

**BIODEGRADASI POLIETILEN OLEH BAKTERI HASIL ISOLASI  
DARI BEBERAPA LOKASI DI KOTA MAKASSAR**

**OLEH:**

**MUH. SYAHDAN ASKA**

**H41116011**



**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**BIODEGRADASI POLIETILEN OLEH BAKTERI HASIL ISOLASI DARI  
BEBERAPA LOKASI DI KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**MUH. SYAHDAN ASKA**

**H411 16 011**

**DEPARTEMEN BIOLOGI**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**BIODEGRADASI POLIETILEN OLEH BAKTERI HASIL ISOLASI  
DARI BEBERAPA LOKASI DI KOTA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUHAMMAD SYAHDAN ASKA  
H411 16 011**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Nur Haedar, M.Si.  
NIP. 19680129 1997022 001

Pembimbing Pertama

Dr. Fahrudin, M.Si.  
NIP. 19650915 199103 1 002

Ketua Program Studi



Dr. Nur Haedar, M.Si.  
NIP. 19680129 1997022 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Syahdan Aska  
Nim : H41116011  
Program studi : Biologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya berjudul

### **Biodegradasi Polietilen oleh Bakteri Hasil Isolasi dari Beberapa Lokasi di kota Makassar**

Adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 24 Februari 2021

Yang Menyatakan



METERAI  
TEMPEL  
3E233AJX050566581

Muh. Syahdan Aska

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas Kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Biodegradasi Polietilen oleh Bakteri Hasil Isolasi dari Beberapa Lokasi di Kota Makassar”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama proses perwujudan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan doa yang tulus untuk penulis. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang dengan penuh suka cita memberikan semangat, motivasi, dan bantuan selama proses pencapaian gelar sarjana. Oleh sebab itu dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada keluarga terkhusus kepada kedua orang tua, Ayahanda Lakase Hasan dan Ibunda Gusti. Terima kasih atas dukungan yang telah diberikan kepada penulis baik moril maupun materil. Terima kasih untuk segala kasih sayang, dan pengertian yang diberikan kepada penulis. Terima kasih karena selalu menjadi motivasi dan alasan utama penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini, semoga ini bisa membuat Ayahanda dan Ibunda bahagia dan bangga. Kepada Tante Darmi yang telah mendukung, menjaga serta menjadi penyemangat bagi penulis, terima kasih telah menjadi salah satu bagian dari hidup penulis. Selain itu kepada adik-adik penulis Waddasiah, Laila Syawalia, Muh. Ardan Yusuf, dan Mitslia Nurul Hawa, yang telah memberi semangat serta dukungan untuk penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si. selaku pembimbing utama dan bapak Dr. Fahrudin, M.Si. selaku pembimbing pertama. Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bimbingan dan arahnya berupa kritik dan saran yang membangun dan memotivasi yang telah diberikan selama penulis melaksanakan penyusunan proposal, penelitian, hingga ke tahap penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah meluangkan waktu untuk terus memberi bimbingan dan arahan demi arahan yang sangat membantu hingga selesainya skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA. selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta staf.
- Bapak Dr. Eng Amiruddin, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf yang telah membantu penulis dalam hal akademik dan administrasi.
- Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si. selaku Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf yang telah banyak membantu penulis baik dalam menyelesaikan administrasi selama ini.
- Bapak Dr. Edy Soekandarsih, M.Sc. selaku Penasehat Akademik, terima kasih atas segala saran dan ilmunya.
- Ibu Dr. Elis Tambaru, M. Si. dan Bapak Dr. Edy Soekandarsih, M.Sc selaku penguji, terima kasih atas segala saran dan masukan untuk penulis.
- Kepada seluruh dosen Departemen Biologi yang telah membimbing dan memberikan ilmunya dengan tulus dan sabar kepada penulis selama proses perkuliahan.
- Kepada Fuad Gani S.Si. yang telah bersedia menjadi mentor bagi penulis

serta membantu, membimbing, dan memberi arahan kepada penulis dalam mengerjakan penelitian baik berupa ilmu, kritik, saran yang sangat berharga bagi penulis. Terimakasih untuk dorongan, kesabaran serta kebaikan hatinya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih pula karena telah memberi ilmu serta pengalaman yang sangat banyak bagi penulis dalam bekerja di laboratorium mikrobiologi.

- Kepada Nenis Sardiani S.Si. karena telah memberi dukungan kepada penulis dan bersabar menghadapi sikap penulis, terima kasih karena telah menjadi kakak yang baik sekaligus cerewet bagi penulis.
- Kepada Nur Qalby S.Si. karena telah bersabar serta berbaik hati membantu peneliti dalam melaksanakan penelitian yang dilakukan oleh penulis.
- Kepada Heriadi S.Si, M.Si. karena sering memberi saran dan masukan pada penulis dalam menulis skripsi ini.
- Kepada teman-teman seperjuangan Biologi angkatan 2016 terima kasih atas pengalaman organisasi yang tercipta, kebersamaan, canda tawa, dukungan, motivasi, serta bantuan yang tidak dapat penulis jabarkan satu persatu.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah mendukung penulis hingga saat ini, semoga skripsi ini dapat membantu dan menambah wawasan bagi pembaca mengenai objek kajian yang diangkat oleh penulis.

Makassar, 24 Februari 2021

Penulis

## ABSTRAK

Plastik polietilen merupakan jenis plastik yang menjadi salah satu bahan pencemar di lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi tingkat pencemaran sampah plastik polietilen adalah biodegradasi dengan bantuan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri yang mampu mendegradasi polietilen serta mengetahui efektifitas isolat bakteri tersebut dalam mendegradasi plastik polietilen. Isolat bakteri diisolasi dari beberapa lokasi yang telah tercemar oleh sampah plastik polietilen di kota Makassar. Proses isolasi dilakukan dengan menggunakan media MSM yang ditambahkan polietilen sebanyak 1% dan proses degradasi plastik menggunakan media MSM yang ditambahkan plastik LDPE. Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh delapan isolat bakteri yang mampu mendegradasi polietilen yaitu 2 isolat yang berasal dari tempat pembuangan sampah di belakang masjid Al-Markas Al Islami, 3 isolat yang berasal dari TPS Batua Raya dan 3 isolat yang berasal dari TPS Dg. Ngunjung. Berdasarkan hasil seleksi diperoleh dua isolat yang mampu mendegradasi plastik LDPE yaitu isolat MsA1 dengan nilai pengurangan persentasi berat plastik LDPE sebesar 0,57% dan isolat MsN3 sebesar 0,30% selama 24 hari.

**Kata kunci:** Polietilen, LDPE, Isolasi, Seleksi, Biodegradasi.

## **ABSTRACT**

Polyethylene plastic is a type of plastic that is one of the pollutants in the environment. One method that can be used to reduce the level of pollution of polyethylene plastic waste is biodegradation by used microorganisms. This study aims to obtain bacterial isolates that can degrade polyethylene and to determine the effectiveness of these bacterial isolates in degrading polyethylene plastic. Bacterial isolates were isolated from several locations contaminated by polyethylene plastic waste in Makassar city. The isolation process was carried out using MSM media added with 1% polyethylene and the plastic degradation process using MSM media with added LDPE plastic. The results of this study were that eight bacterial isolates were able to degrade polyethylene, namely 2 isolates from the landfill behind the Al-Markas Al-Islami mosque, 3 isolates from the Batua Raya landfill, and 3 isolates from the Dg. Ngunjung Landfill. Based on the selection results, two isolates were able to degrade LDPE plastic, namely the MsA1 isolate with a reduction in weight percentage of LDPE plastic by 0.57% and MsN3 isolate by 0.30% for 24 days.

**Keywords:** Polyethylene, LDPE, Isolation, Selection, Biodegradation.

## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian .....	3
I.3 Manfaat Penelitian .....	3
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
II.1 Plastik .....	5
II.2 Jenis-Jenis Plastik.....	6
II.3 Polietilen.....	8
II.4 Bahaya Pencemaran Plastik Polietilen dan Pencegahannya .....	10
II.5 Biodegradasi Plastik oleh Bakteri .....	13
BAB III .....	17
METODOLOGI PENELITIAN.....	17
III.1 Alat.....	17
III.2 Bahan.....	17
III.3 Metode Kerja.....	17
III.3.1 Pengambilan Sampel.....	17
III.3.2 Sterilisasi Alat .....	17

III.3.3 Pembuatan Medium .....	18
III.3.4 Isolasi Bakteri Pendegradasi Polietilen.....	19
III.3.5 Seleksi Bakteri pada Media Padat.....	19
III.3.6 Pembuatan <i>Stock</i> Bakteri.....	19
III.3.7 Seleksi Bakteri Pendegradasi Polietilen pada Media Cair .....	20
III.3.8 Uji Biodegradasi Plastik LDPE (Low Density Polietilen) secara In - vitro .....	20
III.3.9 Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Polietilen .....	21
III.3.10 Analisis Data .....	23
BAB IV .....	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
IV.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	24
IV.2 Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Polietilen .....	25
IV.2.1 Isolasi Bakteri Pendegradasi Polietilen.....	25
IV.2.2 Seleksi Bakteri Pendegradasi Polietilen pada Media Padat.....	26
IV.2.3 Seleksi bakteri pendegradasi polietilen pada Media Cair .....	27
IV.3 Uji Biodegradasi Plastik LDPE Secara In vitro .....	28
IV.3.1 Pertumbuhan Bakteri Pendegradasi Plastik LDPE .....	29
IV.3.2 Pengukuran Persentasi Berat Plastik LDPE.....	31
IV.4 Uji Karakterisasi Bakteri.....	33
IV.4.1 Pengamatan Morfologi .....	33
IV.4.2 Uji Biokimia .....	36
BAB V.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
V.1 Kesimpulan .....	40
V.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Klasifikasi plastik berdasarkan struktur kimianya .....	7
2. Struktur kimia polietilen.....	9
3. Mekanisme biodegradasi plastik .....	14
4. Lokasi pengambilan sampel tanah yang terkontaminasi sampah plastik .....	24
5. Isolat bakteri hasil seleksi pada media padat.....	27
6. Grafik pertumbuhan bakteri pendegradasi polietilen dengan metode in vitro .. .....	29
7. Hasil persentasi kehilangan berat plastik LDPE .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil isolasi bakteri pendegradasi polietilen.....	26
2. Hasil seleksi isolat bakteri pendegradasi polietilen pada media cair.....	28
3. Hasil pengamatan morfologi koloni dan sel.....	34
4. Hasil uji biokimia .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Secara Umum Isolasi dan Biodegradasi Polietilen oleh Bakteri .....	46
2. Skema Kerja Isolasi Bakteri Pendegradasi Polietilen .....	47
3. Skema Kerja Seleksi Bakteri Pendegradasi Polietilen .....	48
4. Skema Kerja Biodegradasi Plastik Polietilen.....	49
5. Gambar Hasil Isolasi Bakteri Pendegradasi Polietilen .....	50
6. Gambar Hasil Seleksi Isolat Bakteri Pendegradasi Polietilen Pada Media Cair .....	51
7. Gambar Hasil Uji Biodegradasi Secara In vitro.....	52
8. Gambar Hasil Pengamatan Morofologi Koloni .....	53
9. Gambar Hasil Pengamatan Morofologi Sel .....	54
10. Gambar Hasil Uji Sitrat .....	55
11. Gambar Hasil Uji TSIA .....	55
12. Gambar Hasil Uji SIM .....	56
13. Gambar Hasil Uji Katalase .....	56
14. Gambar Penyiapan Plastik LDPE .....	57
15. Lampiran Data Pertumbuhan Bakteri Pendegradasi Polietilen.....	58
16. Lampiran Data Jumlah Persentasi Kehilangan Berat Plastik LDPE.....	58

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Sampah plastik merupakan jenis sampah yang menjadi perhatian saat ini, menurut McArthur (2016), jumlah sampah plastik dunia pada tahun 2014 telah mencapai 311 juta ton, dan diperkirakan 20 tahun kedepan jumlah sampah plastik akan meningkat dua kali lipat. Berdasarkan data dari Jambeck *et al.*, (2015) negara yang menjadi penyumbang sampah plastik terbesar di dunia setelah Cina adalah Indonesia. Jumlah sampah yang dihasilkan oleh Indonesia cukup besar jika ditinjau dari data yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2016 dimana negara Indonesia menghasilkan 9,85 miliar lembar sampah plastik tiap tahunnya.

Plastik merupakan benda yang tersusun dari polimer-polimer yang kompleks, hal ini mengakibatkan sulitnya sampah plastik untuk didegradasi (Riandi, 2017). Dampak negatif yang ditimbulkan sampah plastik terhadap ekosistem salah satunya adalah pencemaran laut, menurut Rochman, *et al* (2015), ikan yang hidup di laut telah terpapar oleh limbah plastik dalam ukuran mikro, jika ikan tersebut dikonsumsi maka partikel mikro plastik dapat masuk ke tubuh manusia dan mengganggu kesehatan (Smith *et al.* 2018).

Dalam menekan jumlah sampah plastik di Indonesia, pemerintah telah melakukan beberapa tindakan diantaranya adalah penerapan pajak dan cukai sebagai alat yang digunakan oleh pemerintah untuk mengontrol produk-produk yang menggunakan bahan plastik, semakin kompleks bahan plastik yang digunakan untuk membuat suatu produk maka nilai pajak dan cukai yang harus

ditanggung oleh produsen barang tersebut juga semakin tinggi (Kurnia, 2019). Selain itu, pada tahun 2016 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengeluarkan surat edaran s.1230/PSLB3-PS/2016, dalam surat tersebut pemerintah membuat kesepakatan bersama dengan beberapa lembaga untuk menetapkan harga persatuan kantong plastik dan menghimbau kepada pedagang ritel untuk tidak memberi kantong plastik secara cuma-cuma kepada konsumen dengan begitu pemerintah berharap penggunaan plastik dapat ditekan untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Tujuan pemerintah membuat dan menetapkan kebijakan mengenai penggunaan bahan plastik sejatinya dapat mengontrol jumlah pencemaran sampah plastik di lingkungan, namun nyatanya jumlah sampah plastik tetap meningkat seiring waktu. Hal ini mengakibatkan perlunya dilakukan penelitian untuk mencari solusi lain dalam menyelesaikan permasalahan plastik khususnya polietilen. Polietilen merupakan salah satu jenis plastik yang banyak dijumpai sebagai bahan penyusun kantong plastik yang saat ini beredar di masyarakat. Plastik polietilen banyak digunakan karena memiliki sifat yang kuat dan harganya yang murah, hal tersebut mengakibatkan jumlah pemakaian plastik polietilen cukup besar sehingga jumlah sampah yang dihasilkan juga besar.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu dalam mengurangi jumlah limbah plastik khususnya polietilen adalah biodegradasi, Ahmed *et al* (2017) memaparkan bahwa biodegradasi merupakan proses penghancuran atau perusakan suatu material yang membutuhkan bantuan mikroorganisme, metode biodegradasi dinilai lebih ramah lingkungan karena menggunakan agen biologis dalam prosesnya sehingga tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi alam. Prinsip utama dalam pengelolaan sampah

dengan metode biodegradasi adalah pemecahan senyawa polutan yang bersifat alami dengan mengubah bahan polutan tersebut menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai agen biodegradator (Eskander dan Hosa, 2017). Senyawa polutan tersebut bereaksi dengan enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri selama proses biodegradasi berlangsung. Enzim tersebut memutus ikatan polimer plastik dan mengubah polimer plastik menjadi monomer-monomer sederhana sehingga mempermudah bakteri dalam memanfaatkan plastik sebagai sumber nutrisi utama (Fesseha and Fasil, 2019).

Masalah utama yang menjadi perhatian bagi metode biodegradasi adalah diperlukannya mikroorganisme yang unggul dan memiliki potensi yang besar dalam mendegradasi plastik khususnya polietilen. Langkah awal yang harus dilakukan dalam menemukan mikroorganisme khususnya bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai agen biodegradasi polietilen yang efektif guna membantu menekan jumlah sampah plastik yang mencemari lingkungan adalah penelitian. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai biodegradasi polietilen oleh bakteri hasil isolasi dari beberapa lokasi di Makassar.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh isolat bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi plastik polietilen dari beberapa lokasi di Kota Makassar.
2. Menguji efektifitas isolat bakteri dalam mendegradasi plastik polietilen.

## **I.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini untuk memperoleh isolat bakteri yang mampu mendegradasi plastik polietilen secara *in vitro* serta memberi informasi tentang bahaya dan penanggulangan sampah plastik.

#### **I.4 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Januari 2020 sampai bulan Desember 2020.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Plastik**

Plastik merupakan material sintetis yang tergolong dalam golongan polimer kompleks (Riandi, 2017). Hal tersebut mengakibatkan plastik menjadi material yang mudah dibentuk, elastis, tahan lama, tahan karat, tidak mudah pecah, kuat, ringan, bersifat isolator panas dan listrik yang baik (Surono dan Ismanto, 2016). Plastik tersusun dari senyawa makromolekuler yang terbentuk dari unit struktur kecil dan berulang yang disebut monomer dan struktur tersebut diikat oleh ikatan kovalen (Dvyalakshmi, 2016). Presentasi polimer sebagai penyusun suatu plastik berkisar 20% hingga 100%, presentasi tersebut tergantung dari tujuan serta untuk apa plastik itu nanti akan digunakan (Goodship, 2007).

Sebagai bahan sintetis, plastik tersusun dari berbagai jenis bahan-bahan kimia dengan sifat yang berbeda sehingga plastik yang terbentuk juga berbeda-beda. Perbedaan komposisi bahan kimia yang menyusun plastik menyebabkan adanya penggolongan dari jenis-jenis plastik, selain itu menurut Klein (2011), reaksi yang terjadi dalam proses pembuatan plastik juga menjadi penyebab berbedanya jenis plastik yang terbentuk. Polimer-polimer yang menyusun plastik berasal dari ikatan rantai monomer yang terbentuk dari reaksi kimia tertentu, reaksi yang merakit rantai-rantai polimer pada plastik adalah sebagai berikut (Klein, 2011):

- Poliadiisi sebagai bentuk dari reaksi berantai; proses yang terjadi dalam reaksi ini disebabkan oleh terbentuknya kombinasi kimiawi yang terjadi antara molekul dari monomer-monomer tertentu, kombinasi tersebut dapat terjadi karena adanya ikatan rangkap yang mengikat monomer atau pemisahan

cincin, dalam reaksi ini tidak ada reaksi pelepasan hidrogen dan prosesnya dimulai dengan menggunakan energi panas dan cahaya.

- Poliadiisi sebagai tahapan dalam reaksi; proses yang terjadi dalam reaksi ini adalah kombinasi yang menyatukan molekul monomer penyusun plastik tanpa menggunakan reaksi ikatan rangkap atau dengan pemisahan senyawa molekuler yang rendah. Dalam proses ini, atom hidrogen dapat berpindah dari satu posisi ke posisi lainnya.
- Polikondensasi; pada tahapan ini, molekul kecil seperti air dan amonia dapat lepas selama proses reaksi terjadi.

## **II.2 Jenis-Jenis Plastik**

Sebagai material dengan berbagai fungsi, plastik terdiri dari berbagai jenis. Jenis-jenis tersebut dibedakan berdasarkan sifat serta susunan struktur kimia dari plastik tersebut. Menurut Sulaiman (2016), plastik merupakan produk yang dihasilkan oleh industri petrokimia, produk yang dihasilkan merupakan produk yang menggunakan polimer dengan bahan baku dasar yang berasal dari hasil pengolahan minyak bumi dan gas.

Berdasarkan sifat termal plastik, plastik dibedakan menjadi dua jenis (Alshehrei, 2017) yaitu:

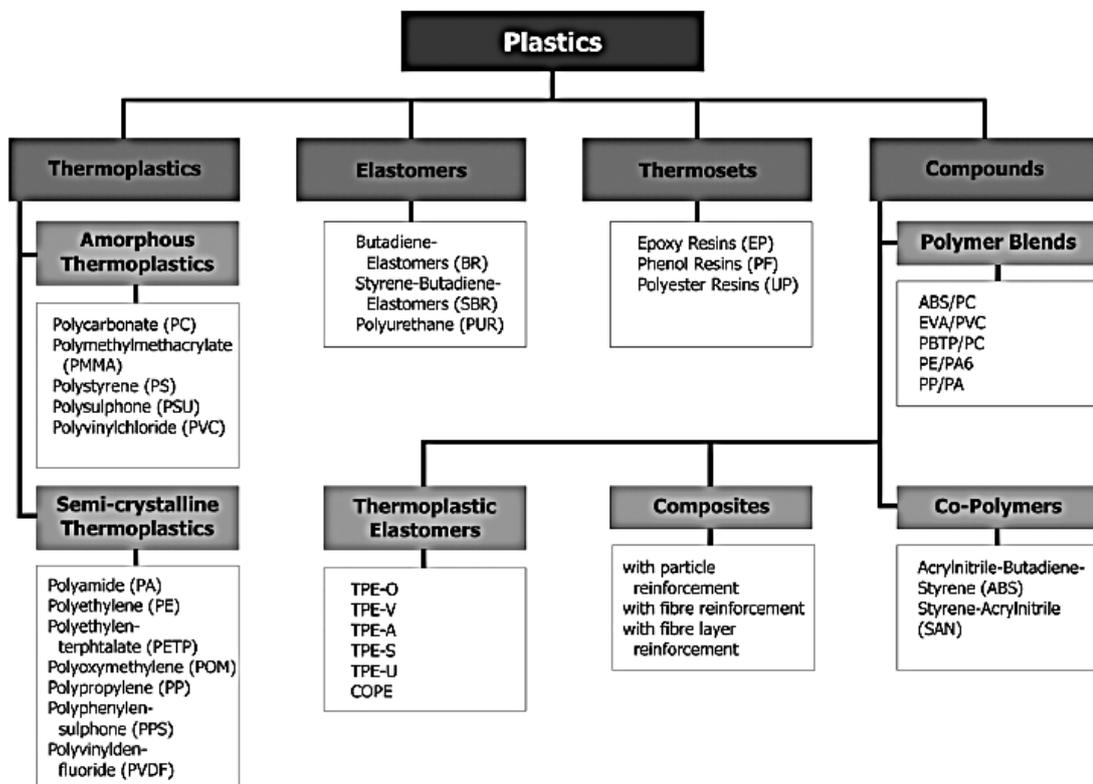
### **a. Termoplastik**

Plastik yang masuk dalam golongan termoplastik merupakan plastik yang tidak mengalami perubahan dalam struktur kimianya selama proses pemanasan berlangsung, hal tersebut mengakibatkan plastik jenis termoplastik dapat dicetak berulang-ulang menjadi berbagai bentuk. Jenis polimer plastik yang masuk kedalam golongan termoplastik adalah polietilen (PE), polipropilen (PP), polistirena (PS), polivinil klorida (PVC) dan politetrafluoroetilen (PTFE). Dalam

proses pembuatan dan pengolahan plastik jenis termoplastik, ada tiga langkah utama yang perlu dilakukan yaitu pelelehan, pembentukan, dan pemadatan (Goodship, 2007).

b. Polimer termoset

Polimer termoset merupakan jenis plastik yang berbeda dari jenis plastik yang lainnya, plastik yang masuk dalam golongan ini bersifat solid sehingga tidak dapat dilelehkan atau dimodifikasi, perubahan kimia pada golongan plastik ini bersifat *irreversible* atau tidak dapat dipulihkan, hal ini mengakibatkan plastik jenis ini tidak dapat didaur ulang karena ikatan yang terbentuk dalam struktur kimianya sangat kuat. Plastik yang masuk dalam golongan ini adalah fenol-formaldehid dan poliuretan.



Gambar 1. Klasifikasi plastik berdasarkan struktur kimianya (Klein, 2011).

Menurut Alshehrei (2017), ada beberapa jenis-jenis sampah plastik yang sering didapati di masyarakat dan sering diolah untuk mengurangi jumlah pencemaran di lingkungan, sampah plastik tersebut diantaranya adalah:

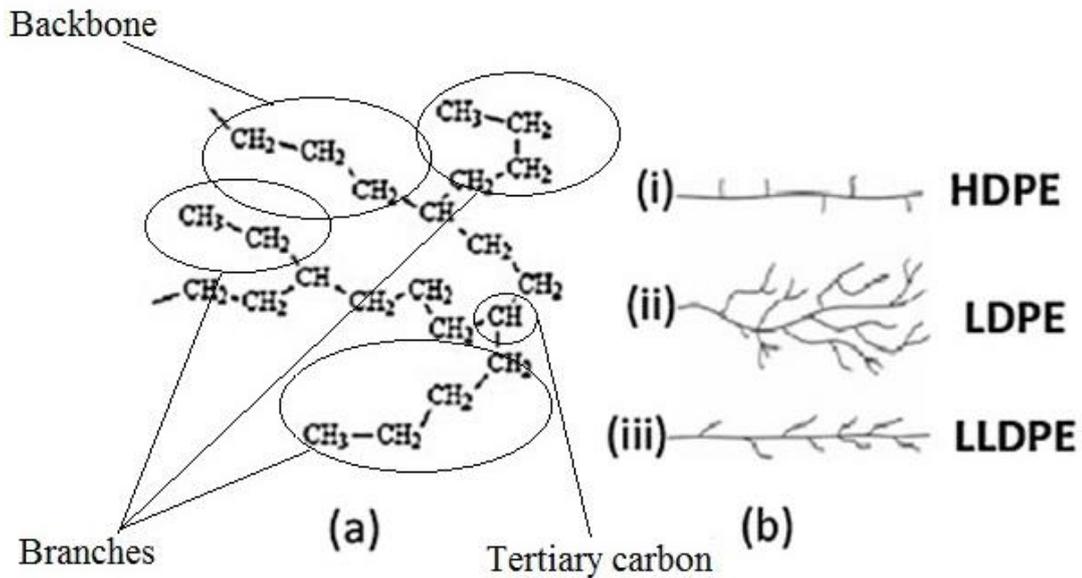
- Polietilen (PE)
- Polipropilen (PP)
- Polistirena (PS)
- Poliethylene terephthalate (PET)
- Polyvinyl chloride (PVC)

### **II.3 Polietilen**

Polietilen adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih dan mempunyai titik leleh bervariasi antara 110°C - 137°C, umumnya polietilen tahan terhadap zat kimia. Monomer dari polietilen adalah etena, dan polietilen diperoleh dari hasil perengkehan (*cracking*) minyak atau gas bumi (Billmeyer, 1994; Rahmawati, 2015). PE (polietilen) adalah plastik yang sering digunakan untuk kepentingan komersial dan plastik ini sudah ada sejak tahun 1930. PE menjadi istimewa karena sifat-sifatnya yang menarik seperti murah, *inert*, sifat menghantarkan listriknya yang bagus, dan mekanisme memprosesnya yang mudah (Charrier, J.M., 1989; Ni'mah *et al.*, 2009)

Polietilen merupakan jenis plastik yang marak ditemui di beberapa produk seperti mainan, pembungkus makanan, botol minuman, dan lain-lain, polietilen memiliki struktur kimia yang tersusun dari atom karbon secara konsisten, hal ini mengakibatkan jenis plastik polietilen cukup sulit untuk didegradasi oleh bakteri, namun hal tersebut bukan berarti polietilen tidak mampu didegradasi oleh bakteri, polietilen dapat didegradasi oleh mikroba dengan cara mengubah partikel

polietilen menjadi ukuran kristal, hal ini akan memudahkan bakteri dalam mencoba proses degradasi (Shah, 2008). Berikut ini adalah struktur kimia dari polietilen:



Gambar 2. Struktur kimia polietilen (Montazer *et al.* 2020).

Umumnya pengklasifikasian PE didasarkan pada densitas dan viskositas pelelehan atau indeks pelelehan. Hasil dari nilai tersebut menghasilkan *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan jenis polietilen lainnya (Charrier, J.M., 1989; Ni'mah *et al.*, 2009).

- HDPE (High Density Poliethylen)

HDPE adalah polimer termoplastik linear yang dibuat dari monomer etilen dengan proses katalitik. HDPE dengan sedikit cabang menghasilkan struktur yang lebih rapat/terjejal dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi daripada LDPE. HDPE juga lebih kuat dan lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi (Ni'mah *et al.*, 2009).

High density polyethylene (HDPE) dibuat dengan metode tekanan rendah, dalam metode ini, etilen murni dipolimerisasi pada tekanan sekitar 50 atmosfer

dan suhu antara 60°C-200°C di dalam sistem katalis *Zeigler Natta* dan katalis oksida (Ogah and Afiukwa, 2012). Karena sifat HDPE yang tahan akan suhu panas, HDPE sangat sering digunakan sebagai bahan pembuatan plastik tahan panas dan bahan penguat aspal (Rahmawati, 2015).

- LDPE (Low Density Poliethylen)

*Low density polyethylene* (LDPE) adalah bahan yang fleksibel dan lentur, stabil dalam kisaran suhu dari -50°C hingga 85°C, dan memiliki titik lebur dari 105°C hingga 115 °C, dalam ketiadaan oksigen LDPE dapat stabil hingga 290°C. LDPE dapat terurai dalam suhu 290°C hingga 350°C dan merupakan produk termoplastik yang terbentuk dengan berat molekul lebih rendah. Pada kondisi oksigen yang cukup LDPE kurang stabil dan selama diproses pada suhu tinggi akan terjadi proses oksidasi termal LDPE (Molgroup, 2017).

*Low density polyethylene* (LDPE) memiliki sifat yang menguntungkan, LDPE memiliki permeabilitas yang baik terhadap karbon dioksida dan oksigen, selain itu praktis karena tidak menyerap air dan uap, karakteristik ini secara khusus digunakan dalam pembuatan kemasan makanan dan lain-lain. LDPE juga merupakan isolator yang sangat baik dengan sifat dielektrik yang baik dan resistansi volume yang tinggi. Faktor disipasi rendah menentukan apakah LDPE dapat digunakan pada frekuensi tinggi (Molgroup, 2017).

#### **II.4 Bahaya Pencemaran Plastik Politilen dan Pencegahannya**

Sebagai material yang sulit terurai di alam, sampah plastik diproses atau diolah dengan menggunakan metode tertentu. Pengolahan sampah plastik telah menggunakan prinsip 5R yaitu *Reuse*, *Recycle*, *Reduce*, *Refuse*, dan *Repair* (South Baltic Bridge, 2019). Metode *reuse* merupakan kegiatan penggunaan barang yang terbuat dari plastik secara berulang-ulang sehingga tidak menimbulkan sampah. Metode *recycle* merupakan metode pengolahan sampah

plastik yang tidak berguna dengan proses kimiawi dan fisika dengan tujuan untuk mengembalikan nilai ekonomis dari sampah plastik tersebut, sedangkan metode *reduce* merupakan salah satu metode persuatif dimana konsumen diajak untuk menggunakan barang-barang yang tidak terbuat dari plastik (Surono dan Ismanto, 2016). *Refuce* merupakan salah satu sikap yang dapat diterapkan oleh seseorang dengan cara berusaha sebisa mungkin untuk menolak penggunaan barang-barang yang bersifat *non-biodegredeable* secara berlebihan, dengan begitu jumlah limbah yang bersifat membahayakan lingkungan dapat berkurang. *Repair* merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan dalam mengurangi limbah *non-biodegredeable* dengan cara memperbaiki barang tersebut jika masih layak, hal tersebut dapat mencegah sampah *non-biodegredeable* yang terbuang secara berlebihan (South Baltic Bridge, 2019).

Goodship (2007) menjelaskan bahwa salah satu proses dalam mendaur ulang limbah plastik adalah proses homogenisasi atau penyeragaman limbah-limbah plastik yang dilakukan secara mekanik, proses penyeragaman ini bertujuan agar material plastik yang digunakan dapat tersedia lebih banyak dan memiliki sifat yang sama sehingga menghasilkan barang dengan sifat plastik yang homogen. Proses daur ulang yang lainnya adalah menjadikan sampah plastik sebagai bahan kerajinan, sampah plastik tertentu akan diubah menjadi barang-barang yang memiliki nilai guna dan estetika sehingga lebih menarik.

Tujuan dari sampah plastik didaur ulang adalah untuk mengurangi jumlahnya, namun nyatanya polusi yang disebabkan oleh sampah plastik di alam semakin mengkhawatirkan, hal ini dikarenakan jumlah sampah plastik yang melalui proses daur ulang tidak sebanding dengan jumlah sampah plastik yang dihasilkan oleh masyarakat. Pencemaran plastik merupakan masalah yang melanda seluruh negara di dunia, urbanisasi dan peningkatan populasi secara

drastis menjadi tantangan terbesar dalam pengolahan sampah khususnya sampah plastik. Sampah plastik yang tidak dapat dikelola akan bocor ke alam dan akan menyebabkan kerusakan di alam itu sendiri (Godfrey, 2019). Tulisan *Earth Day Network* (2018) menjelaskan bahwa plastik merupakan produk yang dapat membahayakan lingkungan jika ditinjau dari proses pembuatannya, hal tersebut dikarenakan plastik adalah material yang terbuat dari petroleum atau sering dikenal sebagai bahan pembuatan minyak bumi, ketika minyak bumi tersebut dibor kemudian diproses untuk menghasilkan plastik, terdapat gas emisi atau gas buangan yang muncul selama proses tersebut berlangsung, gas tersebut terdiri dari karbon monoksida, hidrogen sulfat, ozon, benzen dan mentana, jenis gas tersebut dianggap lebih beracun dan lebih berbahaya jika dibandingkan dengan gas karbon dioksida yang menjadi penyebab dari efek rumah kaca atau pemanasan global.

Menurut Rochman *et al* (2015), sampah plastik memiliki dampak yang sangat membahayakan khususnya bagi ekosistem laut, penelitian terakhir menunjukkan bahwa salah satu dampak yang disebabkan oleh pencemaran plastik pada ekosistem laut adalah terjadinya kontaminasi plastik terhadap biota-biota yang hidup di laut, hal tersebut telah terbukti karena adanya penemuan plastik di dalam tubuh dari berbagai hewan laut, plastik tersebut berupa butiran-butiran plastik dengan ukuran mikro yang menginvasi tubuh dari hewan laut tersebut. Dampak dari pencemaran plastik terhadap biota lautan sangat berbahaya karena ketika tubuh hewan laut tersebut telah terinvasi sampah plastik kemudian dikonsumsi oleh manusia dapat mengakibatkan gangguan kesehatan pada tubuh manusia itu sendiri. Asmita *et al* (2015) menjelaskan bahwa bahaya lain yang dapat disebabkan oleh pencemaran plastik adalah timbulnya penyakit-penyakit kronis yang dapat diidap oleh orang-orang yang tinggal di wilayah yang telah tercemar oleh limbah plastik, gejala yang dapat nampak sebagai tanda dari

munculnya penyakit kronis tersebut adalah muntah-muntah, masalah pencernaan, serta kerusakan pada sistem pencernaan, hal yang paling berbahaya jika senyawa kimia yang menyusun plastik larut di perairan air tawar karena dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan selaput mukus.

## **II.5 Biodegradasi Plastik oleh Bakteri**

Monomer yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen merupakan penyusun utama dari polimer plastik, hal tersebut mengakibatkan plastik menjadi material yang cukup kuat, namun jika plastik terakumulasi di lingkungan maka dampak yang terjadi adalah pencemaran dan kerusakan lingkungan. Menurut Sriningsih dan Maya (2015), solusi yang dapat dijadikan sebagai salah satu penyelesaian masalah pencemaran plastik adalah degradasi, Pramela & ramesh (2011) dalam Alsehrei (2017) menjelaskan bahwa proses degradasi plastik dapat melalui beberapa jenis mekanisme yaitu degradasi secara kimia, termal, fotooksidasi dan biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses penguraian senyawa kimia dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang umumnya digunakan sebagai agen pendegradasi adalah jamur, bakteri, enzim dan hal lain yang berhubungan dengan mikroorganisme (Divyalakshmi, 2016).

Secara sistematis, proses biodegradasi terjadi melalui beberapa tahapan yaitu (Tosin, 2019):

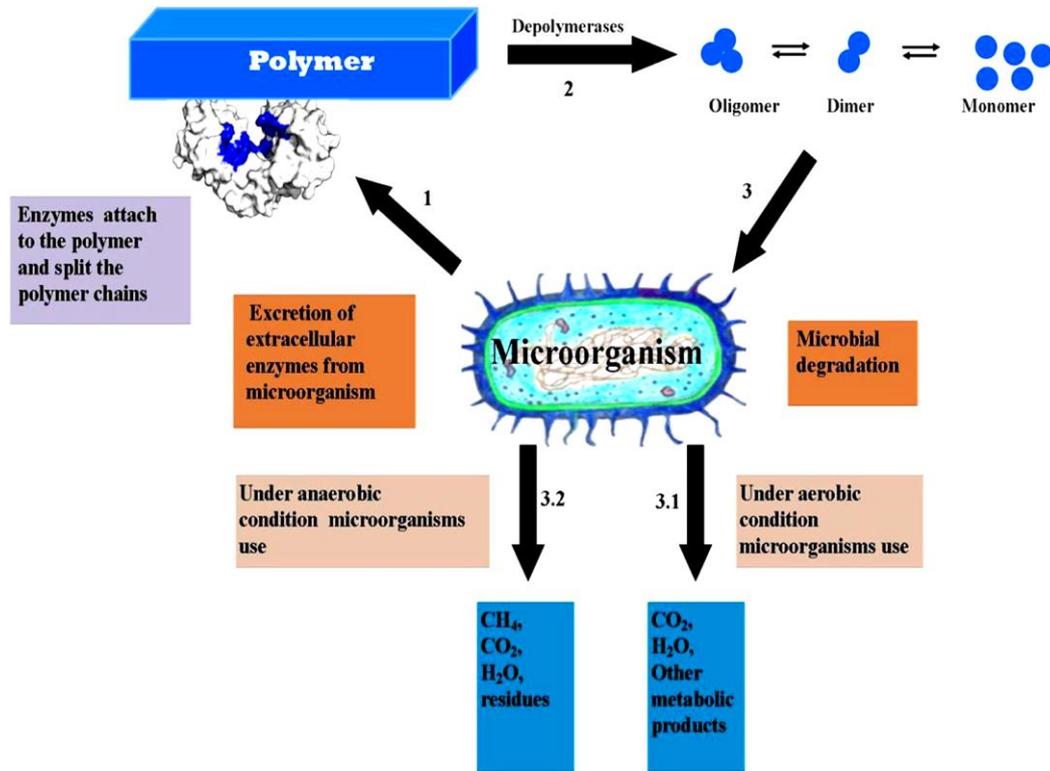
Tahap 1 : Plastik  $\longrightarrow$  monomer/oligomer (Depolimerisasi)

Tahap 2 : Monomer/oligomer  $\longrightarrow$  biomassa

Tahap 3 : Biomassa + O<sub>2</sub>  $\longrightarrow$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (Mineralisasi)

Kaseem *et al* (2012) dalam Sriningsih dan Maya (2015) menjelaskan bahwa dalam proses mendegradasi, mikroorganisme akan membentuk kompleks biofilm di atas polimer-polimer yang sedang didegradasi tersebut, hal ini

mengakibatkan terjadinya proses penguraian dari polimer menjadi monomer-monomer sederhana, setelah monomer-monomer tersebut terbentuk, maka tahapan terakhir adalah demineralisasi.



Gambar 3. Mekanisme biodegradasi plastik (Ahmed *et al.*, 2018).

Dalam proses degradasi menggunakan bakteri, proses dasar yang menjadi landasan adalah proses metabolisme pada mikroba yang berperan. Proses metabolisme tersebut terdiri dari respirasi aerob dan anaerob (Botre *et al.*, 2015). Menurut Ahmed *et al* (2018), proses biodegradasi mikroorganisme terhadap senyawa kimia melibatkan peran enzim dimana proses enzimatik dapat terjadi karena mikroorganisme yang digunakan atau membantu dalam proses degradasi menghasilkan enzim-enzim tertentu yang dapat mengurai senyawa kimia khususnya senyawa kimia yang bersifat perusak bagi lingkungan.

Mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim ekstraseluler untuk meningkatkan hidrofobisitas permukaan plastik agar mempermudah

mikroorganisme mengalami pelekatan, selain itu beberapa enzim khusus juga mampu memutus rantai polimer dan mengubahnya menjadi oligomer, dimer, dan monomer yang bersifat sederhana sehingga memudahkan proses transport membran pada mikroorganisme, hal ini dapat mempermudah mikroorganisme dalam memanfaatkan monomer-monomer tersebut sebagai sumber karbon atau nutrisi (Shah *et al.*, 2008). Beberapa penelitian telah melaporkan jenis-jenis enzim yang berperan dalam proses biodegradasi diantaranya adalah protease, lipase, cutinase, esterase dan laccase.

Menurut Divyalakshmi (2016), untuk mengetahui jenis bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik, perlu dilakukan uji *in vitro* terhadap bakteri tersebut, uji *in vitro* dilakukan dengan cara menyediakan media untuk menumbuhkan bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi plastik dengan menjadikan polietilen sebagai satu-satunya sumber karbon bagi bakteri tersebut, jika bakteri yang ditumbuhkan mampu mengonsumsi polietilen maka dapat ditarik kesimpulan awal bahwa bakteri tersebut mampu mengonsumsi plastik khususnya polietilen.

Riandi *et al* (2017) menjelaskan bahwa plastik dapat didegradasi oleh kelompok bakteri karena terjadi proses dimana bakteri mengonsumsi polimer plastik, penelitian yang mereka lakukan mendapatkan 2 jenis bakteri yang mampu mendegradasi plastik, bakteri tersebut merupakan hasil isolasi dari TPS serta hutan mangrove yang berada di Denpasar, Bali. Spesies bakteri yang berhasil diperoleh adalah *Ochrobactrum anthropi* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Sing *et al.* (2016) dengan mengisolasi sampel tanah dari beberapa lokasi di daerah Dehradun, India memperoleh bakteri yang termasuk dalam genus *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, dan *Bacillus*. Menurut

luegne (2003) dalam Elpawati (2015), terdapat 90 lebih genus bakteri dan fungi yang diperkirakan mampu mendegradasi plastik yang saat ini telah ditemukan oleh peneliti, spesies yang masuk dalam golongan tersebut diantaranya adalah *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas* sp., *Azotobacter*, *Ralstonia eutropha*, dan *Halomonas* sp.

Proses biodegradasi dianggap sebagai proses degradasi yang bersifat *eco-friendly* dimana proses tersebut bersifat ramah lingkungan karena menggunakan peran mikroorganisme sebagai agen pengurai yang tidak menghasilkan produk sampingan yang dapat membahayakan lingkungan. Selain itu proses biodegradasi juga tidak membutuhkan energi dalam pengoperasiannya karena mengandalkan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan polutan tersebut.