

LAPORAN PENELITIAN

Judul Penelitian :

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)



umsurabaya
Morality, Intellectuality, and Entrepreneurship
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

**Fakultas
Ilmu Kesehatan**

Oleh :

**Vella Rohmayani, S.Pd., M.Si (0720059202)
Anindita Riesti Retno Arimurti, S.Si., M.Si. (0705048903)
Adinda Jauhar Dyah Kinanti (20200667010)
Lilik Mursidah (20210667013)**

**FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya 60113

Telp. 031-3811966

<http://www.um-surabaya.ac.id>

Tahun 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : 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)

Skema :

Jumlah Dana : Rp10.188.000

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Vella Rohmayani, S.Pd.,M.Si

b. NIDN : 0720059202

c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

d. Program Study : D4 Teknologi Laboratorium Medis

e. No. HP : 081216140525

f. Alamat Email : vella@um-surabaya.ac.id

Anggota Peneliti (1) :

a. Nama Lengkap : Anindita Riesti Retno Arimurti, S.Si., M.Si.

b. NIDN : 0705048903

Anggota Mahasiswa (1) :

a. Nama : Adinda Jauhar Dyah Kinanti

b. NIM : 20200667010

a. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Surabaya

Anggota Mahasiswa (2) :

a. Nama : Lilik Mursidah

b. NIM : 20210667013

c. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Surabaya

Mengetahui
Dekan FIK UMSurabaya



Dr. Nur Mukarromah, SKM.,M.Kes
NIDN. 0713067202

Surabaya, 30 September 2022
Ketua Penelitian



Vella Rohmayani, S.Pd.,M.Si
NIDN.0720059202

Menyetujui
Ketua LPPM UMSurabaya



Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep
NIDN. 0730016501

DAFTAR PUSTAKA

RINGKASAN	5
BAB I	6
PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan	8
1.4 Manfaat	9
1.5 Peta Jalan dan Derajat Kepentingan.....	9
BAB II	10
TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Biodegradasi Plastik Secara Biologis oleh Bakteri.....	10
2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Degradasi Plastik.....	11
2.2 Jenis-Jenis Bakteri Pendegradasi Plastik.....	12
2.2.1 Bakteri Pseudomonas	14
2.2.2 Bakteri Ochrobactrum.....	15
2.3 Proses Biodegradasi Plastik.....	16
2.4 Plastik (Synthetic Based Polymers)	17
2.4.1 Plastik.....	17
2.4.2 Distribusi plastik.....	20
BAB III.....	27
METODE PENELITIAN	27
3.1.1 Lokasi dan waktu penelitian.....	27
3.1.2 Teknik pengambilan sampel tanah.....	27
3.1.4 Persiapan kantong plastik	27
BAB IV	34
LUARAN DAN TARGET CAPAIAN.....	34
4.1 Luaran Penelitian	34
4.2 Target Capaian	34
BAB V.....	35
BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN	35
5.1 Biaya Penelitian	35
Anggaran biaya untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sebagaimana pada tabel 5.1 berikut ini:	35
5.2 Jadwal Penelitian.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36

Lampiran I: Justifikasi Anggaran.....	43
Lampiran II : CV Ketua.....	45
Lampiran III: CV Anggota 1	55
Lampiran IV: CV anggota 2	64
Lampiran V: CV anggota 3	66

RINGKASAN

Selama kurun waktu 3 dekade terakhir, bahan plastik semakin banyak digunakan dalam dunia industri baik industri makanan, pakaian, transportasi, konstruksi, medis maupun rekreasi. Material plastik banyak digunakan karena memiliki kelebihan dalam sifatnya yang ringan, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau semua kalangan masyarakat. Keunggulan tersebut membuat plastik digemari dan banyak digunakan, sehingga berakibat pada peningkatan jumlah produk plastik yang akan menjadi sampah. Setiap tahunnya lebih dari 260 juta ton plastik yang diproduksi di berbagai negara dan tercatat bahwa plastik menyumbang sekitar 8-12,7% dari total limbah padat. Akumulasi limbah plastik dalam ekosistem laut berdampak pada kematian fauna dan flora lautan akibat tertutupnya sumber penetrasi cahaya matahari ataupun masuknya senyawa toksik dari plastik ke jaring-jaring makanan ekosistem laut, yang kemudian akan dikonsumsi oleh hewan-hewan laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Upaya reduce dengan cara mengurangi penggunaan plastik. Upaya recycle salah satunya dengan memanfaatkan limbah plastik menjadi komposit. Upaya recovery berupa upaya memanfaatkan kembali material kimia dari plastik untuk dibentuk menjadi produk baru yang bernilai ekonomis. Selain itu, upaya lain yang dilakukan oleh pemerintah dan para peneliti untuk mengurangi volume limbah plastik adalah dengan menggunakan bakteri pendegradasi plastik yang diisolasi secara langsung dari sumber. Pemanfaatan bakteri sebagai biodegradator alami tergolong sebuah langkah yang efektif dalam mendukung upaya pengolahan sampah plastik yang berkelanjutan, hal ini dikarenakan proses ini tidak membutuhkan biaya yang cukup mahal dan mampu mengeliminasi produk plastik tanpa disertai pelepasan senyawa toksik ke lingkungan. Salah satu bakteri yang telah berpotensi mendegradasi plastik adalah dari genus *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp.

Penelitian ini dimulai dengan isolasi bakteri dari tanah, kemudian dimurnikan, lalu dilanjutkan identifikasi bakteri pendegradasi dan diuji pada media yang mengandung HDPE dan LDPE.

Kata kunci : Plastik, HDPE, LDPE, *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuju era modern, telah meningkatkan jumlah polimer sintetik yang diproduksi di seluruh dunia setiap tahunnya (Shimao, 2001). Salah satu polimer sintetik yang diproduksi secara massal dan seringkali dipergunakan dari kalangan lokal hingga industri besar adalah plastik (Zhang et al., 2021). Selama kurun waktu 3 dekade terakhir, bahan plastik semakin banyak digunakan dalam dunia industri baik industri makanan, pakaian, transportasi, konstruksi, medis maupun rekreasi (Fadlilah dan Maya, 2014). Material plastik banyak digunakan karena memiliki kelebihan dalam sifatnya yang ringan, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau semua kalangan masyarakat. Keunggulan tersebut membuat plastik digemari dan banyak digunakan, sehingga berakibat pada peningkatan jumlah produk plastik yang akan menjadi sampah. Setiap tahunnya lebih dari 260 juta ton plastik yang diproduksi di berbagai negara dan tercatat bahwa plastik menyumbang sekitar 8-12,7% dari total limbah padat (Asmita et al., 2015). Selain sebagai penyumbang terbesar limbah padat di lingkungan terrestrial, tercatat pula bahwa dari 260 juta ton plastik yang diproduksi, sekitar 8 juta ton limbah plastik terbawa arus dan menuju laut lepas (Eriksen et al., 2014).

Akumulasi limbah plastik dalam ekosistem laut berdampak pada kematian fauna dan flora lautan akibat tertutupnya sumber penetrasi cahaya matahari ataupun masuknya senyawa toksik dari plastik ke jaring-jaring makanan ekosistem laut, yang kemudian akan dikonsumsi oleh hewan-hewan laut baik secara langsung maupun tidak langsung (Reisser et al., 2013). Data statistik menunjukkan terdapat 5 negara penyumbang limbah plastik terbesar di lautan per tahunnya, diantaranya China sebesar 262,9 juta ton, Indonesia sebesar 187,2 juta ton, Filipina sebesar 83,4 juta ton, Vietnam sebesar 55,9 juta ton dan Sri Lanka sebesar 14,6 juta ton (Wahyuni, 2016). Data menunjukkan bahwa negara Indonesia tergolong penghasil limbah plastik di lautan terbesar kedua di dunia.

Data Deputi Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup menyatakan bahwa setiap individu rata-rata menghasilkan 0,8 kilogram sampah dalam satu hari dimana 15 persennya adalah plastik (Elsa, 2016). Berdasarkan asumsi logis, terdapat sekitar 220 juta penduduk di Indonesia, maka sampah plastik yang tertimbun mencapai 26.500 ton per hari, sedangkan jumlah timbunan sampah nasional diperkirakan mencapai 176.000 ton perhari. Sementara itu, data dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup tahun 2007 yang dikutip dalam Republika (2009) menunjukkan, volume timbunan sampah di 194 kabupaten dan kota di Indonesia mencapai 666 juta

liter atau setara dengan 42 juta kilogram, di mana komposisi limbah plastik mencapai 14 persen atau 6 juta ton. Berdasarkan data KLHK tahun 2008 yang dikutip oleh Mintarsih (2015), dari total timbunan sampah nasional, jumlah sampah yang diolah dengan dikompos atau didaur ulang hampir 7% atau setara dengan 12.800 ton perhari. Sekitar 2% dari total jumlah sampah atau sekitar 204,16 ton per hari diantaranya adalah sampah organik “biodegradable” yang potensial menghasilkan gas metana (Kurniawan, 2011). Salah satu jenis plastik yang sering dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik dari segi industri rumah tangga hingga industri global adalah plastik berbahan dasar polietilen.

Data dari Kementerian Perindustrian yang dikutip dalam Daily Investor (2016) juga melaporkan bahwa impor produk polietilena (PE) dan polipropilena (PP) terus mengalami peningkatan seiring dengan tumbuhnya konsumsi bahan kimia. Data tersebut menyebutkan, pada tahun 2012 konsumsi PE di Indonesia sekitar 955.000 ton per tahun, yang meningkat menjadi sekitar 1,03 juta ton di tahun 2013, dan diprediksi di tahun 2014 meningkat menjadi 1,11 juta ton. Sama halnya dengan PE, konsumsi PP juga terus meningkat. Tahun 2012, konsumsi PP sebesar 1,3 juta ton per tahun dan meningkat di tahun 2013 menjadi 1,46 juta ton. Sedangkan pada 2014, konsumsi PP di prediksi meningkat menjadi 1,58 juta ton (Harian Ekonomi Neraca, 2016). Data lain juga menyikapi permasalahan permintaan plastik berbahan dasar Low Density Polyethylene (LDPE) mencapai 9% dan plastik berbahan dasar High Density Polyethylene (HDPE) mencapai angka 17% dan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pengembangan industri global (Sagel, 2012).

Meningkatnya jumlah limbah plastik ini menjadi sebuah hal yang dapat mempengaruhi kestabilan ekosistem lingkungan, mengingat plastik yang digunakan saat ini adalah non-biodegradable (plastik yang tidak dapat terurai secara biologis). Plastik merupakan jenis sampah atau limbah yang proses penguraiannya membutuhkan waktu yang lama dan tidak ramah lingkungan yakni waktu penguraiannya membutuhkan waktu 200 hingga 1000 tahun (Ainiyah dan Maya, 2014).

Berbagai usaha mengatasi limbah plastik terus diupayakan diantaranya dengan 4R (reuse, reduce, recycle, recovery). Upaya reuse diantaranya dengan menggunakan kembali kantong plastik untuk berbelanja, memanfaatkan tempat cat plastik untuk pot atau ember dan sebagainya. Upaya reduce dengan cara mengurangi penggunaan plastik. Upaya recycle salah satunya dengan memanfaatkan limbah plastik menjadi komposit. Upaya recovery berupa upaya memanfaatkan kembali material kimia dari plastik untuk dibentuk menjadi produk baru yang bernilai ekonomis. Selain itu, upaya lain yang dilakukan oleh pemerintah dan para peneliti untuk mengurangi volume limbah plastik adalah dengan menggunakan bakteri pendegradasi plastik yang diisolasi

secara langsung dari sumber (Fadillah, 2015). Pemanfaatan bakteri sebagai biodegradator alami tergolong sebuah langkah yang efektif dalam mendukung upaya pengolahan sampah plastik yang berkelanjutan, hal ini dikarenakan proses ini tidak membutuhkan biaya yang cukup mahal dan mampu mengeliminasi produk plastik tanpa disertai pelepasan senyawa toksik ke lingkungan (Carnegie and Ramsay, 2009). Salah satu bakteri yang telah berpotensi mendegradasi plastik adalah dari genus *Pseudomonas* dan *Ochrobactrum*.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Apakah isolat bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. yang di isolasi dari tanah di lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan hutan mangrove yang berada di daerah Bali mampu mendegradasi limbah plastik berbahan dasar High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE)
2. Bagaimana potensi isolat bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. yang diisolasi dari tanah di lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan hutan mangrove yang berada di daerah Bali terhadap tingkat degradasi polimer plastik berbahan dasar High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) melalui uji screening?
3. Jenis bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. apa yang diisolasi dari tanah di daerah Bali yang mampu mendegradasi polimer plastik ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengisolasi bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. yang terdapat pada tanah di lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan hutan mangrove yang berada di daerah Bali.
2. Untuk mengisolasi bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. yang memiliki potensi terbesar dalam mendegradasi polimer plastik berbahan dasar High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) melalui uji screening.
3. Untuk mengidentifikasi jenis isolat bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi polimer plastik berbahan High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) dengan uji Vitek 2 Compact System.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh isolat bakteri sebagai degradator limbah plastik yang dapat diaplikasikan secara luas untuk mengurangi volume limbah plastik di lingkungan.
2. Dapat diaplikasikan ke komunitas masyarakat dalam rangka membantu pemecahan permasalahan lingkungan mengenai penumpukan sampah.
3. Dapat membantu mengatasi permasalahan sampah nasional melalui metode eliminasi sampah ramah lingkungan dengan pemanfaatan bakteri indigenous dan mengurangi penggunaan metode fisik maupun kimiawi yang berdampak negatif bagi lingkungan.

1.5 Peta Jalan dan Derajat Kepentingan

1. Peta Jalan

Penelitian Sebelumnya

- Banyak bakteri potensial yang mampu memecah mikro plastic di lingkungan tercemar
- Bakteri *pseudomonas* sp. dan *ochrobactrum* sp merupakan spesies yang dianggap mampu dalam mendegradasi mikro plastic

Penelitian usulan
Mengembangkan Bakteri *pseudomonas* sp. dan *ochrobactrum* yang kemudian dijadikan agen bioremediasi pemecah limbah plastik

Arah Penelitian
Mendapat agen bioremediasi baru yang mampu memecah plastic dengan waktu yang lebih singkat

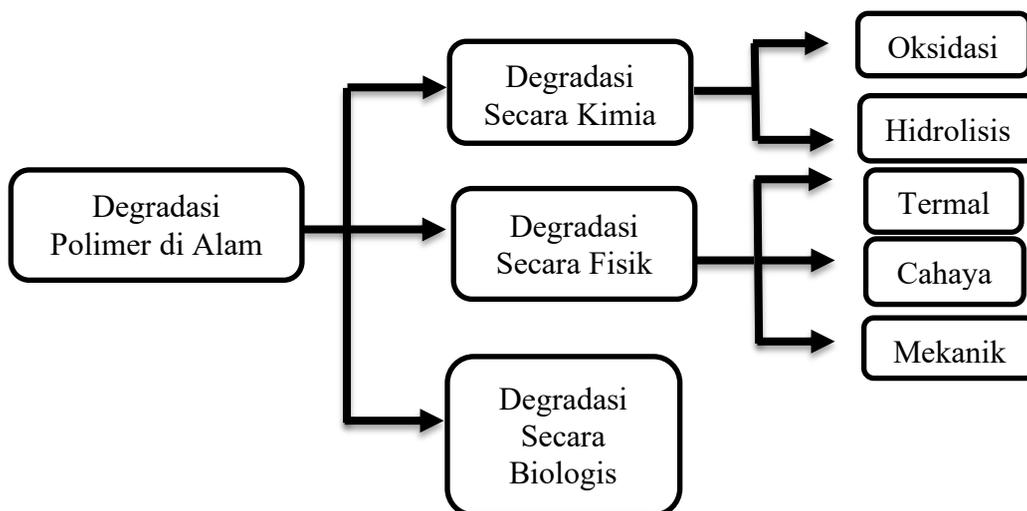
2. Derajat Kepentingan

Derajat Kepentingan dalam penelitian ini, peneliti membuat kisaran sebesar 95% dikarenakan hasil dari penelitian ini mendapatkan informasi terkait potensi *Pseudomonas* sp. dan *ochrobactrum* sp. dalam mendegradasi limbah polimer plastik berbahan dasar high density polyethylene (HDPE) dan low density polyethylene (LDPE)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodegradasi Plastik Secara Biologis oleh Bakteri

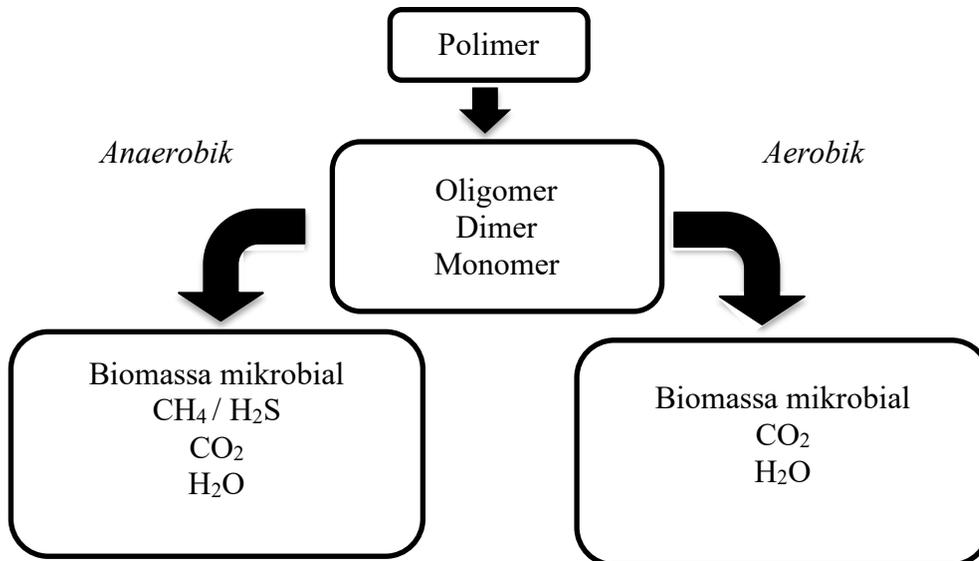
Biodegradasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa organik oleh organisme hidup terutama mikroorganisme (Vignesh et al., 2016). Proses biodegradasi tersebut tergolong mekanisme penting di alam, hal ini dikarenakan terlepasnya molekul sederhana yang dapat dipergunakan oleh organisme hidup sebagai sumber energi dan sumber karbon melalui proses perombakan senyawa kompleks (Luz et al., 2015). Mikroorganisme memainkan peran penting dalam proses degradasi dan penguraian senyawa di alam, baik polimer sintetik maupun polimer alami. Proses biodegradasi polimer plastik tergolong proses yang memiliki jangka waktu yang lama dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan abiotik seperti temperatur, pH dan sinar UV (Arutchelvi et al., 2008; Kale et al., 2015). Proses degradasi polimer di alam dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses degradasi polimer di alam
Sumber : Devi et al (2015)

Mikroorganisme dalam proses degradasi polimer di alam, memiliki strategi khusus bergantung pada spesies dan kondisi lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhannya (Webb et al., 2013). Biodegradasi di alam pada umumnya dipengaruhi oleh interaksi antara enzim yang disekresi oleh mikroorganisme berupa enzim pengkatalis reaksi hidrolisis dan molekul non-enzim yang berasal dari lingkungan ataupun dari mikroorganisme yang dapat merusak struktur polimer (Trevino et al., 2012). Polimer yang rantainya telah dirusak secara enzimatik, kemudian akan diubah oleh mikroorganisme menjadi monomer sederhana dengan bobot molekul rendah sehingga dapat diserap sebagai sumber nutrient (Devi et al., 2015). Mekanisme

pemecahan polimer kompleks menjadi molekul sederhana disebut dengan proses depolimerisasi. Mekanisme degradasi polimer akan menghasilkan berbagai senyawa dengan berat molekul rendah, seperti asam organik, gas karbondioksida (CO₂), gas metana (CH₄), dan molekul H₂O (Tokiwa et al., 2009). Selain aktivitas enzimatik bakteri, degradasi polimer juga dipengaruhi oleh struktur molekul polimer, kondisi fisik lingkungan dan berbagai komponen abiotik lainnya. Jalur degradasi polimer oleh mikroorganisme seperti bakteri ditunjukkan pada Gambar 2.2.

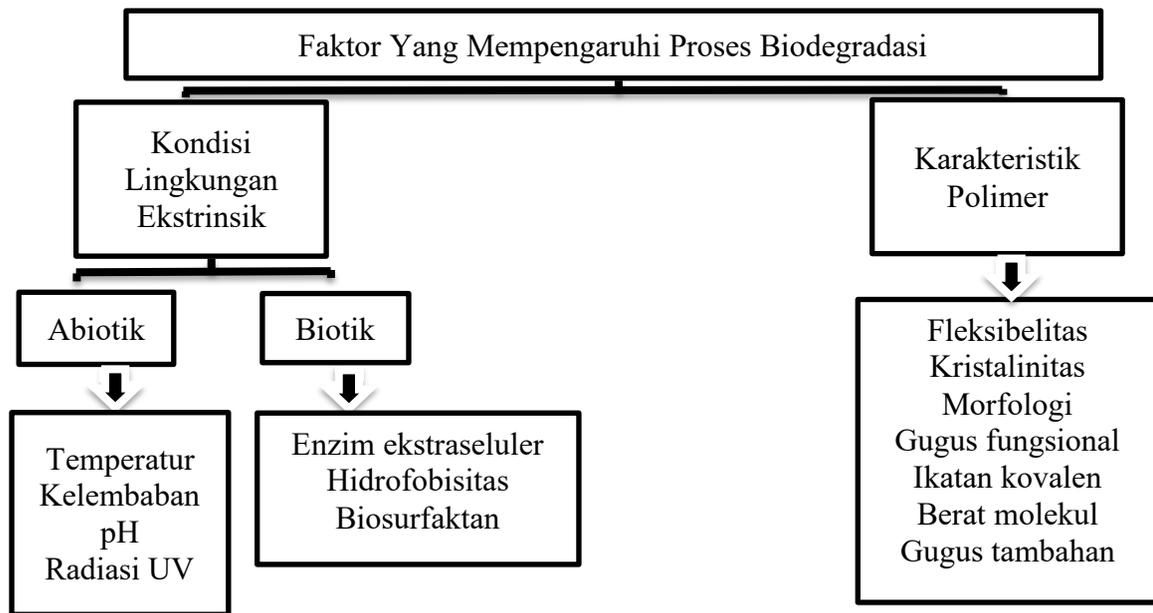


Gambar 2.2. Degradasi polimer oleh mikroorganisme pada lingkungan berbeda
Sumber : Devi et al (2015)

2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Degradasi Plastik

Mekanisme biodegradasi polimer di alam dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu karakteristik polimer, tipe organisme dan kondisi lingkungan (abiotik) (Vroman and Lan, 2009). Karakteristik polimer tergolong faktor yang sangat berpengaruh terhadap tingkat degradasi mikroorganisme, seperti tingkat mobilitasnya, berat molekul, tipe gugus fungsional dan kehadiran substituent tambahan pada rantai molekul (Zheng et al., 2005). Semakin pendek rantai molekul dari plastik maka semakin mudah mengalami proses hidrolisis atau semakin mudah diuraikan oleh mikroba. Selain itu, faktor abiotik juga sangat berpengaruh terhadap proses biodegradasi terutama dalam mendukung aktivitas enzimatik dari mikroorganisme. Faktor abiotik tersebut dapat berupa temperatur, pH dan kelembaban (Arutchelvi et al., 2008). Faktor abiotik dapat berpengaruh secara langsung terhadap reaksi hidrolisis selama proses degradasi. Semakin tinggi temperatur dan kelembaban dapat meningkatkan proses hidrolisis dan aktivitas mikroorganisme (Petit et al., 2015). Lingkungan dengan tingkat kelembaban yang tinggi akan meningkatkan proses hidrolisis untuk menghasilkan sejumlah besar potongan rantai molekul yang kemudian akan meningkatkan tempat pelekatan bagi mikroorganisme pendegradasi untuk menyerang struktur polimer, sehingga proses

degradasi akan semakin cepat (Devi et al., 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi laju degradasi plastik ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Faktor yang mempengaruhi proses biodegradasi
Sumber : Devi et al (2015)

2.2 Jenis-Jenis Bakteri Pendegradasi Plastik

Bakteri sering dipergunakan dalam berbagai sektor kehidupan, baik dari segi industri maupun lingkungan. Penggunaan bakteri pada era ini telah menjadi hal yang lumrah, hal ini dikarenakan begitu banyak kemampuan yang dapat diperoleh dari bakteri itu sendiri. Pemanfaatan bakteri untuk menjaga kestabilan lingkungan telah menjadi pusat perhatian bagi para peneliti, khususnya dalam meremediasi lahan tercemar dan untuk mendegradasi polimer sintetik. Bakteri dapat menghasilkan berbagai macam enzim yang mampu menguraikan dan menghidrolisis polimer menjadi molekul sederhana yang dapat dimanfaatkan kembali oleh bakteri (Trevino et al., 2012). Enzim yang disekresikan oleh bakteri tersebut mampu bereaksi terhadap ikatan kimia dalam polimer dan memutuskan ikatan tersebut sehingga konstituen kimia dalam polimer dapat diuraikan. Selama proses degradasi, *exo*-enzim yang disekresikan oleh mikroorganisme akan memecah polimer kompleks menjadi senyawa berantai pendek atau mikromolekul yang dapat diserap oleh membran bakteri dan dapat dipergunakan bakteri sebagai sumber karbon dan energi (Devi et al., 2015). Aktivitas enzimatik dari bakteri sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama temperatur, pH dan kelembaban (Arutchelvi et al., 2008).

Kemampuan suatu bakteri untuk memecah polimer sangat bergantung pada komponen abiotik. Peran komponen abiotik dalam proses degradasi begitu besar seperti membantu melemahkan dan memutuskan ikatan kimia dalam polimer sehingga mudah untuk terurai, memberikan kondisi optimal bagi bakteri untuk dapat bekerja

lebih efisien dan cepat serta berperan pula mendukung kebutuhan energi bakteri untuk memecah polimer. Proses degradasi polimer oleh bakteri melibatkan reaksi reduksi-oksidasi, yang kemudian akan menghasilkan produk akhir berupa monomer gula sederhana, asam organik, gas karbondioksida (CO₂), gas metana (CH₄), dan molekul H₂O (Seo et al., 2009) yang kemudian akan dilepaskan di lingkungan dan akan diolah kembali oleh organisme lain seperti tumbuhan ataupun dimanfaatkan kembali oleh bakteri sebagai cadangan energi. Berbagai jenis bakteri yang telah ditemukan mampu mendegradasi plastik ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jenis-jenis bakteri pendegradasi plastik

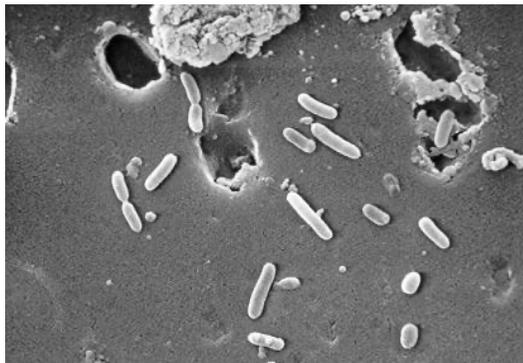
S.No.	Type of Plastic Used	Microorganisms
1.	Polyurethane	<i>Corynebacterium</i> and <i>Pseudomonas</i> sp.
2.	Isotactic polypropylene	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> , <i>Pseudomonas stutzeri</i> , and <i>Vibrio</i> sp.
3.	Polyurethane	<i>Pseudomonas cepacia</i> , <i>Pseudomonas</i> sp., and <i>Arthrobacter globiformis</i>
4.	LDPE	<i>Rhodococcus ruber</i> C208
5.	Polyurethane	<i>Bacillus</i> sp.
6.	PVC powder	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
7.	Degradable polyethylene	<i>Rhodococcus rhodocorrus</i> ATCC 29672 and <i>Nocardia steroids</i> GK 911
8.	Polyethylene bags and plastic cups	<i>Streptococcus</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Moraxella</i> sp., and <i>Pseudomonas</i> sp.
9.	LDPE	<i>Pseudomonas stutzeri</i>
10.	LDPE	<i>Brevibacillus borstelensis</i> 707
11.	LDPE	<i>Rhodococcus ruber</i> C208
12.	Degradable polyethylene	<i>Bacillus mycoides</i>
13.	HDPE and LDPE	<i>Bacillus</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Listeria</i> sp., and <i>Vibrio</i> sp.
14.	Polyethylene carry bags	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.
15.	Polyethylene carry bags and cups	<i>Bacillus</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp., <i>Diplococcus</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., and <i>Moraxella</i> sp.
16.	Polyethylene carry bags	<i>Serratia marcescens</i>
17.	HDPE, LDPE, and LLDPE	<i>Rhodococcus rhodochorus</i> ATCC 29672
18.	Natural and synthetic polyethylene	<i>Pseudomonas</i> sp. (P1, P2, and P3)
19.	Polyethylene carry bags	<i>Serratia marcescens</i> 724, <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Streptococcus aureus</i> (B-324), and <i>Micrococcus lylae</i> (B-429)
20.	HDPE	<i>Arthrobacter</i> sp. and <i>Pseudomonas</i> sp.
21.	LDPE	<i>Staphylococcus epidermis</i>
22.	Polyethylene bags	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , and <i>Bacillus subtilis</i>
23.	LDPE	<i>Bacillus cereus</i> C1
24.	LDPE powder	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., and <i>Bacillus</i> sp.
25.	Degradable plastic	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Bacillus subtilis</i> , <i>staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus lactis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , and <i>Micrococcus luteus</i>
26.	LDPE and LLDPE	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , and <i>Brevibacillus borstelensis</i>
27.	LDPE	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PAO1 (ATCC 15729), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 15692), <i>Pseudomonas putida</i> (KT2440 ATCC 47054), and <i>Pseudomonas syringae</i> (DC3000 ATCC 10862)

Sumber : Devi et al (2015)

2.2.1 Bakteri Pseudomonas

Bakteri Pseudomonas merupakan jenis bakteri Gram negatif yang tergolong ke dalam salah satu bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon (Suyono and Farid, 2011). Selain mampu mendegradasi hidrokarbon, dari berbagai penelitian juga teridentifikasi bahwa bakteri dari jenis ini mampu mendegradasi berbagai polimer, baik polimer alam maupun polimer sintetik. Adapun klasifikasi dari bakteri Pseudomonas menurut Microbewiki (2016) adalah sebagai berikut :

Domain : Bakteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gamma Proteobacteria
Orde : Pseudomonadales
Famili : Pseudomonadaceae
Genus : Pseudomonas
Spesies : *Pseudomonas* sp.



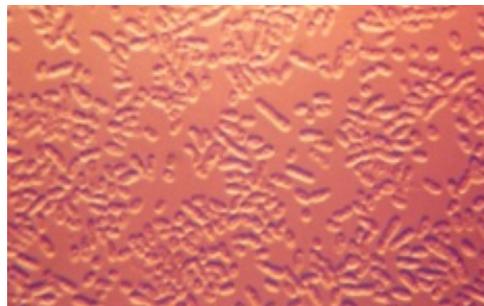
Gambar 2.4. Bakteri *Pseudomonas* sp.
Sumber : Microbewiki (2016)

Bakteri Pseudomonas merupakan bakteri yang cenderung banyak ditemukan di tanah dan lingkungan berair, dikarenakan bakteri ini tergolong jenis water- born bacteria yaitu bakteri yang berasal dari air. Mayoritas bakteri jenis ini termasuk ke dalam kelompok bakteri patogen oportunistik, dimana dapat secara aktif menimbulkan penyakit pada host saat kondisi imunitas host mengalami penurunan. Bakteri Pseudomonas sendiri memiliki karakteristik seperti, gram negatif, berbentuk batang (rods) atau kokus (coccus), aerob obligat, motil dengan flagel polar. Bakteri ini juga tergolong bakteri oksidase positif, katalase positif, non-fermenter dan tumbuh dengan baik pada suhu 4°C atau dibawah 43°C. Pseudomonas banyak ditemukan pada tanah, tanaman dan air. Beberapa spesies Pseudomonas yang telah teridentifikasi yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas* sp, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas stutzeri* dan lain-lain (Suyono and Farid, 2011).

2.2.2 Bakteri Ochrobactrum

Bakteri Ochrobactrum merupakan bakteri yang tergolong dalam sub kelas Alphaproteobacteria. Bakteri dari genus ini secara filogenetik teridentifikasi berdasarkan struktur basa nitrogen dalam DNA – rRNA dan 16S rDNA. Ditinjau dari segi karakteristik genetik, genus ini berkerabat dekat dengan bakteri dari genus Brucella. Mayoritas genus ini memiliki karakteristik yaitu tergolong bakteri yang tidak mampu menguraikan glukosa untuk proses fermentasi (non-fermentative bacteria), bersifat aerobik, umumnya bersifat motil karena memiliki flagella jenis peritrichous sebagai alat lokomosi, oksidasi positif dan tidak memproduksi senyawa indol serta tergolong bakteri Gram negatif dengan bentuk sel seperti batang atau basil (Lebuhn et al., 2000). Adapun klasifikasi dari bakteri Ochrobactrum menurut Microbewiki (2012) adalah sebagai berikut :

Domain : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Alpha Proteobacteria
Orde : Rhizobiales
Famili : Brucellaceae
Genus : Ochrobactrum
Spesies : *Ochrobactrum* sp.



Gambar 2.5. Bakteri *Ochrobactrum* sp.
Sumber : Microbewiki (2012)

Bakteri Ochrobactrum tergolong bakteri yang berasal dari tanah dan sering ditemukan di sekitar daerah perakaran tanaman. Bakteri ini juga termasuk salah satu bakteri patogen oportunistik, dimana dapat menimbulkan penyakit bila kondisi sistem imun host mengalami penurunan fungsi. Berdasarkan penelitian terakhir, telah teridentifikasi 18 spesies dari genus ini dan terdapat 5 spesies yang umum ditemukan yaitu *O. anthropi*, *O. intermedium*, *O. tritici*, *O. grignonense* dan *O. gallinifaecis* (Lauhn et al., 2000).

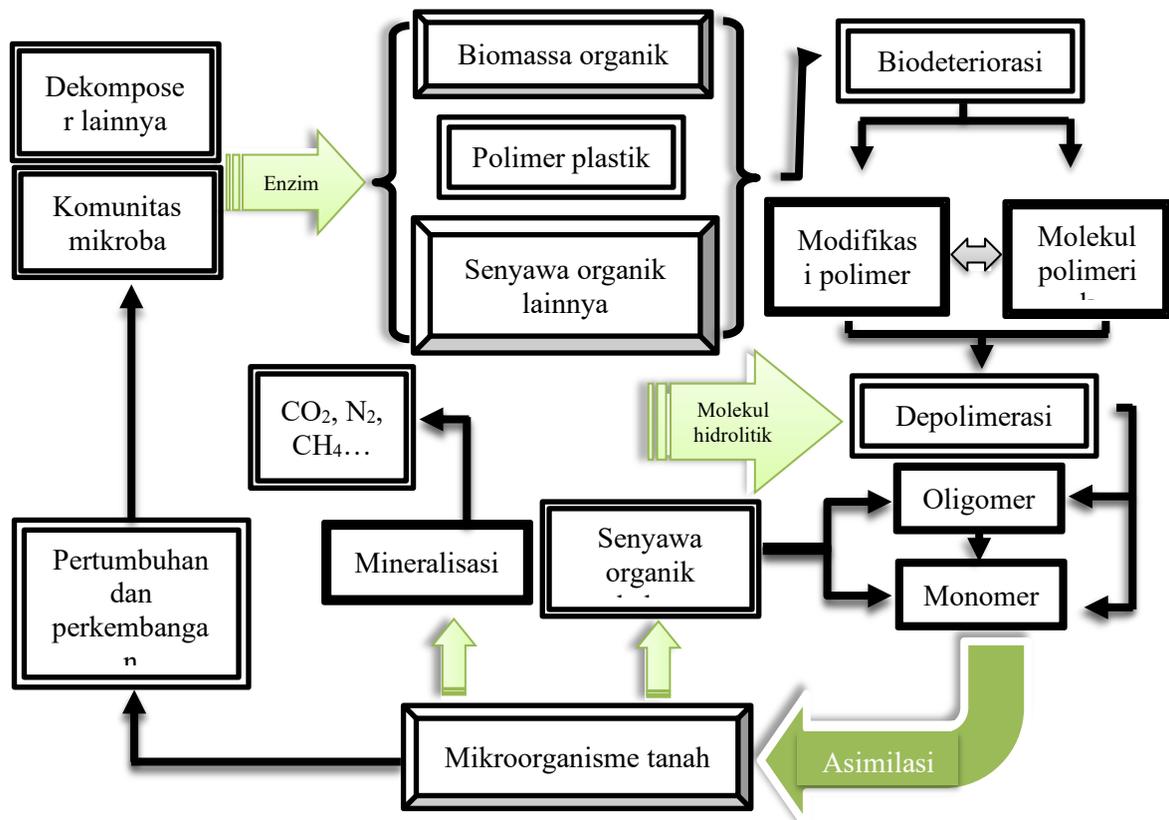
2.3 Proses Biodegradasi Plastik

Plastik tergolong salah satu polimer kompleks yang memiliki umur degradasi yang sangat lama. Rentang waktu degradasi yang cukup lama tersebut dikarenakan struktur polimer plastik yang memiliki rantai panjang yang berulang, sehingga memerlukan cukup banyak waktu untuk memotong rantai tersebut menjadi molekul berantai pendek (Asmita et al., 2015). Material polimerik dapat terurai di alam melalui berbagai mekanisme fisik, kimiawis dan degradasi secara biologis ataupun kombinasi dari berbagai mekanisme tersebut dengan didukung oleh kondisi lingkungan yang sesuai seperti tingkat kelembaban, udara, temperatur, cahaya, radiasi gelombang pendek (sinar UV, radiasi sinar gamma) dan kehadiran mikroorganisme (bakteri atau fungi). Proses biodegradasi oleh mikroorganisme terutama bakteri melalui berbagai tahap yang meliputi tahap pelekatan bakteri pada permukaan dinding polimer, perkembangbiakan dan pertumbuhan bakteri perombak polimer, degradasi primer dari polimer dan proses degradasi akhir (Arutchelvi et al., 2008).

Bakteri dapat melekat pada permukaan dinding polimer apabila permukaan polimer bersifat hidrofilik (Trevino et al., 2008). Akan tetapi terdapat beberapa polimer plastik yang bersifat hidrofobik akibat struktur rantainya hanya memiliki gugus CH_2 , sehingga membuat jalur degradasi akan semakin panjang. Reaksi fisik ataupun kimia pada proses degradasi awal akan membantu proses tersebut dengan cara membuka celah masuk bagi gugus hidrofilik pada permukaan polimer, sehingga membuat permukaan polimer akan semakin bersifat hidrofilik (Musiol et al., 2015). Setelah bakteri melekat pada permukaan polimer, bakteri tersebut akan terus berkembang biak dan tumbuh pada daerah permukaan dengan memanfaatkan polimer sebagai sumber karbon. Jika populasi bakteri telah cukup, maka proses degradasi primer terjadi, yang diawali dengan pemecahan rantai utama polimer, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pembentukan fragmen dengan bobot molekul rendah atau disebut dengan monomer (Arutchelvi et al., 2008).

Proses degradasi tersebut diperantarai oleh enzim yang disekresikan oleh bakteri. Fragmen dengan bobot molekul rendah yang dibentuk kemudian dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber karbon dan energi (Devi et al., 2015). Beberapa oligomer berukuran kecil juga berdifusi melalui membran sel bakteri dan berasimilasi menjadi bentuk energi cadangan bagi bakteri. Produk utama dari proses degradasi polimer adalah gula sederhana, gas karbondioksida (CO_2), molekul H_2O dan biomassa jika berada dalam kondisi aerob, akan tetapi jika dalam keadaan anaerob, bakteri anaerobik akan mengubah polimer menjadi beberapa produk seperti gas karbondioksida (CO_2), H_2O , CH_4 (jika dalam lingkungan mengandung gas metana), H_2S (jika dalam lingkungan mengandung sulfur) dan biomassa (Seo et al., 2009). Skema biodegradasi polimer

plastik oleh bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Skema biodegradasi polimer plastik
Sumber : Lucas et al (2008)

2.4 Plastik (Synthetic Based Polymers)

2.4.1 Plastik

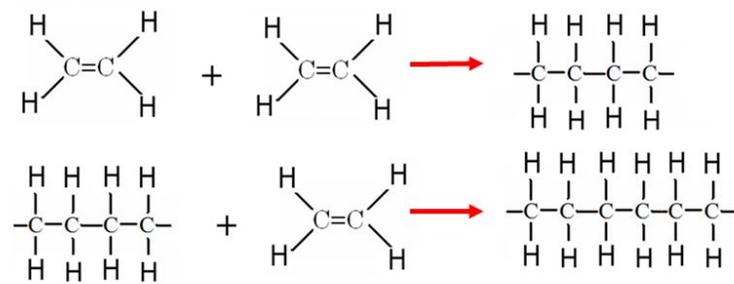
Penggunaan plastik pada era ini telah menjadi sebuah bagian penting dalam semua sektor perekonomian. Tingkat permintaan plastik pada tataran pasaran global terus mengalami peningkatan dan telah mencapai angka permintaan sekitar 245 ton per tahunnya (Das and Santosh, 2015). Laju distribusi plastik yang begitu cepat pada pasaran global tidak hanya disebabkan oleh komponen plastik yang tahan panas, tetapi juga dikarenakan daya stabilitas dan durabilitas plastik yang tergolong tinggi. Plastik merupakan polimer sintetik berantai molekul panjang dan memiliki berat molekul yang tergolong tinggi (Anggarini, 2013). Kata plastik sendiri berasal dari Bahasa latin yaitu *plasticos* yang berarti mudah dibentuk, dikaitkan dengan sifat polimer sintetik yang dapat dilelehkan dan diubah menjadi beragam bentuk (Maghfiroh and Heniyatun, 2015).

Struktur dasar dari plastik berupa makromolekul rantai panjang yang tersusun dari unit-unit monomer melalui proses kimiawis. Plastik terbuat dari monomer hidrokarbon, yang terbentuk melalui proses modifikasi bahan alam secara kimiawis atau tersintesis melalui gabungan antara bahan baku organik dan anorganik (Devi et al.,

2015). Proses pembentukan plastik terdiri dari tiga mekanisme reaksi yang berbeda (Klein, 2011; German Marine Insurers, 2016), diantaranya :

a) Adisi Polimerisasi (Addition Polymerization)

Mekanisme ini melibatkan proses pemutusan ikatan rangkap tiga atau rangkap dua untuk menyambungkan beberapa molekul berukuran kecil atau mikromolekul secara bersamaan menjadi sebuah rantai panjang untuk membentuk molekul berukuran besar tanpa kehilangan satupun atom atau molekul. Produk yang terbentuk dari proses ini memiliki komposisi yang sama seperti material pembentukannya tanpa disertai hilangnya produk sekunder atau produk samping. Reaksi adisi polimerisasi ini diinisiasi oleh suhu dan tekanan tinggi serta katalis. Reaksi adisi polimerisasi dapat dilihat melalui Gambar 2.7. berikut:

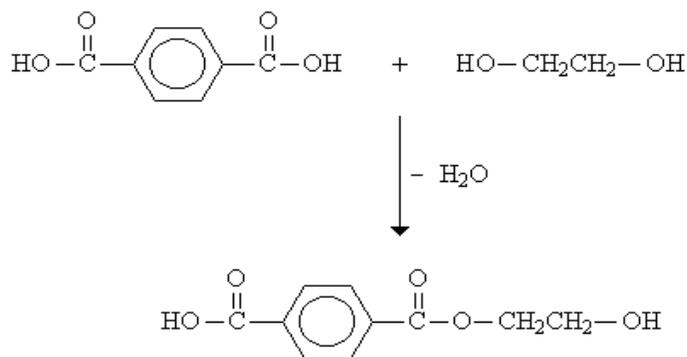


Gambar 2.7. Reaksi adisi polimerisasi
Sumber : Cummings (2015)

Contoh jenis polimer yang dibentuk melalui reaksi ini yaitu polystyrene (PS), polypropylene (PP) and polyethylene (PE).

b) Polikondensasi (Polycondensation)

Proses polikondensasi merupakan proses pembentukan polimer melalui penggabungan monomer-monomer yang berbeda untuk membentuk molekul tunggal berbobot molekul tinggi disertai dengan pelepasan molekul berbobot rendah seperti air dan ammonia. Reaksi polikondensasi dapat dilihat melalui Gambar 2.8. berikut:



Gambar 2.8. Reaksi polikondensasi
Sumber : Camille and Henry (2000)

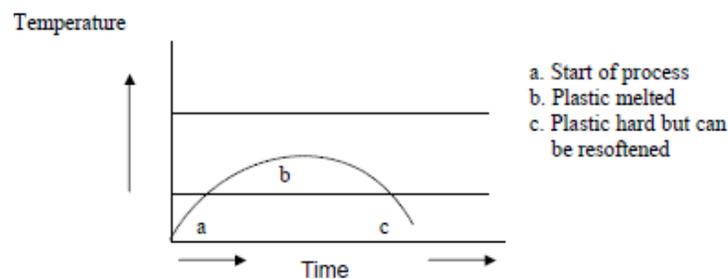
Contoh jenis polimer yang dibentuk melalui reaksi ini yaitu poly (ethylene terephthalate) atau sering disebut polimer PET.

c) Poliadiisi (Polyaddition)

Poliadiisi merupakan proses pembentukan polimer melalui penggabungan monomer-monomer yang berbeda untuk membentuk molekul berantai panjang disertai dengan perpindahan atom hidrogen, tetapi tanpa disertai terbentuknya produk sekunder atau produk samping. Contoh jenis polimer yang dibentuk melalui reaksi ini yaitu polyurethane (PU).

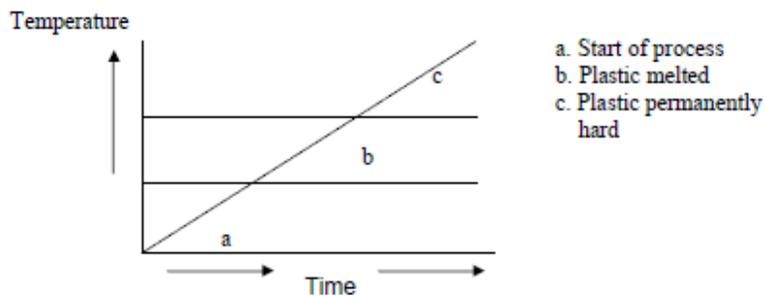
Plastik sintetik maupun organik berasal dari bahan dasar yang sama berupa resin atau getah yang banyak diperoleh dari tanaman atau pohon (Devi et al., 2015). Beragam kegunaan dari resin ini mengakibatkan terjadinya peningkatan tingkat produksi dan konsumsi selama 3 dekade terakhir serta secara cepat menyebar di segala aspek kehidupan sehari-hari. Dikarenakan plastik bersifat ringan, kuat, tahan lama dan murah sehingga membuat plastik banyak dipergunakan untuk memproduksi berbagai jenis produk (Laist, 1987). Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan (Anggarini, 2013), yaitu :

- a) Plastik termoplas merupakan jenis plastik yang dapat dicetak secara berulang-ulang melalui proses penyinaran secara langsung pada suhu tinggi. Plastik jenis ini antara lain polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon. Plastik termoplas bersifat lentur, mudah terbakar, tidak tahan panas, dapat didaur ulang, melekat mengikuti perubahan suhu dan sifatnya dapat balik (reversible) kepada sifatnya yakni kembali mengeras bila didinginkan. Pengaruh suhu dan waktu terhadap sifat fisik plastik jenis termoplas dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Pengaruh suhu dan waktu terhadap sifat fisik plastik termoplas Sumber: Mujiarto (2005)

- b) Plastik termoset, yaitu plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Plastik termoset bersifat kaku, tidak mudah terbakar, tahan terhadap suhu tinggi, tidak dapat mengikuti perubahan suhu dan berikatan cross-linking. Pengaruh suhu dan waktu terhadap sifat fisik plastik jenis termoset dapat dilihat pada Gambar 2.10.



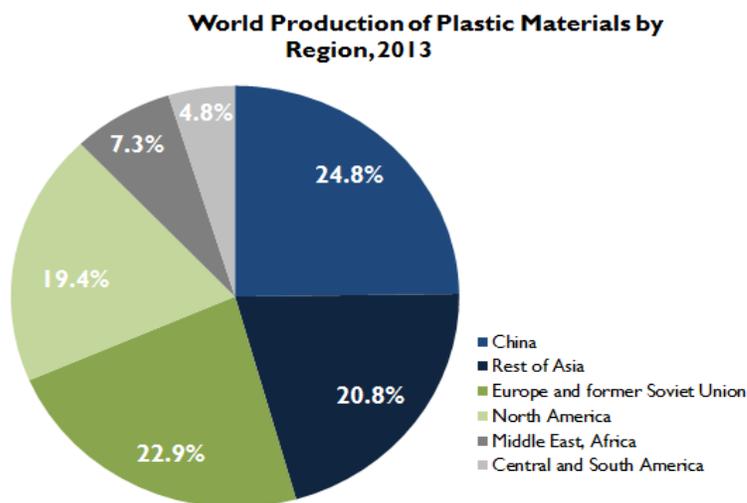
Gambar 2.10. Pengaruh suhu dan waktu terhadap sifat fisik plastik termoset
 Sumber : Mujiarto (2005)

2.4.2 Distribusi plastik

Plastik tergolong polimer dengan tingkat distribusi yang sangat luas. Material plastik banyak digunakan karena memiliki kelebihan dalam sifatnya yang ringan, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau semua kalangan masyarakat. Segala keunggulan ini membuat plastik digemari dan banyak digunakan dalam setiap aspek kehidupan manusia (Laist, 1987). Asia adalah konsumen plastik terbesar di dunia, terbukti pasar wilayah ini menyerap sekitar 30% konsumsi plastik dunia diikuti benua Amerika, Eropa, serta negara-negara lain. Plastik dan polimer banyak digunakan di berbagai sektor kehidupan. Hampir setiap produk industri menggunakan plastik sebagai kemasan atau sebagai bahan dasar. Setiap tahun sekitar 100 juta ton plastik diproduksi dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri, dan kira-kira sebesar itulah sampah plastik yang dihasilkan setiap tahun (Ummah, 2013). Sesuai perkiraan Industri Plastik dan Olefin Indonesia (INAPlas) disebutkan, kebutuhan plastik masyarakat Indonesia di tahun 2002 sekitar 1,9 juta ton kemudian meningkat menjadi 2,1 juta ton di tahun 2003. Sementara kebutuhan plastik dalam negeri di tahun 2004 diperkirakan mencapai 2,3 juta ton. Ini berarti sudah berpuluh-puluh ton plastik yang telah diproduksi dan digunakan masyarakat. Plastik telah menjadi kebutuhan hidup yang terus meningkat jumlahnya (Firdaus et al, 2008).

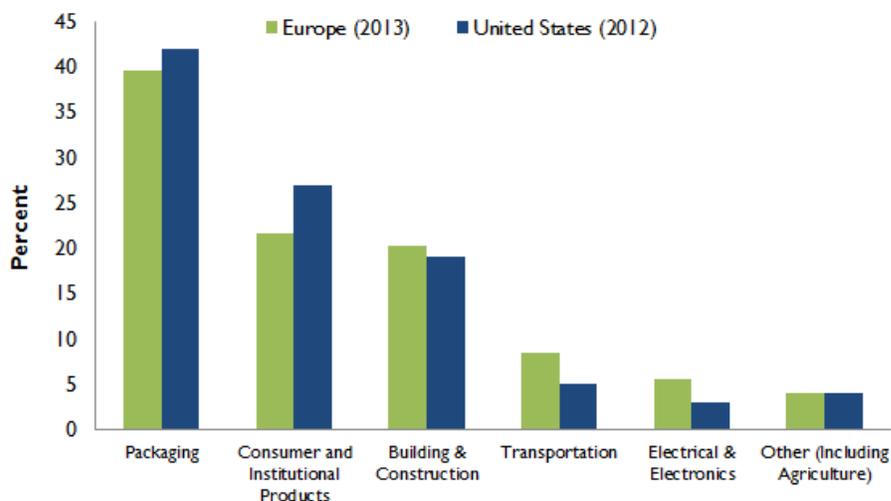
Produksi plastik terus mengalami peningkatan di wilayah benua Asia, dimana tingkat produksi telah mencapai 45,6% dari total produksi plastik global pada tahun 2013, yang diikuti oleh negara China dengan tingkat produksi mencapai seperempat total produksi plastik dunia. Selain itu, negara-negara dengan tingkat produktivitas plastik yang tinggi diantaranya negara Eropa dan Uni Soviet dengan tingkat produksi mencapai 22,9% dari total produksi plastik dunia, Amerika Utara dengan tingkat produksi mencapai 19,4% dari total produksi plastik dunia, diikuti oleh Timur tengah dengan tingkat produksi mencapai 7,3% dan USA dengan tingkat produksi mencapai 4,8% (Gourmelon, 2015). Produksi material plastik di berbagai wilayah di dunia dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Produksi Material Plastik di Berbagai Wilayah di Dunia



Gambar 2.11. Produksi material plastik di dunia
Sumber : Gourmelon (2015)

Menurut Gourmelon (2015), di negara Eropa dan USA plastik mayoritas dipergunakan sebagai bahan pembungkus suatu produk industri dengan persentase penggunaan mencapai 40%, diikuti dengan penggunaan plastik sebagai bahan dasar pembuatan produk mainan anak-anak dengan persentase mencapai 25% (Gambar 2.12).



Gambar 2.12. Penggunaan plastik ditinjau dari berbagai sektor
Sumber : Gourmelon (2015)

2.4.3 Sifat plastik

Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan dipergunakan sejak abad ke-20, yang secara grafis mengalami tingkat perkembangan yang begitu luar biasa dari segi penggunaannya, dimana dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Laist, 1987). Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini. Salah satu jenis plastik adalah Polytehylene (PE). Polietilen

dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: Low Density Polyethylene (LDPE) dan High Density Polyethylene (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C) (Ummah, 2013).

Produk-produk barang konsumsi dengan kemasan plastik cenderung terus meningkat seiring dengan semakin meningkatnya konsumsi dan daya beli masyarakat. Industri makanan dan minuman pada umumnya menggunakan kemasan plastik sebagai material pembungkus karena sifat plastik yang ringan, fleksibel, praktis dan harganya relatif murah (Kumoro and Aprilina, 2014). Menurut Rahimah (2011), Plastik memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a) Tembus pandang (clarity);
- b) Memiliki tingkat kekakuan (stiffness) tinggi;
- c) Permeabel terhadap gas;
- d) Ketahanan terhadap benturan atau gesekan (impact strength);
- e) Dapat dibengkokkan;
- f) Ketahanan terhadap sobekan (tear strength)
- g) Dapat melindungi bahan dari mikroorganisme patogen atau pembusuk;
- h) Memberi perlindungan bahan terhadap perubahan lingkungan;
- i) Ringan dan mudah dibawa;
- j) Tahan lama;

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat-sifat plastik

No	Karakteristik	Nilai
1	Kuat Tarik (MPa)	24,7 - 302
2	Persen Elongasi (%)	21 - 220
3	Hidrofobisitas	99

Sumber : Anggarini (2013)

2.4.4 Jenis-jenis plastik

Perkembangan industri plastik global telah memunculkan berbagai jenis plastik yang memiliki bahan dasar yang berbeda. Berdasarkan struktur kimia dan ketahanan terhadap panas, plastik dibedakan menjadi 3 kelas (Klein, 2011), yaitu :

- a) Thermoplastik, yaitu jenis plastik yang memiliki tingkat elastisitas yang kuat, dapat dilelehkan oleh energi panas, mengeras jika didinginkan, dapat mengalami proses pelunakan dan pengerasan beberapa kali.
- b) Elastomer, yaitu jenis plastik yang memiliki tingkat elastisitas yang lembut atau tidak terlalu kuat dan biasanya jenis plastik ini tidak dapat dilelehkan oleh energi panas.
- c) Thermoset, yaitu jenis plastik yang memiliki tingkat elastisitas yang kuat dan biasanya setelah dipanaskan tidak dapat dibentuk kembali.

Berdasarkan ketiga kelas polimer plastik di atas, maka muncullah berbagai tipe plastik konvensional yang diproduksi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Menurut Devi et al (2015), berbagai jenis plastik memiliki mekanisme spesifik dalam proses pembuatannya dan memiliki pola rantai molekul ataupun senyawa aditif yang berbeda satu sama lainnya, sehingga produk plastik yang diproduksi memiliki kode tersendiri yang membedakannya dengan jenis plastik lainnya. Secara umum terdapat 7 tipe plastik konvensional, diantaranya plastik PET (Polyethylene Terephthalate), plastik HDPE (High Density Polyethylene), plastik PVC (Polyvinyl chloride), plastik LDPE (Low Density Polyethylene), plastik PP (Polypropylene), plastik PS (Polystyrene) dan jenis plastik Other (Polycarbonat, bio-based plastic, co-polyester, acrylic, polyamide) (Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan RI, 2008). Penelitian ini lebih mengkerucutkan mengenai tipe polimer plastik berbahan dasar PEG (Polyethylene Glycol) dan LDPE (Low Density Polyethylene). Kedua jenis polimer ini tergolong jenis plastik yang kerap kali dipergunakan dalam industri makanan beku dan juga dalam dunia farmakologis (Foster, 2007). Kode tipe-tipe plastik konvensional diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kode tipe plastik dan penggunaannya

Nama Senyawa	Kode	Penggunaan	Sifat Bahan	Saran Penanganan
PET Polyethylene Terephthalate		Botol minuman, <i>tray</i> biskuit, wadah selai <i>peanut butter</i> , wadah kosmetik.	Jernih (tembus pandang), kuat, tahan pelarut, kedap gas dan cairan, melembek pada suhu 80°C	Hati-hati dengan kemasan dengan kode No. 1. Didesain hanya untuk <i>single use</i> . Penggunaan lebih dari sekali meningkatkan risiko <i>leaching</i> dan pertumbuhan bakteri.
HDPE High Density Polyethylene		Tas plastik belanja (<i>grocery bags</i>), botol pengemas susu cair dan <i>juice</i> , <i>shampoo</i> , sabun cair, wadah <i>ice cream</i> .	Keras sampai semi fleksibel, tahan terhadap bahan-bahan kimia dan cairan, permukaan berkilin (<i>waxy</i>), buram (<i>opaque</i>), melembek pada suhu 75°C, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk.	Sejauh ini dianggap aman (<i>appears to be safe</i>).
PVC Polyvinyl Chloride		Pembungkus pangan (<i>food wrap</i> , <i>meat wrap</i>), botol minyak sayur, kantung darah.	Kuat, keras, bisa jernih (tembus pandang), dapat diubah bentuknya menggunakan pelarut, melembek pada suhu 80°C.	Sebaiknya dihindari. Memiliki julukan " <i>the Poison Plastic</i> ", mengandung sejumlah racun berbahaya.
LDPE Low Density Polyethylene		Tas plastik belanja toko dan <i>department store</i> , kantong roti dan bahan pangan segar, pembungkus pangan. Botol yang dapat ditekan (<i>squeezable bottles</i>).	Lunak, fleksibel, permukaan berkilin (<i>waxy</i>), tidak jernih tapi tembus sinar (<i>translucent</i>), melembek pada suhu 70°C, mudah tergores.	Sejauh ini dianggap aman (<i>appears to be safe</i>).
PP Polypropylene		Botol obat, kantong <i>chips</i> kentang, krat <i>cereal</i> , sedotan, pita perekat kemasan.	Keras tapi fleksibel, permukaan berkilin (<i>waxy</i>) surface, softens at 140°C, tidak jernih tapi tembus sinar (<i>translucent</i>), tahan pelarut.	Sejauh ini dianggap aman (<i>appears to be safe</i>).
PS Polystyrene		CD, pisau plastik, kemasan <i>foam</i> , karton telur.	Jernih, berkaca (<i>glassy</i>), kaku, mudah patah, buram (<i>opaque</i>), melembek pada suhu 95°C, terpengaruh oleh lemak dan pelarut.	Sebaiknya dihindari. Dapat melepaskan <i>styrene</i> , senyawa yang diduga karsinogen dan pengganggu hormon (<i>endocrine disruptor</i>).
OTHER Huruf-huruf di bawah logo menunjukkan kode ISO untuk jenis plastik, seperti SAN, ABS, PC, Nylon		Botol bayi, botol pendingin air, suku cadang mobil.	Mencakup semua resin lain dan material majemuk (contoh; <i>laminates</i>). Sifat tergantung pada plastik atau kombinasi plastik yang digunakan.	Dapat dipergunakan dengan hati-hati. Yang dikhawatirkan adalah pelepasan (<i>leaching</i>) Bisphenol A yang diduga memicu kerusakan kromosom.

Sumber: Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan RI, 2008

2.5 Polimer HDPE (High Density Polyethylene)

Plastik HDPE tergolong ke dalam jenis termoplastik berbahan dasar polyethylene yang berasal dari monomer etilen yang dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping industri minyak dan batubara (SmartforNature, 2016). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: Low Density Polyethylene (LDPE) dan High Density Polyethylene (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C) (Ummah, 2013). Sifat-sifat plastik HDPE menurut Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas

Obat dan Makanan RI (2008) berupa bersifat keras hingga semifleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat ditembus gas, permukaan berlilin, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk serta dapat melunak pada suhu 75°C. Polimer plastik jenis HDPE biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, dan tutup plastik.



Gambar 2.13. Contoh produk plastik LDPE
Sumber : SmartforNature (2016)

2.6 Plastik LDPE (Low Density Polyethylene)

Plastik LDPE juga jenis plastik yang tergolong dalam jenis polyethylene yang berasal dari monomer etilen yang dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping industri minyak dan batubara (SmartforNature, 2016). Plastik jenis LDPE dihasilkan dengan cara polimerisasi pada tekanan tinggi. Dalam perdagangan dikenal dengan nama alathon, dylan dan fortiflex. Kekakuan dan kuat tarik dari LDPE lebih rendah daripada HDPE (modulus Young 20.000-30000 psi, dan kuat tarik 1200-2000 psi), tapi karena LDPE memiliki derajat elongasi yang tinggi (400-800%) maka plastik ini mempunyai kekuatan terhadap kerusakan dan ketahanan untuk putus yang tinggi (Valentas et al., 1997). Selain itu, plastik LDPE memiliki titik leleh berkisar antara 105-115°C dan sering dipergunakan untuk film, mangkuk, botol dan wadah/kemasan (Valentas et al., 1997). Sifat-sifat plastik LDPE menurut Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan RI (2008) yaitu :

- 1) Bahan mudah diproses;
- 2) Kuat dan fleksibel;
- 3) Kedap air;
- 4) Tidak jernih tetapi tembus cahaya;
- 5) Melunak pada suhu 70°C.



Gambar 2.14. Contoh produk plastik LDPE
Sumber : SmartforNature (2016)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

3.1.1 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini tergolong jenis penelitian eksplorasi dan eksperimental dengan proses pengambilan sampel dilakukan pada 2 lokasi berbeda, yaitu di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan hutan bambu Keputih Surabaya. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang dijadikan sebagai lokasi pengambilan sampel. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi TLM Universitas Muhammadiyah Surabaya . Pelaksanaan kegiatan dimulai pada bulan Januari 2023 dan berakhir pada bulan Februari 2023.

3.1.2 Teknik pengambilan sampel tanah

Sampel tanah dari 2 lokasi berbeda, yaitu dari TPA dan hutan mangrove diambil dengan menggunakan metode purposive sampling. Pengambilan sampel pada lokasi TPA dan hutan mangrove dilakukan pada 5 titik yang berbeda dalam satu area yang sama dengan ulangan sebanyak 3 kali, sehingga dalam satu area dapat diperoleh total sampel tanah sebanyak 15 sampel (Gambar 3.1.). Sampel tanah yang diambil berupa tanah yang terdapat plastik yang telah terurai secara alami. Sampel tanah diambil pada lapisan atas tanah yang telah digali sedalam 10-15 cm sebanyak 100 Gram dengan menggunakan sekop dan dimasukkan ke dalam ziplock steril yang telah diberi label ($T_n U_n$), dimana T_n merupakan titik atau lokasi pengambilan dan U_n sebagai jumlah ulangan. Kemudian sampel tanah disimpan dalam kontainer steril dengan suhu sekitar 4°C dan segera dibawa ke laboratorium untuk melakukan proses analisis.

3.1.4 Persiapan kantong plastik

Plastik yang digunakan berupa kantong “kresek” jenis High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) yang diperoleh dari pasar lokal dipotong dengan ukuran 5×1 cm sebanyak 3 kali ulangan, kemudian disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit, lalu dilanjutkan dengan pencucian dengan menggunakan air steril dan dikeringanginkan dengan sinar UV pada Laminar Air Flow selama 30 menit. Untuk mengetahui berat kering awal plastik, potongan tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 24 jam, sehingga diperoleh berat murni plastik tanpa kandungan air. Potongan plastik ditimbang menggunakan neraca analytical balance dalam kondisi steril sebagai berat kering awal. Supaya dapat dibedakan, masing-masing potongan plastik diberi tanda. Selain persiapan plastik potongan, juga dipersiapkan plastik powder dengan cara plastik jenis High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) dipotong hingga berukuran kecil, dibenamkan dalam larutan xylene dan

direbus selama 15 menit. Kemudian dihancurkan menggunakan blender dan ditumbuk menggunakan mortar dan pestle steril hingga plastik berbentuk serbuk. Setelah itu, plastik powder direndam dalam alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit dan dikeringanginkan dengan sinar UV pada Laminar Air Flow selama 30 menit, lalu di inkubasi pada suhu 60°C selama 1 malam (Hussein et al., 2015).

3.1.1 Alat dan bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan untuk melaksanakan penelitian terdiri atas alat-alat berupa cawan Petri, autoclave, inkubator shaker, blender, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kaca objek, toples plastik, mikroskop, botol aqua, botol kaca UC 1000, tabung durham, vortex, oven, jarum ose (loop), mikropipet, tip, Erlenmeyer (flask tube), gelas ukur, gelas beaker, penjepit tabung reaksi, kertas saring ukuran 0,2 μ L, bunsen, kapas, kertas saring, cooling box, es batu, spreader, hot plate, tabung Eppendorf, sekop, ziplock, thermometer, pH meter, corong kaca, Laminar air flow, neraca analitik, kawat segi empat, desikator, tabung anaerob, spektrofotometer dan polibag hitam. Sedangkan bahan yang digunakan berupa plastik High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE), aquades steril, air suling, Sodium klorida (NaCl), Tween 80, media Nutrient Agar (NA), media Nutrient broth, media King's B, xylene, gliserol, larutan kristal violet, larutan garam iodine, alkohol 70% dan 95%, safranin, minyak emersi, larutan Hidrogen peroksida (H_2O_2), media Mineral Salt Agar, media Mineral Salt cair, bubuk glukosa, media King's B Agar, larutan saline dan tanah.

3.1.2 Isolasi bakteri

Proses isolasi awal bakteri menggunakan metode plating method dengan cara sampel tanah dan sampah plastik yang telah diperoleh dari lokasi TPA dan hutan mangrove, diambil sebanyak 10 Gram dan disuspensikan ke dalam botol yang telah diisi dengan 90 mL larutan salin 0,85%, kemudian suspensi disimpan pada inkubator shaker dengan suhu 37°C selama 30 menit. Setelah proses inkubasi, suspensi kemudian diencerkan dengan metode serial dilution hingga mendapatkan tingkat pengenceran 10^{-6} . Suspensi yang telah diencerkan kemudian dipipet sebanyak 0.1 mL pada masing-masing suspensi yang berbeda dan dituang dalam cawan Petri steril, lalu masing-masing dituangkan media King's B Agar yang telah ditambahkan 2% Polyethylene Glycol (PEG) untuk menguji kemampuan tumbuh isolat dalam lingkungan yang mengandung bahan dasar plastik. Cawan diputar ke arah kanan dan kiri membentuk angka 8 sebanyak 3 kali agar suspensi tercampur merata, lalu media dibiarkan membeku, kemudian Petri yang mengandung suspensi diinkubasi secara aerob dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 48 jam.

3.1.3 Tahap pemurnian bakteri pendegradasi plastik

Bakteri yang telah diinkubasi selama 48 jam kemudian dilakukan pemurnian pada masing – masing koloni yang terbentuk dalam media King's B Agar pada cawan Petri. Koloni yang tumbuh diamati struktur morfologinya yang meliputi bentuk koloni, pinggiran koloni, permukaan koloni, elevasi koloni, ukuran koloni, warna koloni dan perubahan warna media. Koloni yang berbeda ditandai, kemudian diisolasi ke media King's B Agar dengan menggunakan metode streak for single colony untuk memperoleh koloni tunggal yang terpisah. Media selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C dan 40 °C selama 24-72 jam hingga koloni tunggal dan murni pada cawan Petri terlihat. Proses inkubasi dilakukan dengan posisi yang terbalik dan dalam kondisi aerob. Koloni tunggal yang telah terbentuk kemudian diambil dan diose dalam media Nutrient Broth (NB) untuk diperbanyak. Isolat yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi pendahuluan dengan uji pewarnaan Gram, katalase, uji produksi gas (oksidase), uji motilitas, uji produksi indol dan Hidrogen Sulfida (H₂S) serta uji fermentasi laktosa. Isolat murni yang diperoleh juga diambil 1 ose dan di streak pada media King's B Agar miring yang telah ditambahkan gliserol untuk dijadikan sebagai stock culture.

3.1.4 Identifikasi awal bakteri pendegradasi plastik

Isolat yang diperoleh diamati secara makroskopis (visual) dan mikroskopis. Selain itu, beberapa karakteristik fisiologi, seperti pewarnaan Gram, katalase, uji produksi gas (oksidase), uji motilitas, uji produksi indol dan Hidrogen Sulfida (H₂S) serta uji fermentasi laktosa juga dipelajari atau diamati. Proses identifikasi yang dilakukan berdasarkan buku Bergeys Manual of Bacteriology.

3.1.4.1 Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis isolat bakteri yang dilakukan dalam penelitian ini berupa mengamati bentuk koloni bakteri pada permukaan media yang dilihat dari sisi atas (berbentuk titik – titik, berbenang, tak beraturan, serupa akar atau berbentuk kumpanan), mengamati tepi koloni bakteri dilihat dari sisi atas (utuh, berombak, berbelah, bergerigi, berbenang atau keriting), mengamati tekstur permukaan koloni bakteri (halus atau kasar), elevasi koloni, ukuran koloni, warna koloni bakteri dan mengamati perubahan warna media.

3.1.4.2 Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan dengan mengambil kultur murni bakteri pada media penyimpanan dengan menggunakan ose, kemudian dibuat apusan bakteri pada gelas objek yang telah ditetesi aquades steril secukupnya. Setelah koloni bakteri tersebar secara merata, gelas objek selanjutnya difiksasi di atas nyala api bunsen dengan jarak

15 – 30 cm. Tahap awal pewarnaan Gram dilakukan dengan cara mewarnai apusan bakteri dengan larutan kristal violet selama 1 – 3 menit, kemudian dibilas dengan air mengalir dengan posisi gelas objek terbalik. Selanjutnya, apusan bakteri ditetesi dengan larutan iodine (lugol) dan didiamkan selama 2 menit, dicuci dengan larutan alkohol 95% selama 30 detik hingga warnanya terhapus, dan dibilas kembali dengan air mengalir. Selanjutnya, apusan bakteri diwarnai dengan pewarna tandingan safranin selama 5 – 15 menit, dicuci dengan air mengalir dan difiksasi di atas nyala api Bunsen hingga kering. Kemudian apusan bakteri diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000 kali dan dengan menggunakan minyak emersi agar bentuk bakteri terlihat jelas.

3.1.4.3 Uji katalase

Isolat yang diperoleh diambil dan dibuat apusannya pada gelas objek, lalu ditetesi 2 tetes larutan Hidrogen peroksida (H_2O_2) 3%. Hasil positif ditunjukkan oleh terbentuknya gelembung gas oksigen yang dihasilkan dari degradasi H_2O_2 oleh enzim katalase.

3.1.4.4 Uji fermentasi glukosa

Isolat dari media King's B Agar dibuat suspensi pada media Nutrient Broth yang telah berisi tabung durham dan telah ditambahkan glukosa, kemudian jarum ose panas (hot-loop) dimasukkan ke dalam kultur cairan tersebut. Hasil positif ditunjukkan oleh adanya gelembung gas karbondioksida sebagai produk metabolisme glukosa.

3.1.4.5 Uji motilitas

Isolat yang diperoleh diambil dengan menggunakan jarum prepat dan ditusukkan pada tabung reaksi yang berisikan media SIM (Sufur-Indole Motility) sekitar $\frac{1}{4}$ dari tinggi media, kemudian diinkubasi pada inkubator $37^\circ C$ selama 24 jam. Hasil positif ditunjukkan koloni bakteri menyebar keluar dari jalur tusukkan.

3.1.4.6 Uji produksi Indol dan Hidrogen Sulfida (H_2S)

Isolat yang diperoleh diambil dengan menggunakan jarum prepat dan ditusukkan pada tabung reaksi yang berisikan media SIM (Sufur-Indole Motility) sekitar $\frac{1}{4}$ dari dari tinggi media, kemudian diinkubasi pada inkubator $37^\circ C$ selama 24 jam. Hasil positif indole ditunjukkan terdapatnya warna merah atau kuning pada permukaan media, sedangkan hasil positif H_2S ditunjukkan dengan perubahan warna media menjadi hitam.

3.1.4.7 Uji fermentasi laktosa

Isolat dari media King's B Agar dibuat suspensi pada media Lactose Broth yang telah berisi tabung durham, kemudian jarum ose panas (hot-loop) dimasukkan ke dalam kultur cairan tersebut. Hasil positif ditunjukkan oleh adanya gelembung gas

karbondioksida sebagai produk metabolisme laktosa

3.1.5 Screening bakteri pendegradasi polimer HDPE dan LDPE

Screening bakteri atau uji penapisan merupakan suatu rangkaian analisis kualitatif terhadap berbagai jenis bakteri yang mampu menghasilkan enzim pengurai polimer plastik. Penelitian ini menggunakan metode screening dengan tujuan membandingkan tingkat degradasi plastik oleh beberapa isolat bakteri yang diperoleh dari sampel tanah. Metode screening yang direncanakan dibagi menjadi 2 tahap pengujian, yaitu tahap screening awal berupa pengujian isolat pada medium cair serta tahap screening kedua berupa uji pembentukan zona bening dan uji pertumbuhan pada media yang mengandung polimer High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) (Hussein et al., 2015).

3.1.5.1 Screening pada media cair (Screening awal)

Metode screening pada media cair memiliki tujuan untuk menguji kemampuan isolat bakteri terhadap tingkat degradasi polimer HDPE dan LDPE dengan mengukur kepadatan bakteri (optical density). Proses screening pada medium cair dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 1 ose masing-masing kultur murni yang telah diperoleh dan diinokulasi ke dalam media Mineral Salt yang telah ditambahkan glukosa sebanyak 0.1% sebagai sumber karbon, lalu diinkubasi pada inkubator shaker 150 rpm pada suhu 30°C.

Media Mineral Salt cair yang telah dibuat sebelumnya, dituangkan sebanyak 25 mL pada labu Erlenmeyer berukuran 100 mL dan ditambahkan dengan 0.1% serbuk HDPE dan LDPE sebagai substrat dan penyuplai karbon. Labu Erlenmeyer kemudian disterilisasi dengan autoclave, lalu sebanyak 1 mL pada masing-masing medium Mineral Salt cair yang telah ditambahkan oleh glukosa dan suspensi bakteri sebelumnya, digunakan sebagai inokulum untuk setiap labu Erlenmeyer yang berisi serbuk HDPE dan LDPE. Kontrol dalam proses screening ini berupa kontrol media yang berisi serbuk HDPE dan LDPE tanpa penambahan inokulum dan kontrol negatif berupa labu Erlenmeyer yang berisi pelarut yakni air steril. Semua labu Erlenmeyer diinkubasi pada inkubator shaker 150 rpm pada suhu 30°C selama 4 hari. Pertumbuhan bakteri ditentukan berdasarkan tingkat kekeruhan.

3.1.5.2 Uji pembentukan zona bening (Screening kedua)

Metode uji pembentukan zona bening bertujuan untuk menguji efisiensi isolat bakteri dalam mendegradasi polimer HDPE dan LDPE dengan melihat dan mengukur zona perubahan warna yang dihasilkan oleh koloni bakteri dalam media yang mengandung Tween 80. Pengujian ini diawali dengan media agar yang mengandung HDPE dan LDPE ditambahkan dengan Tween 80 kemudian diinokulasi dengan kultur murni dan disebarakan pada bagian tengah media sepanjang 1 cm. Pengujian zona

bening digunakan kontrol negatif berupa media tanpa inokulum.

3.1.5.3 Uji pertumbuhan bakteri pada media yang mengandung HDPE dan LDPE (Screening kedua)

Metode uji pertumbuhan pada media yang mengandung HDPE dan LDPE merupakan metode penegasan terhadap isolat bakteri yang mampu mendegradasi polimer HDPE dan LDPE dengan tujuan untuk mengukur tingkat pertumbuhan bakteri dalam media yang mengandung potongan polimer HDPE dan LDPE. Metode ini diawali dengan media Mineral Salt cair dengan penambahan glukosa yang telah dibuat sebelumnya, dituangkan sebanyak 25 mL pada labu Erlenmeyer berukuran 100 mL dan ditambahkan dengan potongan plastik berukuran 5×1 cm yang telah diukur berat kering awalnya. Labu Erlenmeyer kemudian disterilkan dalam autoclave, lalu diinokulasi sebanyak 1 mL suspensi bakteri pada masing-masing labu erlenmeyer. Semua labu Erlenmeyer diinkubasi pada inkubator shaker 150 rpm pada suhu 30°C selama 45 hari, lalu dilihat tingkat kekeruhan media dan diukur pula berat kering akhirnya.

3.1.6 Uji persentase kehilangan berat kering

Metode uji persentase berat kering bertujuan untuk mengetahui selisih berat plastik awal dan akhir setelah terdegradasi, sehingga dapat diketahui seberapa besar kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi polimer HDPE dan LDPE. Pengukuran kehilangan berat plastik dilakukan dengan cara menghitung selisih berat potongan plastik sebelum didegradasi dan setelah proses degradasi. Potongan plastik yang sudah terpisah dengan biofilm disterilisasi dengan alkohol 70% dan dikeringanginkan. Setelah kering, potongan plastik dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Potongan plastik yang telah dioven ditimbang berat keringnya. Berikut rumus perhitungan persentase kehilangan berat plastik :

$$\text{kehilangan berat} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

W_i = Berat kering awal sebelum degradasi (Gram)

W_f = Berat kering akhir setelah degradasi (Gram)

3.1.7 Identifikasi spesies bakteri pendegradasi plastik

Isolat bakteri yang memiliki kemampuan degradasi yang paling baik dilakukan identifikasi hingga tingkat spesies dengan menggunakan metode otomatis yaitu teknologi Vitek 2 Compact. Vitek 2 Compact adalah alat pemeriksaan mikrobiologik otomatis tertentu untuk identifikasi bakteri dan uji kepekaan antibiotik. Alat tersebut menggunakan colorimetric reagent cards (Gram Negatif, Gram Positif dan ragi/Yeast) yang diinkubasi dan ditafsirkan secara otomatis.

Metode ini diawali dengan kultur bakteri pada media King's B miring dipindahkan secara aseptis pada media Blood Agar dan media Mac Conkey Agar. Sebelum dilakukan pemindahan kultur dilakukan pengecetan Gram terlebih dahulu untuk menentukan jenis bakteri. Kemudian kultur diinkubasi dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam. Setelah proses inkubasi, kultur kemudian dilakukan pengecetan Gram kembali untuk menegaskan jenis dan bentuk bakteri.

Kultur yang telah berusia 24 jam kemudian diambil dari media Blood Agar dan media Mac Conkey Agar, kemudian dilarutkan dalam 3 mL larutan NaCl 0.45% pH 4.5 hingga terbentuk suspensi sesuai bakuan McFarland 0.5 – 0.63 yang diukur dengan VITEK® 2 DensiCHEK™ Plus. GN (Gram negative) card atau GP (Gram positive) dimasukkan ke dalam tabung suspensi dan diletakkan dalam cassette, kemudian dimasukkan ke dalam VITEK 2 Compact. Hasil identifikasi bakteri Gram negatif diperoleh setelah diinkubasi selama 3–10 jam dan Gram positif selama 2–8 jam (Tauran et al., 2013).

3.2 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan atau analisis data yang digunakan adalah statistika deskriptif. Secara deskriptif dilakukan pengamatan terhadap berbagai isolat bakteri *Pseudomonas* dan *Ochrobactrum* yang diisolasi di berbagai sampel tanah di daerah Bali yang memiliki potensi terbesar dalam mendegradasi bentuk fisik plastik HDPE dan LDPE melalui uji screening.

BAB IV
LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

4.1 Luaran Penelitian

1. Publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi SINTA, dengan minimal jurnal nasional terakreditasi SINTA 3 yaitu pada jurnal BIOMA : Jurnal Ilmiah Biologi (link : <http://journal.upgris.ac.id/index.php/bioma/index>)
2. Mendapatkan HaKI yaitu berupa Hak Cipta Intelektual.
3. Dapat memberikan manfaat kepada penelitian selanjutnya (as starter away).
4. Laporan Akhir

4.2 Target Capaian

Tabel 4.1 Target Capaian Penelitian

Pelaksanaan Penelitian	Target Capaian
Isolasi Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. Dan <i>Ochrobactrum</i> sp. Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar High Density Polyethylene (HDPE) Dan Low Density Polyethylene (LDPE)	Mendapatkan isolate bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. Dan <i>Ochrobactrum</i> sp. Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar High Density Polyethylene (HDPE) Dan Low Density Polyethylene (LDPE)

BAB V
BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

5.1 Biaya Penelitian

Anggaran biaya untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sebagaimana pada tabel 5.1 berikut ini:

Tabel 5.1. Rencana Anggaran Belanja

No.	Jenis Pengeluaran	Besaran Dana (Rp.)
1	Honor Output Kegiatan	Rp. 1.050.000
2	Bahan Belanja	Rp. 5.180.000
3	Belanja Barang non Operasional lainnya	Rp. 3.770.000
	TOTAL PENGELUARAN	Rp. 10.000.000

Adapun justifikasi rekapitulasi anggaran belanja sebagaimana terlampir.

5.2 Jadwal Penelitian

Tabel 5.2. Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan Pelaksanaan									
		2022				2023					
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	
1.	Penyusunan proposal										
2.	Seminar proposal										
3.	Persiapan alat bahan										
4.	Pengujian laboratorium										
5.	Analisis data										
6.	Penulisan laporan										
7.	Publikasi Jurnal dan Media masa										

DAFTAR PUSTAKA

- Agriinfo. 2015. Factors Affecting Distribution, Activity and Population of Soil Microorganisms.
<http://www.agriinfo.in/?page=topic&superid=5&topicid=152>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Agustien, A., Mifthahul J. and Akmal D. 2016. Screening Polyethylene Synthetic Plastic Degrading-Bacteria from Soil. *Der Pharmacia Lettre*, 8 (7): 183 – 187.
- Ahmad, W.A., Wan Ahmad, W.Y., Zakaria, Z.A. and Yusof, N.Z. 2012. Application of Bacterial Pigments as Colorant. Malaysia : Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Hal 54.
- Ainiyah, Dewi N. dan Maya Shovitri. 2014. Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 3(2): 63 - 66.
- Anggarini, Fetty. 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Arefian, M., Zia M., Tahmourespour and Bayat. 2013. Polycarbonate biodegradation by isolated molds using clear-zone and atomic force microscopic methods. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10: 1319 – 1324.
- Arora, P.K., Ashutosh S. and Hanhong Bae. 2015. Review article: Microbial Degradation of Indole and Its Derivatives. *Journal of Chemistry*, Vol. 2015. 1 – 13.
- Arutchelvi, J., Ambika A., Mukesh D., Sumit B. dan Parasu V.U. 2008. Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*. 7: 9 – 22.
- Aryal, Sagar. 2014. [Biochemical Test and Identification of Pseudomonas aeruginosa](http://www.microbiologyinfo.com/biochemical-test-and-identification-of-Pseudomonas-aeruginosa/).
<http://www.microbiologyinfo.com/biochemical-test-and-identification-of-Pseudomonas-aeruginosa/>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Aryal, Sagar. 2014. [Catalase Test- Principle, Uses, Procedure, Result Interpretation with Precautions](http://www.microbiologyinfo.com/catalase-test-principle-uses-procedure-result-interpretation-with-precautions/).
<http://www.microbiologyinfo.com/catalase-test-principle-uses-procedure-result-interpretation-with-precautions/>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Aryal, Sagar. 2014. [Differences between Gram Positive and Gram Negative Bacteria](http://www.microbiologyinfo.com/differences-between-gram-positive-and-gram-negative-bacteria/).
<http://www.microbiologyinfo.com/differences-between-gram-positive-and-gram-negative-bacteria/>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Asmita, K., Tanwar S. dan Shanbhag T. 2015. Isolation of Plastic Degrading Microorganisms from Soil Samples Collected at Various Locations in Mumbai, India. *International Research Journal of Environment Sciences*. 4(3): 77 – 85.
- Baliglory. 2015. Kabupaten Tabanan Bali.
<http://www.id.baliglory.com/2015/07/tabanan-bali.html>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Biederbeck, V.O. and C.A. Campbell. 1973. Soil Microbial activity as influenced By temperature trends and fluctuations. *Can.J.Soil Sci.* 53: 363 – 376.

- Bromley, Pam. 1995. The Effect of Elevation Gain on Soil. *Environmental studies* 102
- Bruckner, Monica Z. 2016. Microbial Life Educational Resources: “Gram Staining”.
http://serc.carleton.edu/microbelife/research_methods/microscopy/gramstain.html.
 Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Camille dan Henry Dreyfus. 2000. Polymerization Reactions.
<http://faculty.uscupstate.edu/llever/Polymer%20Resources/Synthesis.htm>.
 Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Carnegie, D. dan Ramsay J.A. 2009. Anaerobic ethylene glycol degradation by microorganisms in poplar and willow rhizospheres. *Journal of Biodegradation*. 20: 551 – 558.
- Charkoudian, Louise K. Jay T. Fitzgerald, Chaitan Khosla and Andrea Champlin. 2010. In Living Color: Bacterial Pigments as an Untapped Resource in the Classroom and Beyond. *PLOS Biology* 8(10): 1 – 6.
- Cummings, Vivien. 2015. Reactions Of Organic Compounds.
<http://slideplayer.com/slide/8221883/>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Daily, Investor. 2016. Banjir Impor, Investasi Kendur.
<http://www.kemenperin.go.id/artikel/6316/Banjir-Impor,-Investasi-Kendur>.
 Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Das, M.P. dan Santosh Kumar. 2015. An approach to low-density polyethylene biodegradation by *Bacillus amyloliquefaciens*. *3 Biotech*. 5: 81 – 86.
- Devi, R.S., Velu R.K., Krishnan N., Duraisamy N., Kanthaiah K., Sekar C. dan Arokiaswamy R.A. 2015. The Role of Microbes in Plastic Degradation, dalam *Buku Environmental Waste Management* (Chandra, R., 2015), pp 341 – 370. CRC Press. India.
- Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. 2008. Kemasan Pangan. Materi Talkshow di RRI.
- Duran, R., Ulfet V., Betul A. and Umit N.B. 2009. *Ochrobactrum anthropi* bacteremia in a preterm infant with meconium peritonitis. *International Journal of Infectious Diseases*,. 13 (1): 61 – 63..
- Eriksen, M., Laurent C.M.L., Henry S.C., Martin T., Charles J.M., Jose C.B., Francois G., Peter G.R. dan Julia R. 2014. Plastic Pollution in the World’s Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *Plos One*. 10: 1 – 15.
- Fadillah, Akhmad. 2015. Implementasi Peraturan Daerah Kota Samarinda Nomor 02 tahun 2011 tentang Pengelolaan Sampah (Studi Kasus pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Samarinda). *eJournal Ilmu Pemerintahan*. 3(2): 1083 – 1097.
- Fadlilah, Fiki Rahmah dan Maya Shovitri. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(2): 40 – 43.
- Firdaus, Feris, Sri M. dan Hady A. 2008. Green Packaging Berbasis Biomaterial: Karakteristik Mekanik Dan Ketahanan Terhadap Mikroba Pengurai Film Kemasan Dari Komposit Pati Tropis-Pla-Khitosan. *Prosiding Seminar*

Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia dan Tekstil. Yogyakarta.

- Foster, L. John R. 2007. Biosynthesis, properties and potential of natural–synthetic hybrids of polyhydroxyalkanoates and polyethylene glycols. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 75: 1241 – 1247.
- German Marine Insurers. 2016. Mechanisms of formation of plastics. http://www.tis-gdv.de/tis_e/verpack/kunststo/bildung/bildung.htm. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Golding, I., Yonathan K., Inon C. and Eshel B.J. 1998. Studies of bacterial branching growth using Reaction-diffusion models for colonial development. *Physica A.* 260 (1): 510 – 554.
- Gourmelon, Gaelle. 2015. Global Plastic Production Rises, Recycling Lags. WorldWatch Institute. Europe.
- Grosser, Jude W. dan Fred G. Gmitter Jr. 2011. Protoplast fusion for production of tetraploids and triploids: applications for scion and rootstock breeding in citrus. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 104: 343 – 357.
- Hagiya, H., Kouhei O., Miyako M., Naoto W. and Tomoko M. 2013. Clinical Characteristics of *Ochrobactrum anthropi* Bacteremia. *Journal of Clinical Microbiology.* 51 (4): 1330 – 1333.
- Harold, C.B. and M. Starr Nichols. 1918. Nitrogen content of bacterial cells. *J.Biol.Chem.* 33 (1): 525 – 529.
- Huri, Daman dan Fithri C.N. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Edible Film. *Jurnal Pangan dan Agroindustri.* 2(4): 29 – 40.
- Hussein, Amal A., Ithar K.Al-Mayaly dan Saad H.K. 2015. Isolation, Screening and Identification of Low Density Polyethylene (LDPE) degrading bacteria from contaminated soil with plastic wastes. *Mesopotamia Environmental Journal.* 1(4): 1 – 14.
- Kale, S.K., Amit G.D., Mahendra S.D. dan Vikram B.P. 2015. Microbial degradation of plastic: a review. *Journal Biochem. Tech.* 6(1): 952 – 961.
- Klein, Rolf. 2011. *Laser Welding of Plastics* First Edition. Wiley-VCH. UK.
- Knob, A & Carmona, E.C. 2008. Xylanase production by *Penicillium sclerotiorum* and its characterization. *World Applied Sciences Journal* 4(2): 277-283.
- Kumoro, A.C. dan Aprilina P. 2014. Sifat Mekanik Dan Morfologi Plastik Biodegradable Dari Limbah Tepung Nasi Aking Dan Tepung Tapioka Menggunakan Gliserol Sebagai Plasticizer. *Teknik.* 35(1): 8 – 16.
- Kurniawan, S.H. 2011. Pengaruh Penggunaan Serat Plastik Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah. Program Studi Teknik Sipil. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Laist, David W. 1987. Overview of the Biological Effects of Lost and Discarded Plastic Debris in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin.* 18(6B): 319 – 326.

- Lebuhn, M., Wafa Achouak, Michael Schloter, Odile Berge, Harald Meier, Mohamed Barakat, Anton Hartmann and Thierry Heulin. 2000. Taxonomic characterization of *Ochrobactrum* sp. isolates from soil samples and wheat roots. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 50: 2207 – 2223.
- Lee, L.H., Nurullhudda Z., Adzzie S.A., Shu-Kee E., Bey-Hing G., Wai-Fong Y., Nurul-Syakima A.M. dan Kok-Gan Chan. 2014. Diversity and Antimicrobial Activities of Actinobacteria Isolated from Tropical Mangrove Sediments in Malaysia. *The Scientific World Journal*. 2014: 1 – 14.
- Lopatto, Eleanor. 2013. Patterns of Bacterial Growth. https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Patterns_of_Bacterial_Growth. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Lucas, N., Christophe B., Christian B., Michele Q., Francoise S. dan Jose-Edmundo N.S. 2008. Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques. *Chemosphere*. 73: 429 – 442.
- Lumenlearning. 2017. Media used for Bacterial Growth. <https://courses.lumenlearning.com/microbiology/chapter/media-used-for-bacterial-growth/>. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017
- Luz, J.M.R., Sirlaine A.P., Karla V.G.R., Igor R.M. dan Maria C.M.K. 2015. Degradation of Green Polyethylene by *Pleurotus ostreatus*. *Plos One*. 10: 1 – 12.
- Maghfiroh, Nurul dan Heniyatun. 2015. Kajian Yuridis Operasi Plastik Sebagai Ijtihad Dalam Hukum Islam. *The 2nd University Research Coloquium 2015*. 1: 119 – 129.
- Martin, A., Swarbrik, J., dan Cammarata, A. 1993. Dasar-dasar Farmasi Fisik Dalam Ilmu Farmasetik. Alih Bahasa Yoshita. Edisi Ketiga. Jakarta: UI Press. Halaman 924-950.
- Martinez, Priscilla. 2015. Soil Sample *Pseudomonas aeruginosa*. https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Soil_Sample_Pseudomonas_aeruginosa. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017.
- Masoud W and Jakobsen M. 2003. Surface ripened cheeses: the effects of *Debaryomyces hansenii*, NaCl and pH on the intensity of pigmentation produced by *Brevibacterium linens* and *Corynebacterium flavescens*. *International Dairy Journal* 13: 231–237.
- Microbewiki. *Pseudomonas aeruginosa*. https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Pseudomonas_aeruginosa. Diakses pada tanggal 22 Desember 2016.
- Mintarsih, T.H. 2015. [Rangkaian HLH 2015 – Dialog Penanganan Sampah Plastik](http://www.menlh.go.id/rangkaian-hlh-2015-dialog-penanganan-sampah-plastik/). <http://www.menlh.go.id/rangkaian-hlh-2015-dialog-penanganan-sampah-plastik/>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Mujiarto, Iman. 2005. Sifat Dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*. 3(2): 1 – 9.
- Musiol, Marta, Henryk J., Sebastian J., Iwona K., Michal S., Andrzej M dan Joanna Rydz. 2015. (Bio) Degradation Studies of Degradable Polymer Composites

- with Jute in Different Environments. *Fibers and Polymers*. 16(6): 1362 – 1369.
- Nanda S, Sahu S S and Abraham J. 2010. Studies on the biodegradation of natural and synthetic polyethylene by *Pseudomonas* spp. *J Appl Sci Environ Manage*, 14(2): 57- 60
- Neraca, Harian Ekonomi. 2016. Minat Investasi Manufaktur Masih Tinggi. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6421/Minat-Investasi-Manufaktur-Masih-Tinggi>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Nishiyama, Minako, Shuichi Y. dan Norio Kurosawa. 2013. Microbial Community Analysis of a Coastal Hot Spring in Kagoshima, Japan, Using Molecular- and Culture-based Approaches. *Journal of Microbiology*. 51(4): 413 – 422.
- Norvisari, Mery. 2008. Pengaruh Kombinasi Basis Polietilenglikol 400 Dan Polietilenglikol 6000 Terhadap Sifat Fisik Dan Pelepasan Asam Mefenamat Pada Sediaan Supositoria. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Petit, M.Gonzalez, Z. Correa dan M.A. Sabino. 2015. Degradation of a Polycaprolactone/Eggshell Biocomposite in a Bioreactor. *J. Polym. Environ*. 23: 11 – 20.
- Pierson III, Leland S. and Elizabeth A. Pierson. 2010. Metabolism and function of phenazines in bacteria: impacts on the behavior of bacteria in the environment and biotechnological processes. *Appl Microbiol Biotechnol*. 86:1659 – 1670.
- Quirino, A., Giovanna Pulcrano, Linda Rametti, Rossana Puccio, Nadia Marascio, Maria Rosaria Catania, Giovanni Matera, Maria Carla Liberto and Alfredo Focà. 2014. Typing of *Ochrobactrum anthropi* clinical isolates using automated repetitive extragenic palindromic-polymerase chain reaction DNA fingerprinting and matrix-assisted laser desorption/ionization–time-of-flight mass spectrometry. *BMC Microbiology*. 14 (74): 1 – 8.
- Rahimah, Souvia. 2011. Kemasan Plastik. Prosiding Seminar Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjajaran. Bandung.
- Rajandas H, Parimannan S, Sathasivam K, Ravichandran M and Yin LS. 2012. Novel FTIR-ATR spectroscopy based technique for the estimation of low-density polyethylene biodegradation. *Polym Test*, 31:1094 – 1099.
- Reisser, J., Jeremy S., Chris W., Britta D.H., Maira P., Michele T. dan Charitha P. 2013. Marine Plastic Pollution in Waters around Australia: Characteristics, Concentrations, and Pathways. *Plos One*. 8(11): 1 – 11.
- Republika. 2009. Penggunaan Kantong Plastik Akan Dibatasi. <http://www.republika.co.id/berita/shortlink/32316>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Reynolds, Jackie. 2016. 8: Bacterial Colony Morphology. https://bio.libretexts.org/Labs/Microbiology_Labs_I/08%3A_Bacterial_Colony_Morphology. Dibuka pada tanggal 4 Juni 2017
- Sagel, Esteban. 2012. Polyethylene Global Overview. Makalah dipresentasikan pada Forum PeMex Ciudad de Mexico, Juni 2012. Mexico. pp 1 – 31.

- Seo, Jong-Su, Young-Soo K. dan Qing X. Li. 2009. Bacterial Degradation of Aromatic Compounds. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 278 – 309.
- Shimao, M. 2001. Biodegradation of plastics. *Current Opinion in Biotechnology*. 12: 242 – 247.
- Sihaloho, Eva B. 2011. Evaluasi Biodegradabilitas Plastik Berbahan Dasar Campuran Pati Dan Polietilen Menggunakan Metode Enzimatik, Konsorsia Mikroba Dan Pengomposan. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Silva C.C., Guido M.L., Ceballos J.M., Marsch R., Dendooven L. 2008. Production of carbon dioxide and nitrous oxide in alkaline saline soil of Texcoco at different water contents amended with urea: A laboratory study. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 1813–1822.
- Skariyachan, S., Megha M., Meghna N.K., Kamath M.M., Alya R. dan Kiran Vasist. 2015. Selection and screening of microbial consortia for efficient and ecofriendly degradation of plastic garbage collected from urban and rural areas of Bangalore, India. *Environment Monit. Assess.* 187: 1 – 14.
- SmartforNature. 2016. Recycle Numbers On The Bottom Of Plastics. <https://www.smartfornature.com/blogs/news/83312644-recycle-numbers-on-the-bottom-of-plastics>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Stres,Blaz, Tjasa Danevcic , Levin Pal, Mirna Mrkonjic Fuka, Lara Resman, Simona Leskovec, Janez Hacin, David Stopar, Ivan Mahne and Ines Mandic-Mulec. 2008. Influence of temperature and soil water content on bacterial, archaeal and denitrifying microbial communities in drained fen grassland soil microcosms. *FEMS Microbiol Ecol*. 66: 110 – 122.
- Suriani, Sanita, Soemarno and Suharjono. 2013. Effect of temperature and pH on the growth rate of Five Bacterial Isolates Members of the Pseudomonas isolated from the Detergents Contaminated River Ecosystem around the UB Campus. *J-Pal*. 3(2): 58 – 62.
- Suyono, Yoyon and Farid Salahudin. 2011. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Pseudomonas pada Tanah yang Terindikasi Terkontaminasi Logam. *Jurnal Biopropal Industri*. 2(1): 8 – 13.
- Tanady, Riyan. 2014. Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol 6000 Terhadap Sifat-Sifat Fisik Dan Pelepasan Natrium Diklofenak Dari Cangkang Kapsul Alginat. Jurusan Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Tauran, P., Irda H. and Nurhayana Sennang. 2013. Gram Negative and Gram Positive Aerobic Bacteria Identification Using Conventional and Automatic Method. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, Vol. 19 (2): 105–111.
- Thakur, Pooja. 2012. Screening of Plastic Degrading Bacteria From Dumped Soil Area. Thesis. Department of Life Science: National Institute of Technology.
- Tokiwa, Yutaka, Buenaventurada P.C., Charles U.Ugwu dan Seiichi Aiba. 2009. Biodegradability of Plastics. *International Journal of Molecular Sciences*. 10: 3722 – 3742.

- Trevino, A.L., Gerardo G.S., Raul R.H. dan Cristobal N.A. 2012. Microbial Enzymes Involved in Polyurethane Biodegradation: A Review. *J. Polym. Environ.* 20: 258 – 265.
- UK Standards for Microbiology Investigations. 2015. Identification of *Pseudomonas* species and other NonGlucose Fermenters. *Public Health England*, 17 (3): 1 – 41.
- UK Standards for Microbiology Investigations. 2015. Identification of *Staphylococcus* species, *Micrococcus* species and *Rothia* species. *Public Health England*, 7 (3): 1 – 32.
- UK Standards for Microbiology Investigations. 2015. Identification of *Bacillus* species. *Public Health England*, 9 (3): 1 – 27.
- Ummah, N.A. 2013. Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (*Durio zibethinus* Murr) Terhadap Air Dan Pengukuran Densitasnya. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. (Skripsi). Tidak dipublikasikan.
- Unger I.M., Kennedy A.C., Muzika R.-M. 2009. Flooding effects on soil microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 42: 1–8.
- Usha, R., T. Sangeetha and M. Palaniswamy. 2011. Screening of Polyethylene Degrading Microorganisms from Garbage Soil. *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, 2 (4): 200 – 204.
- Valentas, K.J., Enrique R. dan R. Paul Singh. 1997. *Food Engineering Practice*. CRC Press LLC. United States of America.
- Vignesh, R., Charu D., P. Manigandan dan R. Janani. 2016. Screening Of Plastic Degrading Microbes From Various Dumped Soil Samples. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 3(4): 2493 – 2498.
- Vroman, Isabelle dan Lan Tighzert. 2009. Biodegradable Polymers. *Materials*. 2: 307 – 344.
- Wahyuni, Tri. 2016. Indonesia Penyumbang Sampah Plastik Terbesar Ke-dua Dunia. <http://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20160222182308-277-112685/indonesia-penyumbang-sampah-plastik-terbesar-ke-dua-dunia/>. Dibuka tanggal 20.10.2016.
- Webb, H.K., Jaimys A., Russell J.C. dan Elena P.I. 2013. Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(ethylene terephthalate). *Polymers*. 5: 1 – 18.
- Wilkinson, J.F. 1963. Carbon and Energy Storage in Bacteria. *J.Gen.Microbiol.* 32 (1): 171 – 176.
- Zheng, Ying, Ernest K.Y. dan Amarjeet S.B. 2005. A Review of Plastic Waste Biodegradation. *Critical Reviews in Biotechnology*. 25(4): 243 – 250.



SURAT TUGAS

Nomor: 147/TGS/II.3.AU/LPPM/F/2022

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep
Jabatan : Kepala LPPM
Unit Kerja : LPPM Universitas Muhammadiyah Surabaya

Dengan ini menugaskan:

No	Nama	NIDN/NIM	Jabatan
1.	Vella Rohmayani, S.Pd.,M.Si	0720059202	Dosen UMSurabaya
2.	Anindita Riesti Retno Arimurti, S.Si., M.Si.	0705048903	Dosen UMSurabaya
3.	Adinda Jauhar Dyah Kinanti	20200667010	Mahasiswa UMSurabaya
4.	Lilik Mursidah	20210667013	Mahasiswa UMSurabaya

Untuk melaksanakan penelitian kepada masyarakat dengan judul “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)”. Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Sarjana Terapan Teklogi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan UMSurabaya pada semester tahun akademik 2022-2023

Demikian surat tugas ini, harap menjadikan periksa dan dapat dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb

Surabaya, 03 March 2022

LPPM UMSurabaya



Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep
NIP. 012.05.1.1987.14.113

**Surat Kontrak Penelitian Internal
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
Nomor: 147/SP/II.3.AU/LPPM/F/2022**

Pada hari ini **Kamis** tanggal **Tiga** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh Dua**, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep. : Kepala LPPM UMSurabaya yang bertindak atas nama Rektor UMSurabaya dalam surat perjanjian ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**;
2. Vella Rohmayani, S.Pd.,M.Si : Dosen UM Surabaya, yang selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

untuk bersepakat dalam pendanaan dan pelaksanaan program penelitian:

Judul : 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)

Anggota : 1. Anindita Riesti Retno Arimurti, S.Si., M.Si.
2. Adinda Jauhar Dyah Kinanti
3. Lilik Mursidah

dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. **PIHAK PERTAMA** menyetujui pendanaan dan memberikan tugas kepada **PIHAK KEDUA** untuk melaksanakan program penelitian perguruan tinggi tahun 2022
2. **PIHAK KEDUA** menjamin keaslian penelitian yang diajukan dan tidak pernah mendapatkan pendanaan dari pihak lain sebelumnya.
3. **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab secara penuh pada seluruh tahapan pelaksanaan penelitian dan penggunaan dana hibah serta melaporkannya secara berkala kepada **PIHAK PERTAMA**.
4. **PIHAK KEDUA** berkewajiban memberikan laporan kegiatan penelitiandari awal sampai akhir pelaksanaan penelitian kepada LPPM selaku **PIHAK PERTAMA**.
5. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyelesaikan urusan pajak sesuai kebijakan yang berlaku.
6. **PIHAK PERTAMA** akan mengirimkan dana hibah penelitian internal sebesar Rp10.188.000 (Sepuluh Juta Seratus Delapan Puluh Delapan Ribu Rupiah) ke rekening ketua pelaksana penelitian.

7. Adapun dokumen yang wajib diberikan oleh **PIHAK KEDUA** sebagai laporan pertanggung jawaban adalah:
 - a. menyerahkan Laporan Hasil penelitian selambat-lambatnya satu minggu setelah kegiatan usai dilaksanakan
 - b. Memberikan naskah publikasi dan/atau luaran sesuai dengan ketentuan.
8. Jika dikemudian hari terjadi perselisihan yang bersumber dari perjanjian ini, maka **PIHAK PERTAMA** berhak mengambil sikap secara musyawarah.

Surat Kontrak Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) bermaterai cukup, dan ditanda tangani dengan nilai dan kekuatan yang sama

Pihak Pertama



Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep
NIK. 012.05.1.1987.14.113

Pihak Kedua

Vella Rohmayani, S.Pd., M.Si
NIDN. 0720059202



7. Adapun dokumen yang wajib diberikan oleh **PIHAK KEDUA** sebagai laporan pertanggung jawaban adalah:
 - a. menyerahkan Laporan Hasil penelitian selambat-lambatnya satu minggu setelah kegiatan usai dilaksanakan
 - b. Memberikan naskah publikasi dan/atau luaran sesuai dengan ketentuan.
8. Jika dikemudian hari terjadi perselisihan yang bersumber dari perjanjian ini, maka **PIHAK PERTAMA** berhak mengambil sikap secara musyawarah.

Surat Kontrak Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) bermaterai cukup, dan ditanda tangani dengan nilai dan kekuatan yang sama

Pihak Pertama



Dede Nasrullah, S.Kep., Ns., M.Kep
NIK. 012.05.1.1987.14.113

Pihak Kedua



Vella Rohmayani, S.Pd., M.Si
NIDN. 0720059202

KUITANSI

Sudah terima dari : Bendahara LPPM
Uang sebesar : Sepuluh Juta Seratus Delapan Puluh Delapan Ribu Rupiah(dengan huruf)
Untuk pembayaran : Pelaksanaan penelitian dengan pendanaan Internal

Rp10.188.000

Surabaya, 03 March 2022

Bendahara LPPM,
Universitas Muhammadiyah Surabaya



Holy Ichda Wahyuni

Ketua Penelitian



Vella Rohmayani, S.Pd.,M.Si