lingkungan dan mencegah kerusakan lingkungan. Pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dasarnya, Allah SWT menyukai sesuatu yang bersih dan kebersihan keimanan kepada Allah SWT. Sebagaimana dalam Hadist Riwayat Muslim No.382 sebagai berikut:

حَدَّثَنَا إِسْحَقُ بْنُ مَنْصُورٍ حَدَّثَنَا حَبَّانُ بْنُ هِلَالٍ حَدَّثَنَا أَبَانُ حَدَّثَنَا يَحْيَى أَنَّ زَيْدًا حَدَّثَهُ أَنَّ أَبَا سَلَّامٍ حَدَّثَهُ

عَنْ أَبِي مَالِكٍ الْأَشْعَرِيِّ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ الطُّهُورُ شَطْرُ الْإِيمَانِ وَالْحَمْدُ لِلَّهِ تَمْلَأُ الْمِيزَانَ

وَسُبْحَانَ اللَّهِ وَالْحَمْدُ لِلَّهِ تَمْلَآنِ أَوْ تَمْلَأُ مَا بَيْنَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَالصَّلَاةُ نُورٌ وَالصَّدَقَةُ بُرْهَانٌ وَالصَّبْرُ ضِيَاءٌ

وَالْقُرْآنُ حُجَّةٌ لَكَ أَوْ عَلَيْكَ كُلُّ النَّاسِ يَغْدُو فَبَايِعٌ نَفْسَهُ فَمُعْتِقُهَا أَوْ مُوبِقُهَا (رواه مسليم : ٣٢٨)

*Artinya: "Ishaq bin Manshur telah menceritakan kepada kami, Habban bin Hilal telah menceritakan kepada kami, Aban telah mencertikan kepada kami, Yahya telah menceritakan kepada kami, bahwa Zaid telah menceritakan kepada Yahya, bahwa Abu Sallam telah menceritakan kepada Zaid dari Abu Malik al-Asy'ari, dia berkata: Rasulullah s.a.w bersabda: "Kebersihan adalah sebagian dari iman, membaca alhamdulillah adalah memenuhi timbangan amal, membaca subhanallah wal hamdulillah adalah memenuhi seisi langit dan bumi, shalat adalah cahaya, sedekah adalah petunjuk, sabar adalah sinar, dan Al-Qur'an adalah hujjah untuk amal kebaikanmu dan hujjah atas amal kejelekanmu. Setiap manusia adalah berusaha, ada kalanya ia laba (selamat dari maksiat) dan ada kalanya rugi (terseret maksiat)*". (H.R. Muslim: 328).

Hadist diatas menjelaskan sabda Rasulullah SAW bahwa kebersihan adalah sebagian dari iman. Yang dimaksud ialah keimanan seseorang akan lebih lengkap apabila orang tersebut dapat menjaga kebersihan, sedangkan jika orang tersebut belum dapat menjaga kebersihan maka dapat dikatakan keimanannya belum sempurna. Ini menandakan bahwa kebersihan bagi umat islam merupakan suatu hal yang sangat penting untuk diterapkan dalam kehidupan. Dalam hadist ini juga dirangkai sabda Rasulullah SAW yang lainnya yaitu berdzikir dengan mengucap Alhamdulillah dapat memenuhi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

timbangan amal baik di hari kiamat kelak, berdzikir dengan mengucap Subhanallah Walhamdulillah akan mendapat pahala seisi langit dan bumi, shalat ialah cahaya bagi umat islam, shadaqoh merupakan pelita bagi umat islam, sabar adalah sinar bagi umat islam, dan Al-Qur'an merupakan pedoman bagi umat islam.

Rangkaian hadist tersebut secara tidak langsung menandakan bahwa menjaga kebersihan adalah anjuran yang sangat penting dan utama sebagaimana keutamaan dzikir, shalat, shadaqoh, dan sabar. Oleh karena itu setiap manusia harus berusaha untuk menjaga kebersihan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menjaga kebersihan lingkungan dan menanggani sampah plastik yang mencemari lingkungan dapat dilakukan melalui proses biodegradasi dengan memanfaatkan bakteri sehingga terbebas dari permasalahan sampah plastik dan lingkungan kembali dalam keadaan bersih.

Bakteri yang digunakan sebagai agen biodegradasi plastik memiliki bentuk yang sangat kecil dan tak kasat mata. Penciptaan bakteri dengan bentuk dan ukuran yang sangat kecil ini telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 26 yaitu sebagai berikut:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۖ وَأَمَّا

الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَٰذَا مَثَلًا ۘ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ (٢٦)

*Artinya: "Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, mereka tahu bahwa itu kebenaran dari Tuhan. Tetapi mereka yang kafir berkata, "Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?" Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang dibiarkan-Nya petunjuk. Tetapi tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu selain orang-orang fasik".*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan ayat diatas diketahui bahwa Allah SWT mempunyai kuasa untuk menciptakan langit, bumi, dan segala isinya di alam semesta ini dari berbagai ukuran baik besar ataupun kecil hingga diumpamakan seekor nyamuk atau lebih kecil dari nyamuk. Ayat diatas juga menjelaskan bahwa orang yang beriman ialah orang yang meyakini segala ciptaan Allah SWT dan segala manfaatnya bagi kehidupan manusia. Hal ini sebagaimana dalam penelitian ini dimana penciptaan Allah yang diumpamakan lebih kecil dari nyamuk termasuk pula didalamnya yaitu mikroorganisme. Ukuran yang sangat kecil yang dimiliki oleh mikroorganisme ini tidak menutup kemungkinan bahwa mikroorganisme tersebut memiliki banyak manfaat, salah satunya yaitu bakteri pendegradasi plastik yang dapat digunakan sebagai agen biodegradasi untuk menanggulangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik.

Ayat lain yang selaras mengenai penciptaan Allah SWT dengan berbagai ukuran tertentu juga termaktub dalam Al-Qur'an surat Al-Furqon ayat 2 yaitu sebagai berikut:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَّرَهُ تَقْدِيرًا (٢)

*Artinya: "Yang kepunyaan-Nyalah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan-Nya, dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya".*

Dalam Tafsir Al-Misbah, M. Quraish Shihab menyatakan bahwa Allah yang menurunkan al-Furqon, kerajaan langit dan bumi ialah milikNya sehingga wajar jika Allah mengutus Rasul dan memberi tuntunan. Allah SWT pula sang pemilik alam raya dan Dialah penguasa dan pengelola alam raya. Disamping itu, Allah juga tidak mempunyai keturunan yang melanjutkan kekuasaanNya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

serta tidak ada pula satu sekutu dalam kekuasaanNya sehingga tidak ada penguasa lain di alam raya ini. Allah SWT penguasa tunggal yang telah menciptakan segala sesuatu dan telah menetapkan masing-masing ciptaanNya dengan ukuran serapi-rapinya sehingga semua makhluk ciptaanNya berpotensi menjalankan tugas dan fungsinya masing-masing secara teratur dan sistematis

Ayat diatas berkorelasi dengan surat Al-Baqarah ayat 26 yang mana Allah SWT ialah sang Maha Pencipta langit dan bumi beserta seluruh isinya dan Allah juga telah menetapkan ciptaannya dengan ukuran sebaik mungkin. Penciptaan mikroorganisme dengan ukuran yang sangat kecil dan tak kasat mata merupakan salah satu bukti kekuasaanNya. Allah SWT dapat menciptakan segala sesuatu sesuai kehendakNya dan tidak ada seorang pun yang dapat menandingiNya. Dan sebagai orang yang beriman seharusnya kita mempercayai dan meyakini bahwa segala yang Allah ciptakan tidaklah sia-sia melainkan ada manfaatnya. Dengan mempercayai, meyakini, merenungkan dan melakukan kajian-kajian maka keyakinan kita akan kekuasaan Allah semakin besar, ilmu pengetahun kita akan semakin bertambah, dan kita pun dapat memanfaatkan ilmu pengetahuan tersebut. Karena pada dasarnya ilmu pengetahuan manusia sangatlah terbatas jika dibandingkan dengan ilmu Allah SWT yang Maha Luas.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

1. Bakteri pendegradasi plastik yang terisolasi dari TPA Jabon Sidoarjo didapatkan sebanyak 8 isolat yang termasuk dalam 5 genus meliputi *Alcaligenes*, *Actinobacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, dan *Neisseria*.
2. Isolat bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi tertinggi yaitu isolat P2B2 (genus *Pseudomonas*) dengan presentase kehilangan berat plastik sebesar 3.87% dan besar regangan plastik sebesar 0.005, sedangkan isolat yang mempunyai kemampuan mendegradasi terendah yaitu isolat P1B1 (genus *Alcaligenes*) dengan presentase kehilangan berat plastik sebesar 0.8% dan tidak terjadi perubahan regangan. Uji statistika menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi plastik polietilena.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara molekuler menggunakan penanda 16s rRNA untuk mengetahui isolat bakteri pendegradasi plastik dari TPA Jabon Sidoarjo hingga tingkat spesies.
2. Dapat dilakukan pengukuran OD (*Optical Density*) media dan biofilm setelah masa inkubasi untuk mengetahui pertumbuhan isolat bakteri.
3. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai enzim yang berperan dalam proses biodegradasi plastik polietilena.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## DAFTAR PUSTAKA


Ainiyah, D.N., dan M. Shovitri. 2014. Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom Winogradsky. *J. Sains dan Seni Pomits*. 3(2): E63–E66.

Akyuni, D. 2003. Pemanfaatan Pati Sagu (*Metroxylon sp.*) untuk Pembuatan Sirup Glukosa Menggunakan α-Amilase dan Amiloglukosidase. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.

Alex, S. 2011. New Perspectives in Plastic Biodegradation. *J. Curr. Opin. Biotechnol*. 22: 422–426.

Amaliya, C.F. 2019. Uji Biodegradasi dan Identifikasi Jamur Pendegradasi Plastik LDPE secara Genotip Menggunakan Gen ITS rDNA. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Artham, T., and M. Doble. 2008. Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Polycarbonates. *Macromol Symp*. 115: 63–143.

Artham, T., and M. Doble. 2008. Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Polycarbonates. *Macromol Biosci*. 8: 14–24.

Aryal, S. 2018a. *Methyl Red (MR) Test-Principle, Procedure and Result Interpretation*. Diakses pada 15 Januari 2020. <https://microbioloyinfo.com>.

Aryal, S. 2018b. *Citrate Utilization Test-Principle, Procedure and Result Interpretation*. Diakses pada 15 Januari 2020. <https://microbioloyinfo.com>.

Aryal, S. 2018c. *Urease Test-Principle, Media, Procedure and Result Interpretation*. Diakses pada 15 Januari 2020. <https://microbioloyinfo.com>.

Asia Baru Packaging. 2016. *Mengenal Plastik HDPE*. Diakeses pada 3 Mei 2019 Pukul 06.22 WIB. <http://www.asiabaru.com>.

Badriyah, L., dan M. Shovitri. 2015. Biodegradasi Plastik Putih dalam Kolom Winogradsky. *J. Sains dan Seni ITS*. 4(2): E50–E54.

Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R.C., and M. Barlaz. 2009. Accumulation and Fragmentation of Plastics Debris in Global Environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 364: 1985–1998.

Barrow, G.I., and R.K.A Feltham. 1993. *Cowan and Steel's Manual for Identification of Medical Bacteria*. 3rd ed. Cambridge University Press, Cambrige.




digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Begum, M.A., Varalakshmi, B., and K. Umamagheswari. 2015. Biodegradation of Polythene Bag using Bacteria Isolated from Soil. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*. 4(11): 674–680.

Bhatia, M., Girdhar, A., Tiwari, A., and A. Nayarisseri. 2014. Implications of a Novel *Pseudomonas* Species on Low Density Polyethylene Biodegradation: an in Vitro to in Silico Approach. *Springerplus.* 3: 497.

Bikiaris, D.N., Papageorgiou, G.Z., and D.S Achilias. 2006. Synthesis and Comparative Biodegradability Studies of Three Poly (Alkaline Succinate)s. *Polym. Degrad. Stab.* 91(1): 31–43.

Billmeyer and J. Fred. 1971. *Text Book of Polymer Science.* Jhon Wiley & Son Inc, New York.

Billmeyer, W.F. 1994. *Texbook of Polymer Science*. 3rd ed. Jhon Wiley & Son Inc, New York.

BPS. 2019. *Satu Data untuk Pembangunan Kabupaten Sidoarjo*. Diakses pada 4 Juli 2019 Pukul 14.00 WIB. <http:www.dataku.sidoarjokab.go.id>.

Breed, R.S., Murray, E.G.D., and R.S. Nathan. 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 7th ed.* The Williams & Wilkins Company, USA.

Brenner, D.J., Krieg, N.R., and J.T. Staley. 1925. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2nd ed. Department of Microbiology and Molecular Genetics Michigan State University, USA.

Buchanan, R.E., and N.E. Gibbons. 2003. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. The William & Wilkins Company Baltimore, USA.

Chiellini, E., Corti, A., and S. D'antone. 2007. Oxobiodegradable Full Carbon Backbone Polymers Biodegradation Behaviour of Thermally Oxidized Polyethylene in Aqueous Medium. *Polym. Degrad. Stab.* 92: 1378–1383.

Contat-Rodrigo, I., and R. Greus. 2002. Biodegradation Studies on LDPE filled with Biodegradable Additives: Morphological Changes. *J Appl Polym Sci*.

83: 1683–1691.

Cowan, S.T. 2004. *Manual of The Identification of Medical Fungi.* Cambridge University Press, London.

Das, M.P., and S. Kumar. 2013. Influence of Cell Surface Hydrophobicity in Colonization and Biofilm Formation on LDPE Biodegradation. *J. Pharm. Pharm. Sci.* 5: 690–694.

Davidson, A. 1970. *Handbook of Precision Engineering.* Mc. Graw Hill Book Co. Great Britain, New York.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Deacon, J. 2005. *The Microbial World. Winogradsky Column: Perpetual Life in a Tube.* Institute of Cell and Molecular Biology University of Edinburgh, UK.

Debruyn, J., Sreejata, B., Haye, D., Inglish, D., and C. Miles. 2015. Performance and Adoptability Biodegradable Mulch. Diakses pada 28 Maret 2019 Pukul 11.45 WIB. <http://www.biodegradablemulch.org>.

Devi, R.S., Ramya, R., Kannan, K., Antony, A.R., and V.R. Kannan. 2019. Investigation of Biodegradation Potentials of High Density Polyethylene Degrading Marine Bacteria Isolated from The Coastal Regions of Tamil Nadu India. *Mar. Pollut. Bull*. 138: 549–560.

Dias, M.O.S., and C.E.V. Maciel Rossell. 2007. Efecient Colling of Fermentationin Ethanol Production. *Sugar J.* 70: 11–17.

Dwijoseputro. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi.* Djambatan, Jakarta.

Entjang, I. 2003. *Mikrobiologi dan Parasitologi.* PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.

Eskander, S.B., and H.M. Saleh. 2017. Biodegradation: Process Mechanism. *Env. Sci Engg*. 8: 1–31.

Fadlilah, F.R., And M. Shovitri. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *J. Tek. Pomits*. 3(2): E40–E43.

Fathiras, N. 2011. Analisis Pengeloaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir Pasir Sembung Kabupaen Cianjur (Aplikasi Model IPAT). *Skripsi*. Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB, Bogor.

Forbes, B.A., Sahm, D.F., and A.S. Weissfeld. 2007. *Bailey & Scoot's Diagnostic Microbiology*. 12th ed. Mosby, Inc., St. Louis, Mo.

Forbes, S., and Weissfeld. 2007. *Bailey & Scoot's Diagnostic Microbiology*. Mosby, Inc., St. Louis, Mo.

Gajendiran, A., Krishnamoorty, S., and J. Abraham. 2016. Microbial Degradation of Low Density Polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* Strain Jask1 Isolated from Landfill Soil. *Biotech*. 6(52): 1–6.

Gaol, M.L., and I.D.A.A. Warmadewanthi. 2017. Prediksi Dampak Lingkugan Pengelolaan Sampah di TPA Jabon Kabupaten Sidoarjo. *J. Tek. ITS*. 6(2): F462–F467.

Glass, J.E., and G. Swift. 1989. Agricultural and Synthetic Polymers, Biodegradation and Utilization. *Acs Symposium Series 433*. American Chemical Society, Washington DC.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gnanavel. 2014. *Degradation of Polyetilane in The Natural Environment*. Coimbatore Institute of Tecnhnology, Tamil Nadu.

Google Earth. 2019. *Peta Lokasi TPA Griyomulyo, Jabon Sidoarjo 7o32'57"S 112o45'49"E 1,05 KM. Peta 2D*. Diakses pada 15 Juni 2019 Pukul 23.18 WIB. <http://www.google.com/earth/index.html>.

Gowariker, V.R., Viswanathan, N.V. and Shreedhar. 2005. *J. Polymer Science*. New Age International, New Delhi.

Gu, J.D., Ford, T.E., Mitton, D.B., and R. Mitchell. 2000. *Microbial Degradation and Deterioration of Polymeric Material*. John Wiley & Sons, New York.

Gultom, E.S., Nasution, M.Y., and A. Ayu. 2017. Seleksi Bakteri Pendegradasi Plastik dari Tanah. *J. Gener. Kampus*. 10(2): 169–179.

Hadad, D., Geresh, S., and A. Sivan. 2005. Biodegradation of Polyethylene by The Thermophilic Bacterium *Brevibacillus borstelensis*. *J. Appl. Microbiol*. 98: 1093–1100.

Hadi, S.N. 2003. *Anti Sampah Plastik: Ancaman Polimer Sintetik bagi Kehidupan Manusia*. Program Pasca Sarjana Departemen Biokima IPB, Bogor.

Hafsan, S.E. 2014. *Penuntun Praktikum Mikrobiologi Dasar.* Universitas Alaudin Press, Makassar.

Hakiki, R.N. 2016. Identifikasi Bakteri pada Tempat-Tempat Penampungan Air Habitat Nyamuk *Aedes aegypti*. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.

Health Protection Agency. 2010. Oxidation/Fermentation of Glucose Test. Natl. *Stand. Method Bsop Tp*. 27: 1–10.

Hidayat, T.R., I, and T. Herlina. 2019. Morphological Structure of Polystyrene Degradated by Soil Bacteria from Sarimukti Final Landfill Cipatat Bandung. *Int. J. Sci. Soc*. 1(3): 146–154.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., and William, S.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th ed. Williams And Wilkins, Baltimore.

Husssein, A.A., Al-Mayaly, I.K., and S.H. Khuideir. 2015. Isolation, Screening and Identification of Low Density Polyethylene (LDPE) Degrading Bacteria from Contaminated Soil with Plastic Wastes. *Mesop. Environ. J.* 1(4): 1–14.

ICN. 2010. *Pertumbuhan Industri Poyethylene Belum Optimal.* Diakses pada 20 April 2019 Pukul 20.19 WIB. <www.datacon.co.id>.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., and K.L. Law. 2015. Plastic Waste Inputs from Land into The Ocean. *Science*. 347(6223): 768–771.

Joutey, N.T., Bahafid, W., Sayel, H., and El Ghachtouli. 2014. *Biodegradation: Involved Microorganisms and Genetically Engineered Microorganism*. Intech, Maroko.

Jutono, J., Soedarsono, S., Hartadi, S., Kabirun, S., and D. Suhadi. 1980. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum*. Departemen Mikrobiologi, Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.

Kathiresan, K. 2003. Polythene and Plastics-Degrading Microbes from The Mangrove Soil. *Rev Biol Trop*. 51(2): 629–634.

Koswara, S. 2006. *Bahaya Dibalik Kemasan Plastik*. Diakses pada 27 Maret 2019 WIB.<www.ebokpangan.com>.

Krueger, M.C., Harms, H., and D. Schlosser. 2015. Prospects for Microbiological Solutions to Environmental Pollution with Plastics. *Appl Env. Micro*. 99: 8857–8874.

Kumar, S., Teotia, U.V.S., and Y. Singh. 2017. Screening of Poly Vinyl Chloride Degrading Bacteria from Plastic Contaminated Area of Baddi. *J. Appl. Pharm. Res.* 5(3): 34–37.

Kyaw, B.M., Champakalakshmi, R., Sakharkar, M.K., Lim, C.S., and K.R. Sakharkar. 2012. Biodegradation of Low Density Polythene (LDPE) by *Pseudomonas* Species. *Indian J Microbiol*. 52(3): 411–419.

Lay, B. W. 1994. *Analisis Mikrobiologi dan Laboratorium*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Leja, K., and G. Lewandowics. 2010. Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers. *Pol. J Env. Stud*. 19(2): 255–266.

Lucas, N., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F., and J.E. Nava-Saucedo. 2008. Polymer Biodegradation: Mechanisms and Estimation Techniques : Review. *Chemosphere*. 73: 429–442.

Macfaddin, J.F. 2000. *Catalase-Peroxidase Test. Biochemical Test for Identification of Medical Bacteria*. 3rd ed. Lippincott Williams And Wilkins, Philadelphia.

Macfaddin, J.F. 1980. *Biochemical of Test for Identification of Medical Bacteria*. 2nd ed. Wiliams & Wilkins, Baltimore.

Madigan, M.T., Martinko, J., and J. Parker. 2012. *Brock Biology of Microorganism.* 13th ed. Benjamin Cummings, San Fransisco.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Madigan, M.T., Martinko, J., and J. Parker. 2008. *Brock Biology of Microorganism*. 11th ed. Pearson Education, San Fransisco.

Marbawati, D., and H. Ismanto. 2010. Teknik Isolasi – Identifikasi *Yersinia pestis* sebagai Penyebab Penyakit Pes. *Balaba.* 6(2): 17–19.

Marjayandari, L., dan M. Shovitri. 2015. Potensi Bakteri *Bacillus sp*. dalam Mendegradasi Plastik. *J. Sains dan Seni ITS.* 4(2): E59–E62.

Martinko, M.T., Parker, and J. Brock. 2000. *Biology of Microorganisms.* 9th ed. Prentice-Hall, New York.

Miyamoto, Kenji, Yoshida, S., Kohei Oda, E., and E.Y. Kimura. 2016. *Discovery of a Bacterium That Degrades and Assimilates Poly(Ethylene Terephthalate) Could Serve as a Degradation and/or Fermentation Platform for Biological Recycling of Pet Waste Products*. Kyoto Institute of Technology, Jepang.

Muhanjo, C.N., Makonde, H., Magoma, G., and M. Imbuga. 2018. Biodegradability of Polyethylene by Bacteriaand Fungi from Dandora Dumpsite Nairobi Kenya. *Plos One*. 13(7): 1–17.

Munir, E., Sipayung, F.C., Priyani, N., and Suryanto. 2018. Potential of Bacteria Isolated from Landfill Soil in Degrading Low Density Polyethylene Plastic. *Earth Environ. Sci.* 126: 1–8.

Murti, A.N.S. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Hitam dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sampah Bakung Kota Bandar Lampung dengan Teknik Konvensional. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung, Lampung.

Nandi. 2005. Kajian Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Leuwigajah dalam Konteks Tata Ruang. *J. Gea Pendidik. Geogr.* 5(9): 1–7.

Nurminah, M. 2002. Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.

Automatic citation updates are disabled. To see the bibliography, click Refresh in the Zotero tab.Ohtake, Y., Kobayashi, T., Asabe, H., and N. Murakami. 1998. Studies on Biodegradation of LDPE Observation of LDPE Films Scattered in Agricultural Felds or in Garden Soil. *Polym Degrad Stab*. 60: 79–84.

Pangestu, N.S., Budiharjo, A., dan Mg.I. Rukmi. 2016. Isolasi, Identifikasi 16s rRNA dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilen (PE). *J. Biol.* 5(1): 24–29.

Pelczar, M.J., and E.C.S. Chan. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I*. UI Press, Jakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pradan, P. 2014. Voges Proskauer Test (VP Test): Principle, Procedure, Interpretation and Quality Control. Diakses pada 15 Januari 2020. <https://microbesinfo.com>.

Purwaningrum, P., 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *JTL*. 8(2): 141–147.

Putra, H.P., dan Y. Yuriandala. 2010. Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *J. Sains dan Teknol. Lingkung*. 2(1): 21–31.

Rachmawati, Rosalia G. 2007. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit dalam Batang Tanaman *Artemisia annua* L. yang Diuji Potensi Antibakterinya terhadap *Bacillus subtilis* dan *Salmonella thyphi*. *Skripsi*. Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

Riandi, M.I., Kawuri, R., dan S.K. Sudirga. 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). *J. Simbiosis V*. (2): 58–63.

Sangale, M.K., Shahnawaz, M., and A.B. Ade. 2012. A Review on Biodegradation of Polythene: The Microbial Approach. *J. Bioremediation Biodegrad.* 3: 164.

Saputra, A.F.B., dan M. Mirwan. 2018. Evaluasi Pencemaran Lindi pada Air Sumur Sekitar TPA Jabon Sidoarjo. *J. Envirotek*. 10(2): 55–59.

Sari, A.M.N. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Hitam dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sampah Bakung Kota Bandar Lampung dengan Teknik Konvensional. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung, Lampung.

Sharma, A., and Amitab, S. 2004. Degradation Assement of Low Density Polyehilene (LDP) and Polyethene (PP) by an Indigenous Isolate of *Pseudomonas stutzeri*. *J Sc Ind Res India*. 63: 293–296.

Singh, G., Singh, A.K., and K. Bhatt. 2016. Biodegradation of Polythenes by Bacteria Isolated from Soil. *Int. J. Res. Dev. Pharm. Life Sci*. 5(2): 2056–2062.

Sriningsih, A., dan M. Shovitri. 2015. Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sebagai Pendegradasi Plastik. *J. Sains dan Seni ITS*. 4(2): E67–E70.

Sularmo, Bukhori, H., Jaya, T.B.S., dan Tugiyono. 2010. Dampak Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Bakung terhadap Kualitas Air Sumur, Sosial Ekonomi dan Kesehatan Masyarakat Keteguhan Bandar Lampung. *Ruwa Jurai*. 6: 68.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sulistyosari, I. 2018. *Mengenal Logo Plastik.* Diakses pada 3 Mei Pukul 05.42 WIB. <https://greatedu.co.id>.

Suprihatin, A., Prihanto, D., and M. Gelbert. 1996. *Pengelolaan Sampah*. PPPGT / VEDC, Malang.

Suriani, S., Soemarno, dan Suharjono. 2013. Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju Pertumbuhan 5 Isolat Bakteri Anggota Genus *Pseudomonas* yang Diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di Sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *J Pal.* 3(2): 59–60.

Sutedjo, M.M. 1996. *Mikrobiologi Tanah*. PT Rineka Cipta, Jakarta.

Syam, F. 2017. Upaya Biodegradasi Limbah Plastik Berwarna (Gelombang Pendek) dengan Penambahan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus thuringiensis*. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin, Makassar.

Syarief, R., Santausa, R., dan Isyana, 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Pau Pangan dan Gizi IPB, Bogor.

Tankeshwar. 2014. Methyl Red (MR) Test: Principle, Procedure and Result. Diakses pada 15 Januari 2020. <https://microbeonline.com>.

Tauran, P.M., Handayani, I., dan N. Sennang. 2013. Identifikasi Bakteri Aerob Gram Negatif dan Gram Positif Menggunakan Metode Konvensional dan Otomatik. *Indones. J. Clin. Pathol. Med. Lab*. 19(2): 105–111.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., and S.A. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues.* MCGraw Hill International Editions, New York.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Biro Hukum dan Humas Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.

Underkofler, L.A., Barton, R.R., and S.S. Rennert. 1958. Production of Microbial Enzymes and Their Applications. *Microb. Process Rep*. 6: 212–221.

United Kingdom Standart for Microbiology Investigations. 2015. *Identification of Pseudomonas Spesies and Other Non-Glucose Fermenter.* Public Health England, United Kingdom.

Usha, R., Sangeetha, T., and M. Palaniswamy. 2011. Screening of Polyethylene Degrading Microorganisms from Garbage Soil. *Libyan Agric. Res. Cent. J. Int*. 2(4): 200–204.

Wahida, M. 2015. Identifikasi Bakteri Rongga Mulut pada Basis Akrilik Full Denture Berdasarkan Bentuk dan Pewarnaan Gram di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Jember. *Skripsi*. Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Jember.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Wanatabe, M., Kawai, F., Shibata, M., Yokoyama, S., and Y. Sudate. 2003. Computational Method for Analysis of Polyethylene Biodegradation. *J Comput Appl Math*. 161: 133–144.

Zhang, Z.Z., Xue, Q.J., Liu, W.M., and W.C. Shen. 1997. Tribological Properties of Metal-Plastic Multilayer Composites Under Oil Lubricated Conditions. *Wear*. 210: 195–203.

Zusfahair, Lestari, P., Ningsih, D.R., dan S. Widyaningsih. 2007. Biodegradasi Polietilena Menggunakan Bakteri dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Gunung Tugel Kabupaten Banyumas. *Molekul.* 2(2): 98–106.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id