

**BIODEGRADASI LDPE (*Low Density Polyethylene*) OLEH ISOLAT FUNGI
INDIGENUS ASAL TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh:
MUTIA NUR FADILLA
NIM.15620075



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**BIODEGRADASI LDPE (*Low DensityPolyethilene*) OLEH ISOLAT FUNGI
INDIGENUS ASAL TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)**

**Oleh:
MUTIA NUR FADILLA
NIM. 15620075**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**BIODEGRADASI LDPE (*Low Density Polyethylene*) OLEH ISOLAT FUNGI
INDIGENUS ASAL TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh :
MUTIA NUR FADILLA
NIM.15620075

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :
tanggal : 15 Juni 2020

Dosen Pembimbing I



Prilya Dewi Fitriyanti, M.Sc
NIP. 19900428 20160801 2 062

Dosen Pembimbing II



Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.
NIP. 19731212 199803 1 008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

**BIODEGRADASI LDPE (*Low Density Polyethilene*) OLEH ISOLAT FUNGI
INDIGENUS ASAL TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh :
MUTIA NUR FADILLA
NIM. 15620075

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal : 15 Juni 2020

Penguji Utama	: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si NIP. 19650509 199903 2 002	(.....)
Ketua Penguji	: Bayu Agung Prahardika, M.Si NIP. 19900807 201903 1 011	(.....)
Sekretaris Penguji	: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc NIP. 19900428 20160801 2 062	(.....)
Anggota Penguji	: Dr. H. Ahmad Barizi, M.A NIP. 19731212 199803 1 008	(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Erika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan untuk :

1. Ibuku tersayang (Ibu Mudrikah) yang selalu mendoakan dan menyayangiku sepenuh hati. Terimakasih telah berjuang menjadi ibu sekaligus ayah yang terbaik sepanjang masa. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan keberlimpahan nikmat.
2. (Alm) Bapak Ali Siregar, ayahku tersayang yang selalu berada dihatiku dan tak akan pernah tergantikan. Semoga selalu berada disisi Allah SWT.
3. Kakakku (Nova) dan adikku (Rangga) yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibrohim, yang telah menjadi teman, sahabat yang sangat membantu dalam memberikan dukungan dan semangat sehingga terselesaikannya skripsi ini
5. Sahabatku, Arifa yang selalu menemani dalam suka dan duka dalam menyelesaikan skripsi ini.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mutia Nur Fadilla

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Biodegradasi LDPE (*Low Density Polyethylene*) Oleh Isolat Fungi Indigenus Asal Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang.

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



Mutia Nur Fadilla
NIM. 15620075

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



ABSTRAK

Fadilla, Mutia Nur. 2020. Biodegradasi LDPE (Low Density Polyethylene) Oleh Isolat Fungi Indigenus Asal TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing Biologi: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc. Pembimbing Agama: Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.

Salah satu jenis limbah padat yang sering ditemukan adalah limbah plastik. Plastik dibagi menjadi beberapa jenis, salah satunya LDPE (*Low Density Polyethylene*) yaitu jenis plastik berdensitas rendah. Limbah LDPE adalah jenis plastik yang terus meningkat setiap tahunnya. LDPE secara alami dapat terdegradasi di lingkungan oleh mikroorganisme seperti fungi dengan rentang waktu lama, sehingga sering ditangani dengan cara yang salah. Fungi mendegradasi plastik dengan cara mengubah polimer kompleks plastik menjadi sederhana dengan bantuan enzim. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui aktivitas fungi indigenus dalam mendegradasi plastik LDPE dan mengetahui jenis fungi yang paling berpotensi dalam mendegradasi LDPE. Metode penelitian yang dilakukan pertama yaitu isolasi fungi di alam menggunakan media pertumbuhan fungi indigenus ditambah dengan serbuk LDPE sebagai media seleksi. Kemudian dimurnikan dan dilakukan proses biodegradasi selama 30 hari masa inkubasi. Uji biodegradasi dilakukan dengan mengetahui berat kering LDPE sebelum dilakukan proses biodegradasi dan sesudah, dilakukan pula pengamatan bentuk fisik LDPE kontrol dan hasil proses biodegradasi di Laboratorium. Setelah diketahui pengurangan berat kering tertinggi kemudian dilakukan uji FTIR (*Fourier Transform InfraRed*), terakhir yaitu identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis untuk mengetahui jenis fungi yang dapat mendegradasi LDPE. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan berat kering tertinggi pada fungi F2 dengan jumlah pengurangan 2,79%, selain itu adanya perubahan bentuk fisik plastik LDPE yang semakin lembek dan mudah menggulung. Uji FTIR yang telah dilakukan menunjukkan susunan kimia LDPE uji mengalami perubahan dengan munculnya gugus-gugus baru, meningkat dan berkurangnya gugus fungsi maupun perubahan susunan kimia LDPE terutama pada gugus fungsi C-H Alkena, C-H cincin aromatik, C-O Alkohol, C-N Amina, dan C-H Alkana. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa fungi F2 termasuk kedalam genus *Aspergillus* berdasarkan pengamatan makroskopis maupun mikroskopis.

Kata kunci: *Fungi indigenus, Biodegradasi LDPE, Pengurangan Berat Kering, Uji FTIR, Identifikasi*

ABSTRACT

Fadilla, Mutia Nur. 2020. Biodegradation of LDPE (Low Density Polyethylene) by Indigenous Fungi Isolate from Talangagung Landfill, Kepanjen, Malang Regency. Skripsi. Biology Department Science and Technology Faculty, Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Lecture of Biology: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc. Lecture of Religious: Dr. H. Ahmad Barizi, MA

One type of solid waste that is often found is plastic waste. Plastic is divided into several types, one of which is LDPE (Low Density Polyethylene) is a type of low density plastic. LDPE waste is a type of plastic that continues to increase every year. LDPE can naturally be degraded in the environment by mikroorganisms such as fungi over a long period of time, so it is often handled in the wrong way. Fungi degrade plastics by converting plastic complex polymers to simple with enzymes. The purpose of this research is to find out the activity of indigenous fungi in degrading LDPE plastics and to find out the types of fungi that have the most potential to degrade LDPE. The first research method is isolation of fungi in nature using indigenous growth media plus LDPE powder as a selection media. Then purified and carried out the biodegradation process for 30 days incubation period. The biodegradation test is carried out by knowing the dry weight of the LDPE before the biodegradation process is carried out and after, also observing the physical form of the LDPE control and the results of the biodegradation process in the Laboratory. After knowing the highest dry weight reduction then carried out FTIR test (Fourier Transform InfraRed), the last is macroscopic and microscopic identification to determine the type of fungi that can degrade LDPE. The results showed the highest dry weight reduction in F2 fungi with a total reduction of 2.79%, besides that there was a change in the physical shape of the LDPE plastic which was getting softer and easier to curl. FTIR tests that have been performed show that the chemical composition of the LDPE test has changed with the emergence of new groups, increased and reduced functional groups and changes in the chemical composition of LDPE, especially in the CH Alkene functional groups, CH aromatic rings, CO Alcohol, CN Amines, and CH Alkanes. The characterization results show that F2 fungi belong to the genus *Aspergillus* based on macroscopic and microscopic observations.

Keywords: *Indigenous fungi, LDPE Biodegradation, Dry Weight Reduction, FTIR Test, Identification*

المستخلص

فضيلة، موتيا نور. 2020. انحلال البيولوجي لبولي إيثيلين منخفض الكثافة بعزل وظيفة السكان الأصليين من مزبلة الأخيرة تالانجوجن، كيبانجين، منطقة مالانج. بحث جامعي. قسم علم الحياة كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف البيولوجي : فريليا دوي فترياساري، الماجستير. المشرف الديني : الدكتور الحاج أحمد بارزي، الماجستير.

تقسم الزبالة البلاستيكية إلى عدة الأنواع، إحداها بولي إيثيلين منخفض الكثافة هي نوع البلاستيك المنخفض الكثافة. بولي إيثيلين منخفض الكثافة هو زبالة تستحق قوة الجسمية العالية وصعب هزمه، حتى يستطيع أن يفسد البيئة. يمكن أن ينحل بولي إيثيلين منخفض الكثافة بشكل طبيعي في البيئة عن طريق الكائنات الحية الدقيقة مثل الفطريات عن طريق تحويل البوليمرات البلاستيكية المعقدة إلى إنزيمات بسيطة. الهدف من هذا البحث هو تحديد نشاط الفطريات الأصلية في تحلل بلاستيك البولي إيثيلين منخفض الكثافة وتحديد أنواع الفطريات التي لديها القدرة الأكبر في تحلل البولي إيثيلين منخفض الكثافة. طريقة البحث الأولى هي عزل الفطريات في الطبيعة باستخدام وسيلة نمو الأصلي بالإضافة إلى مسحوق بولي إيثيلين منخفض الكثافة كوسيلة التصفية. ثم نقيت ونفذت عملية التحلل البيولوجي لمدة 30 يومًا من فترة الحضانة. اختبار التحلل الحيوي بمعرفة الوزن الجاف لبولي إيثيلين منخفض الكثافة قبل تنفيذ عملية التحلل الحيوي وبعدها، مع ملاحظة الشكل المادي للتحكم في بولي إيثيلين منخفض الكثافة ونتائج عملية التحلل البيولوجي في المختبر. بعد معرفة أعلى انخفاض في الوزن الجاف في ثم اختبار الأشعة تحت الحمراء الفورييه، والأخير هو التحديد المجهرى والميكروسكوبي لتحديد نوع الفطريات التي تتسبب تدهور بولي إيثيلين منخفض الكثافة. أظهرت النتائج أعلى انخفاض في الوزن الجاف في الفطريات F2 بنسبة انخفاض 2.79%، إلى جانب حدوث تغير في الشكل المادي للبلاستيك البولي إيثيلين المنخفض الكثافة الذي أصبح أكثر نعومة وأسهل في التجميع. تُظهر اختبارات بولي إيثيلين منخفض الكثافة التي تم إجراؤها أن التركيب الكيميائي لاختبار بولي إيثيلين منخفض الكثافة قد تغير مع ظهور مجموعات جديدة، وزيادة واختزال المجموعات الوظيفية والتغيرات في التركيب الكيميائي لبولي إيثيلين منخفض الكثافة، خاصة في C-H الكين، C-H الحلقة العطرية، C-O الكحولي، C-N ألميني، وألكاني C-H. تظهر نتائج الخصائص أن الفطريات F2 تنتمي إلى جنس فطر الرشاشيات بناءً على الملاحظات الميكروسكوبية والميكروسكوبية.

الكلمات المفتاحية : وظيفة الأصلي، انحلال بولي إيثيلين منخفض الكثافة، انخفاض الوزن الجاف، اختبار الأشعة تحت الحمراء الفورييه، التهوي

MOTTO

“If you look inside your heart, You don’t have to be afraid of what you are.
There’s an answer if you reach into your soul and the sorrow that you know
will melt away, and be strong.” (Hero – Mariah Carey)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya ke jalan kebenaran. Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

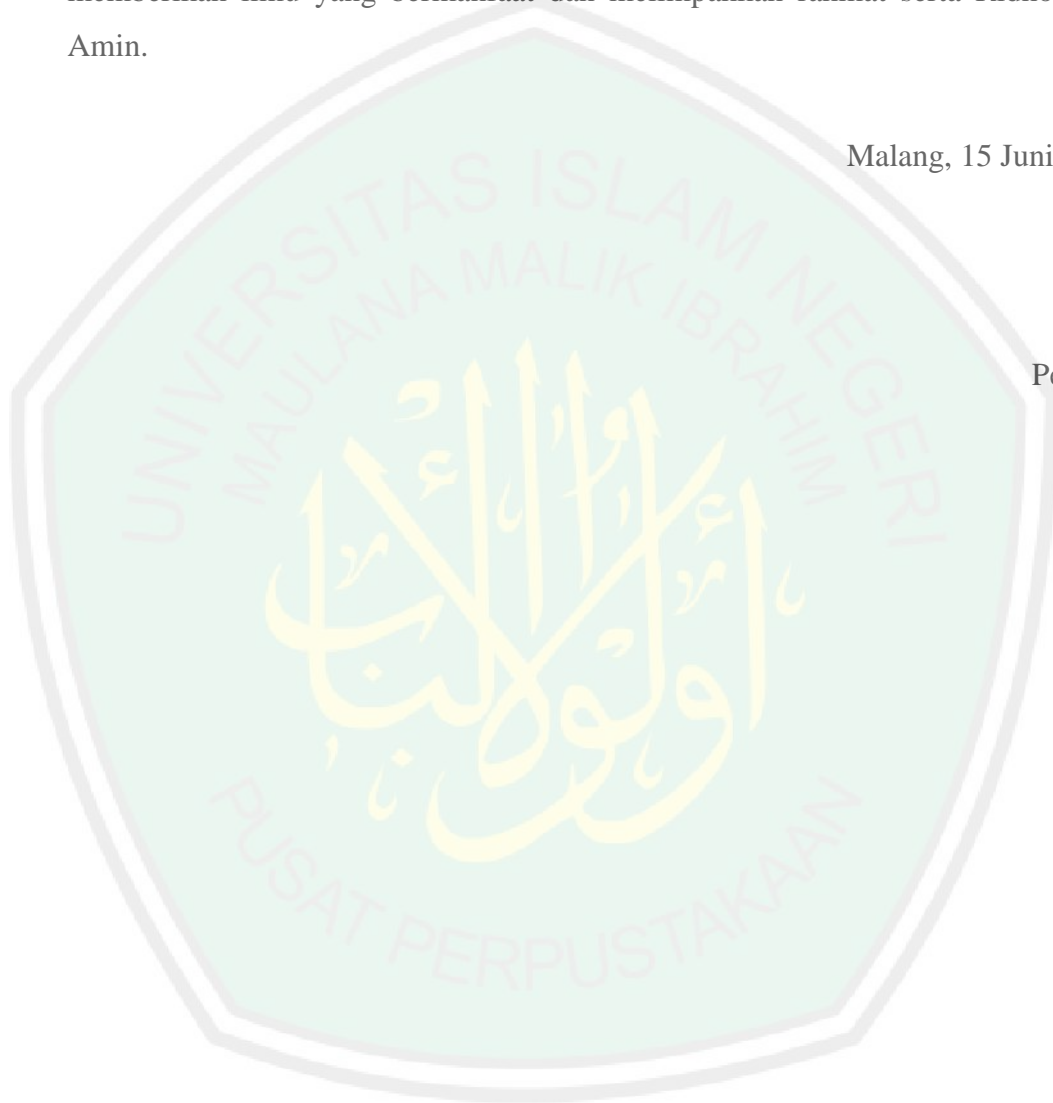
1. Bapak, ibu dan keluarga yang telah mendidik, mendampingi serta selalu memberikan doa kepada penulis dalam menuntut ilmu.
2. Prof. Dr. H. Abd Haris, M. Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M. Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Evika Sandi Savitri, M. P, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Prilya Dewi Fitriasaki, M. Sc, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
6. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A, selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah memberikan pengarahan dan pelajaran bersubstansi nilai-nilai moral kepada penulis.
7. Bapak Mujahidin Ahmad, M.Sc, selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, dan dukungan sehingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Dra. Hj. Ulfah Utami, M.Si dan Bapak Bayu Agung Prahardika M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan ilmunya dalam menyelesaikan skripsi.
9. Seluruh dosen, Laboran Jurusan Biologi, dan Staf Administrasi yang telah membantu dan memberikan kemudahan serta ilmu dan bimbingannya.
10. Seluruh teman Biologi 2015 atas segala bantuan dan supportnya.
11. Sahabat ku Indah, Iin dan sahabat-sahabat yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selalu memberikan semangat dan saran-saran yang membangun

12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu telah memberikan dukungan baik moril ataupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagipenulis khususnya, dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan melimpahkan rahmat serta Ridho-Nya. Amin.

Malang, 15 Juni 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
الملخص	x
MOTTO	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Hipotesis	7
1.6 Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Perspektif Kerusakan Lingkungan dalam Al-Qur'an	9
2.2 Limbah Plastik.....	10
2.3 Pembentukan LDPE	14
2.4 Biodegradasi LDPE.....	15
2.5 Fungi Indigenus	19
2.6 TPA Talangagung Kepanjen, Kabupaten Malang.....	20
2.7 Spektrofotometer FTIR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>)	23

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Alat dan Bahan	26
3.4.1 Alat	26
3.4.2 Bahan	26
3.5 Prosedur Penelitian	26
3.5.1 Pengambilan sampel	26
3.5.2 Penyiapan serbuk LDPE	27
3.5.3 Isolasi fungi indigenus	27
3.5.4 Subkultur fungi indigenus	28
3.5.5 Uji biodegradasi LDPE	28
3.5.6 Karakterisasi fungi indigenus	30
3.6 Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Isolat Fungi Indigenus Pendegradasi LDPE	32
4.2 Uji Biodegradasi LDPE	34
4.2.1 Persentase berat kering	34
4.2.2 Perubahan bentuk fisik LDPE	37
4.2.3 Analisis perubahan struktur kimia	39
4.2.4 Karakteristik fungi indigenus	41
BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	51

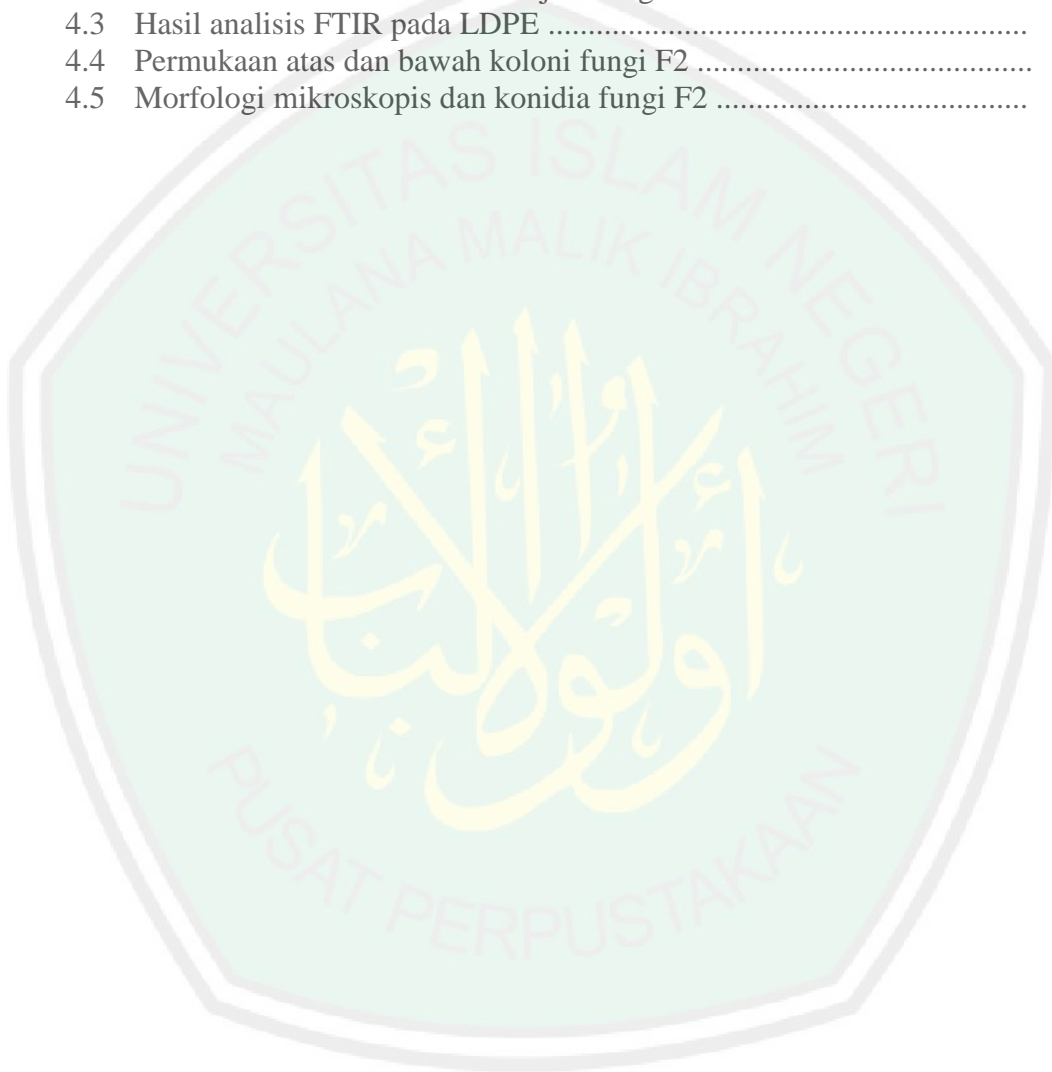
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Efisiensi Fungi dalam mendegradasi jenis plastik	18
4.1 Hasil presentase pengurangan berat kering	35
4.2 Karakter morfologi isolat fungi indigenus	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Proses biodegradasi di alam	16
2.2 Alat Spektrofotometer FTIR (Fourier Transform InfraRed)	24
4.1 Penampakan isolat fungi indigenus hasil pemurnian	29
4.2 Gambaran fisik LDPE setelah uji biodegradasi	33
4.3 Hasil analisis FTIR pada LDPE	38
4.4 Permukaan atas dan bawah koloni fungi F2	43
4.5 Morfologi mikroskopis dan konidia fungi F2	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Desain Penelitian	51
2 Analisis FTIR LDPE kontrol dan LDPE uji	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT berfirman dalam Q.S Ar-Rum (30) ayat 41:

ضَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (Q.S Ar-Rum / 30:41).

Kalimat yang artinya “telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia”. Menurut Shihab (2003) dalam Tafsir *Al-Misbah* menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan daratan maupun lautan dengan sempurna, terjadinya kerusakan di darat dan di laut bisa disebabkan karena ulah manusia sehingga terjadi kerusakan, pencemaran dan hilangnya keseimbangan lingkungan. Salah satu dari kerusakan lingkungan oleh manusia, yaitu pembuangan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Pembuangan limbah maupun cara penanganan limbah yang salah dapat berdampak buruk bagi lingkungan.

Limbah merupakan bahan sisa dari aktivitas manusia yang tidak digunakan lagi, seperti limbah dari aktivitas rumah tangga, industri, komersial atau aktivitas yang lainnya. Limbah dibagi menjadi empat jenis berdasarkan karakteristiknya, yaitu limbah cair, limbah gas, limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dan limbah padat (Sugiharto, 1987). Limbah cair merupakan bahan pencemar berbentuk cair yang telah dibuang ke lingkungan, limbah gas merupakan limbah

berupa uap yang dihasilkan dari zat padat ataupun zat cair karena proses pemanasan atau penguapan. Limbah B3 merupakan limbah bahan baku yang berbahaya dan beracun yang tidak digunakan lagi karena rusak, sisa kemasan, tumpahan, sisa olahan dan oli bekas yang memerlukan pengolahan (Ratman, 2010). Limbah padat adalah hasil sisa material yang sengaja dibuang atau terbuang dari hasil kegiatan manusia ataupun proses dari alam yang masih belum memiliki nilai ekonomis (Slamet, 2004).

Limbah padat berasal dari sisa makanan, potongan kayu, bahan plastik dan lainnya (Anggreni, 2012). Diperkirakan setiap rumah tangga menghasilkan limbah padat seberat 0,52 kg/jiwa/hari dari jumlah penduduk Indonesia yang mencapai 258,7 juta jiwa (Purba, 2017). Salah satu jenis limbah padat yang paling banyak ditemui yaitu plastik.

Plastik saat ini masih menjadi masalah besar bagi lingkungan, terutama daerah perkotaan padat penduduk di Indonesia. Beberapa jenis plastik diantaranya yaitu jenis PETE/PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PS (*Polystyrene*), plastik lainnya yaitu ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), PC (*Polycarbonate*) dan Nylon (Sriningsih dan Maya, 2016). Jenis plastik LDPE yaitu kantong sampah, kantong plastik, material pembungkus, pelapis karton susu, maupun botol plastik sekali pakai. Kantong plastik adalah jenis LDPE yang masih tergolong tinggi (Gaurav, 2014). Menurut Purba (2017) sekitar 9,85 milyar lembar kantong plastik dihasilkan setiap tahunnya di Indonesia.

Bahan yang terbuat dari semua jenis plastik merupakan bahan yang membutuhkan waktu lama untuk terurai. Menurut Putra dan Yebi (2010) plastik dapat terurai sempurna dalam waktu 80-300 tahun. Penggunaan LDPE yang umumnya digunakan dalam sekali pakai akan menjadi limbah yang menumpuk pada tempat pembuangan sampah dan berakhir di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir).

Menurut Purba (2017) sekitar 54,62 % dari jumlah limbah plastik sering ditangani dengan cara dibakar. Proses pembakaran tersebut dapat berdampak buruk terhadap lingkungan misalnya dapat mencemari udara yang disebabkan oleh bertambahnya jumlah zat pencemar di udara terutama debu dan hidrokarbon (Hidayat, 2017). Penumpukan plastik di tanah juga dapat mengakibatkan tanah mengandung sedikit unsur hara dan berdampak buruk bagi lingkungan (Susilawati, 2011).

Salah satu metode ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk menangani masalah tersebut yaitu dengan biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses mikroorganisme untuk memecah polimer sintetik dan polimer alam dengan cara memanfaatkan substrat sebagai sumber karbon dalam pertumbuhan mikroorganisme tersebut (Sriningsih dan Maya, 2016).

Pemanfaatan mikroorganisme sejalan dengan apa yang tertera didalam Q.S

Ali Imran (3) ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا
خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata) : “Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka perihalahkan Kami dari siksa neraka.”* (Q.S Ali-Imran 3/190-191).

Ayat diatas mengandung penjelasan bahwa semua makhluk yang telah diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia. Makhluk sekecil apapun jika kita mengkajinya dengan sungguh-sungguh maka akan ditemukan manfaatnya. Sebagai contoh mikroorganisme yang telah banyak membantu dalam kehidupan kita dengan ukuran yang relatif kecil dan ada pula yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

Mikroorganisme yang dapat mendegradasi LDPE diantaranya yaitu bakteri, fungi dan *actinomycetes* (Raziyafathima, 2016). Kemampuan fungi dalam biodegradasi plastik lebih baik dari jenis mikroorganisme lainnya. Hasil penelitian Kathiresan (2003), menunjukkan bahwa *Aspergillus glaucus* mampu mendegradasi polyethilena sebesar 28,80 % sedangkan bakteri *Pseudomonas* hanya mampu mendegradasi polyethilena sebesar 20,54 %. Fungi juga telah diketahui memiliki diversitas tinggi dengan kemampuan metabolisme yang lebih beragam dibandingkan dengan bakteri ataupun *actinomycetes* (Sen dan Raut, 2015).

Fungi mampu mendegradasi LDPE dengan mengeluarkan enzim ekstraseluler yang dapat mengikat polimer penyusun plastik sehingga terhidrolisis. Substrat dari polimer tersebut mengkatalisis pembelahan hidrolitik yang dapat mengubah polimer menjadi molekul rendah yaitu menjadi oligomer, dimer dan monomer kemudian termineralisasi menjadi CO₂, H₂O dan gas metan (Tokiwa *et al.*, 2009).

Jenis fungi yang dapat digunakan sebagai agen biodegradasi LDPE yaitu fungi indigenus. Fungi indigenus memiliki arti fungi asli atau fungi yang diambil dari habitat aslinya. Fungi indigenus dapat beradaptasi dengan lingkungan yang ditempatinya dan menjadikan sumber pencemar salah satunya yaitu LDPE sebagai sumber nutrisi untuk metabolisme kehidupannya sehingga fungi indigenus berpeluang besar sebagai agen biodegradasi LDPE (Darliana, 2011).

Kandidat fungi indigenus sebagai agen biodegradasi LDPE dapat diperoleh dari sampel tanah di TPA. Mikroorganisme yang berasal dari tanah TPA terbilang sangat efisien dalam mendegradasi LDPE, hingga 73,38 % (Raziyafathima, 2016). Tanah TPA terdapat kumpulan limbah plastik dari berbagai TPS sehingga diperkirakan banyaknya fungi indigenus didalamnya. TPA yang dipilih adalah TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang. TPA Talangagung telah menggunakan metode *controlled landfill* yaitu penutupan sampah menggunakan tanah dan dilakukan pemadatan menjadi sel hingga mencapai ketinggian 2 meter. Proses penimbunan menghasilkan gas metan yang telah dialirkan sebagai bahan bakar. Gas metan yang dihasilkan merupakan proses metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi sampah yang tertimbun sehingga

diperkirakan banyaknya fungi indigenus di tanah TPA Talangagung tersebut (Renung, 2019).

Tahapan untuk mengetahui kemampuan fungi dalam mendegradasi plastik yaitu dilakukannya proses uji biodegradasi berupa pengurangan berat kering plastik LDPE dan uji FTIR (*Fourier Transform InfraRed*). Uji biodegradasi dengan pengurangan berat kering dilakukan untuk mengetahui penggunaan plastik sebagai sumber karbon oleh fungi indigenus. FTIR yaitu untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari LDPE yang telah didegradasi oleh fungi (Rohmah dkk., 2008). Setelah dilakukan uji biodegradasi tersebut dilakukan identifikasi untuk mengetahui genus dari fungi indigenus yang paling berpotensi sebagai agen pendegradasi LDPE.

Menurut Renung (2019) penelitian ini penting dilakukan karena belum adanya peneliti yang membahas mengenai proses biodegradasi menggunakan mikroorganisme di TPA Talangagung serta adanya kemungkinan besar banyaknya mikroorganisme pada daerah *controlled landfill* sebagai agen pendegradasi dengan adanya hasil berupa gas metan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah aktivitas degradasi oleh isolat fungi indigenus terhadap plastik LDPE?
2. Apakah jenis fungi indigenus asal TPA Talangagung yang paling berpotensi dalam mendegradasi LDPE?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui aktivitas degradasi isolat fungi indigenus terhadap plastik LDPE.
2. Mengetahui jenis fungi indigenus asal TPA Talangagung yang paling berpotensi dalam mendegradasi LDPE.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi adanya isolat fungi indigenus di TPA Talangagung-Kepajen yang paling berpotensi sebagai agen biodegradasi LDPE secara ramah lingkungan.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat aktivitas yang dilakukan oleh fungi indigenus dalam mendegradasi LDPE.
2. Terdapat isolat fungi yang paling berpotensi untuk mendegradasi LDPE (*Low Density Polyethylene*) asal TPA Talangagung-Kepanjen.

1.6 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Sampel tanah yang diambil berasal dari TPA Talangagung Kepanjen- Malang.
2. Sampel tanah diambil di daerah *controlled landfill* TPA Talangagung Kepanjen- Malang.

3. Jenis plastik yang digunakan dalam uji biodegradasi adalah jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) original (LDPE yang tidak berwarna atau bening).
4. Penentuan aktivitas degradasi yaitu berdasarkan hasil pengurangan berat kering dan uji FTIR.
5. Identifikasi fungi indigenus dilakukan dengan pengamatan morfologi secara makroskopis sedangkan identifikasi fungi indigenus yang paling berpotensi dalam mendegradasi LDPE dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perspektif Kerusakan Lingkungan dalam Al-Qur'an

Lingkungan merupakan suatu wadah bagi makhluk hidup untuk berproses dan berinteraksi. Ketidakseimbangan pada lingkungan dapat mengakibatkan kerusakan atau bencana bagi makhluk hidup didalamnya (Suhendra, 2013). Kata bencana atau musibah telah Allah sebutkan didalam Al Qur'an Surah Al-Qashash (28) ayat 47

وَلَوْلَا أَنْ تُصِيبَهُمْ مُصِيبَةٌ بِمَا قَدَّمَتْ أَيْدِيهِمْ فَيَقُولُوا رَبَّنَا لَوْلَا أَرْسَلْتَ إِلَيْنَا رَسُولًا فَنَتَّبِعَ آيَاتِكَ
وَنَكُونَ مِنَ الْمُؤْمِنِينَ

Artinya: “Dan agar mereka tidak mengatakan ketika azab menimpa mereka disebabkan apa yang mereka kerjakan: “Ya Tuhan kami, mengapa Engkau tidak mengutus seorang rasul kepada kami, lalu kami mengikuti ayat-ayat Engkau dan jadilah kami termasuk orang-orang mukmin.” (Q.S Al-Qashah / 28:47).

Bencana pada alam akibat lingkungan yang tidak seimbang dapat diakibatkan oleh ulah manusia. Salah satu penyebab bencana adalah pembuangan limbah sembarangan ataupun penanganan limbah yang kurang benar. Padahal Allah telah berkali-kali mengancam manusia yang merusak alam (Suhendra, 2013), seperti dalam Q.S Al-Baqarah (2) ayat 60.

وَإِذِ اسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا اضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ ۖ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا ۗ قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ ۖ كُلُوا وَاشْرَبُوا مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya: “Dan (ingatlah) ketika Musa memohon air untuk kaumnya, lalu Kami berfirman: "Pukullah batu itu dengan tongkatmu". Lalu memancarlah daripadanya dua belas mata air. Sungguh tiap-tiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezeki (yang diberikan) Allah, dan janganlah kamu berkeliaran di muka bumi dengan berbuat kerusakan.”(Q.S Al-Baqarah / 2:60).

2.2 Limbah Plastik

Plastik merupakan rantai polimer yang terbentuk dari hasil polimerisasi molekul monomer dengan reaksi kimia. Bahan utama pembentuk plastik adalah molekul organik dengan bobot tinggi, sehingga didapatkan bahan akhir berupa padatan. Beberapa produk akhir pembuatan plastik dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan (Akbar, 2013). Produk berbahan dasar plastik memiliki keunggulan dari bahan lainnya, yaitu bersifat fleksibel, tidak mudah pecah, tidak berkarat, kuat dan bernilai ekonomis. Berdasarkan sifat plastik tersebut sehingga bahan plastik banyak digunakan diantaranya sebagai alas makanan dan minuman, pembungkus berbagai macam jenis makanan, produk automotif, kantong belanjaan dan kegunaan lainnya. Akan tetapi plastik juga memiliki kelemahan yaitu monomer yang ada pada plastik memungkinkan bisa berpindah ke makanan yang dikemas, sehingga menimbulkan dampak buruk (Candra dan Dianing, 2015).

Klasifikasi plastik berdasarkan sifat fisiknya dibedakan menjadi dua yaitu plastik termoset dan plastik jenis termoplastik. Plastik termoset yaitu jenis plastik yang bersifat tahan panas. Ketika dipanaskan tidak dapat meleleh sehingga tidak dapat dibentuk kembali. Hal tersebut disebabkan karena struktur kimia pembentuk termoset berbentuk tiga dimensi dan memiliki struktur yang kompleks. Contoh

plastik yang menggunakan jenis termoset yaitu tutup botol plastik yang telah diberi lapisan perapat sehingga terlindungi dan tidak kontak langsung dengan produk, contoh lain yaitu asbak, fitting lampu dan steker listrik. Sedangkan plastik jenis termoplastik adalah jenis plastik yang tidak tahan panas dan dapat kembali ke sifat awal, lunak ketika panas dan mengeras lagi setelah dingin dan bisa dilakukan berulang kali. Polimer yang digunakan untuk membuat bahan termoplastik sebagian besar dipergunakan untuk mengemas dan kontak langsung dengan bahan makanan (Sari, 2017).

Terdapat beberapa jenis termoplastik, diantaranya (Putra dan Yebi, 2010):

1. PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

PET merupakan jenis plastik yang memiliki sifat transparan, lunak, dan fleksibel dan jernih. Biasanya jenis plastik PET diberi simbol segitiga bernomor 1. PET memiliki sifat termoplastik dan digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman. PET sering digunakan hampir disetiap botol minuman plastik seperti botol air mineral, botol minuman jus, ataupun botol minuman lainnya. Plastik jenis PET tidak dapat digunakan untuk air bersuhu tinggi. Plastik jenis PET yang telah menjadi pelet dapat didaur ulang menjadi bahan seperti serat benang untuk membuat karpet, fiberfill dan geotekstil, biasanya PET juga disebut sebagai polyester.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE adalah jenis plastik dengan rantai cabang yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jenis PE sehingga HDPE memiliki sifat lebih kuat, buram, keras dan lebih tahan terhadap suhu yang tinggi. Jenis plastik HDPE biasanya

diberi simbol segitiga bernomor 2. HDPE biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat berbagai macam jenis botol, seperti botol yang memiliki sifat transparan, kaku dan sifatnya cocok untuk pengemas produk yang dengan jangka waktu pendek seperti susu. Kelebihan HDPE yaitu memiliki ketahanan kimiawi yang cukup bagus, sehingga plastik HDPE bisa digunakan untuk mengemas deterjen. HDPE juga bisa didaur ulang dan dapat digunakan sebagai kemasan produk bukan pangan seperti ember, shampo, kondisioner, pipa dan lainnya.

3. PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC adalah polimer termoplastik yang biasanya diberi simbol segitiga bernomor 3. PVC sering digunakan sebagai bahan dalam konstruksi bangunan karena sifatnya yang tahan lama, mudah dirangkai dan harganya yang relatif murah. PVC memiliki karakteristik lain diantaranya tahan terhadap perubahan cuaca, aliran listrik, tahan terhadap pengaruh bahan kimia ataupun sifatnya yang elektrik. Alat-alat yang menggunakan jenis PVC diantaranya atap, insulasi kabel listrik maupun jenis perpipaan. PVC merupakan jenis plastik yang paling sulit untuk didaur ulang.

4. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE merupakan jenis termoplastik yang biasanya diberi simbol segitiga bernomor 4. LDPE terbuat dari petroleum, sehingga bahan plastik jenis LDPE memiliki sifat kuat, mengkilap dan biasanya digunakan sebagai bermacam-macam botol plastik, tas plastik dan bermacam-macam jenis bahan laboratorium. Selain itu, biasa digunakan sebagai tempat makanan. Barang-barang yang terbuat dari

jenis LDPE dapat di daur ulang dan biasanya tidak bisa dihancurkan akan tetapi tetap baik sebagai tempat makanan.

5. PP (*Polypropylene*)

PP adalah jenis termoplastik yang biasanya diberi simbol segitiga bernomor 5. PP memiliki keunggulan yaitu daya tahan yang kuat terhadap bahan kimia, kuat dan juga memiliki titik leleh yang tinggi. Karakteristik tersebut sehingga PP cocok sebagai bahan dasar pembuatan produk yang berhubungan dengan makanan atau minuman seperti produk botol minum, tempat menyimpan makanan, botol minum untuk bayi maupun tempa obat-obatan. PP dapat didaur ulang menjadi bahan lain seperti sapu, siat, casing baterai, dan lainnya.

6. PS (*Polystyrene*)

PS termasuk jenis termoplastik yang biasanya diberi simbol segitiga bernomor 6. Biasanya PS digunakan untuk bahan pembuatan wadah makanan atau biasa disebut *steryfoam*, untuk wadah minum penggunaan sekali pakai, tempat meletakkan CD, bahan karton tempat telur dan lainnya. Penggunaan berbahan dasar PS sebaiknya dihindari sebagai pengemas makanan, karena PS mengandung styrene yang dapat berpindah pada makanan ketika menyentuh. Styrene yang berpindah akan berbahaya bagi kesehatan manusia terutama menyerang otak maupun sistem syaraf.

7. Plastik Lainnya

Terdapat beberapa jenis plastik lain yang biasanya diberi simbol segitiga bernomor 7 yaitu ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), PC (*Polycarbonate*), dan Nylon. ABS adalah engineering termoplastik yang terdiri dari 3 monomer

penyusun yaitu *Akronitril*, *Butadiene*, dan *Styrene* sehingga sifatnya tahan terhadap bahan kimia dan panas, tahan terhadap pukulan dan sifat liat, serta sifat kaku dan mudah diproses. Sedangkan PC memiliki sifat jernih, tahan terhadap pengaruh cuaca, permeabilitasnya tergolong rendah dan mudah diproses. PC adalah bahan yang digunakan untuk membuat galon air mineral 19 L, maupun botol susu bayi. Selain itu ada pula jenis Nylon yang biasanya mempunyai sifat dapat berbentuk serat, film ataupun plastik. Nylon memiliki polimer semi kristalin dengan titik leleh nya 350-570 °F.

2.3 Pembentukan LDPE (*Low Density Poliethylene*)

Ethilena merupakan salah satu bentuk monomer yang paling sederhana dan dapat menjadi poliethilena ketika terjadi proses polimerisasi melalui adisi dengan tekanan tinggi yaitu 1000-3000 atm dan suhu tinggi antara 300-500 °C (Oxtoby, 2003). Ada beberapa macam poliethilena diantaranya poliethilena kerapatan rendah (*Low Density Polyethylene*). LDPE merupakan poliethilena yang memiliki rantai sangat bercabang, pada rantai sampingnya berupa hidrokarbon yang memiliki panjang bermacam-macam. LDPE memiliki susunan yang tak beraturan dan menyebabkan kerapatan lebih rendah ($<0,94 \text{ g cm}^3$). Ketidakberaturan ini juga membuatnya relatif lembut, sehingga kegunaan utama dari LDPE ialah untuk bahan pembungkus, plastik pengemas, kantung sampah, dan botol semprot (Oxtoby, 2003).

Secara kimia, poliethilena bersifat sangat lembam. Polimer ini dapat larut dalam pelarut apapun pada suhu kamar, tetapi akan mengembang oleh

hidrokarbon dan tetraklorometana (karbon tetraklorida). Poliethilena tahan terhadap asam dan basa tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat. Poliethilena tidak tahan terhadap cahaya dan oksigen. Poliethilena yang dipanasi secara kuat, akan membentuk sambungan silang yang diikuti oleh pembelahan ikatan secara acak pada suhu lebih tinggi, tanpa adanya proses depolimerisasi (Cowd, 1982).

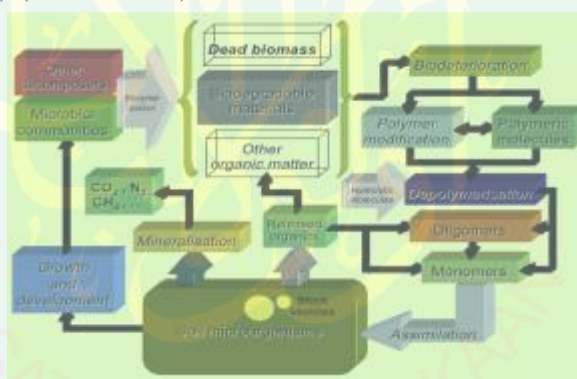
Sifat fisika poliethilena bermassa jenis tinggi dan poliethilena massa jenis rendah sangat berbeda. Poliethilena bermassa jenis rendah (LDPE) bersifat kenyal, tak mudah sobek dan tahan terhadap kelembapan dan bahan kimia, sehingga banyak dipakai untuk film atau pembungkus, dus, isolator listrik, pelapis kawat, kabel dan sebagainya. Poliethilena bermassa jenis tinggi (HDPE) memiliki daya renggang dan kekakuannya besar, sehingga dapat digunakan untuk membuat pipa, tabung, berbagai bejana dan benda lainnya (Cowd, 1982).

2.4 Biodegradasi LDPE

Biodegradasi adalah suatu proses secara alami dengan menggunakan bantuan mikroorganisme untuk mengubah material bentuk polimer kompleks menjadi sederhana dan hasil akhirnya digunakan oleh mikroorganisme tersebut sebagai sumber karbon dan energi. Mikroorganisme yang dapat berperan sebagai agen biodegradasi adalah bakteri, fungi, dan aktinomycetes. Mikroorganisme tersebut memiliki karakter yang berbeda sehingga proses biodegradasi yang dilakukan juga berbeda (Das and Santosh, 2013).

Proses biodegradasi pada bahan anorganik seperti plastik kemasan yang berada pada lingkungan dapat terjadi melalui beberapa faktor diantaranya faktor

secara biotik, abiotik maupun secara abiotik dan biotik. Proses degradasi oleh faktor biotik dilakukan oleh mikroorganisme. Tahap biodegradasi oleh mikroorganisme dimulai dengan melekatnya mikroorganisme pada permukaan plastik. Selanjutnya terjadi proses depolimerisasi selama proses biodegradasi berlangsung, yaitu mikroorganisme mengeluarkan eksoenzim untuk memecah polimer kompleks menjadi rantai pendek berupa oligomer dan monomer. Proses pemecahan tersebut nantinya akan memudahkan melewati membran semi permeabel pada mikroorganisme untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan juga energi. Proses selanjutnya mineralisasi yaitu mengubah fragmen berupa oligomer dan monomer menjadi produk berupa karbondioksida, air maupun metana (Gu, 2003) (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Proses biodegradasi pada limbah di tanah dengan cara mikroorganisme menempel pada substrat limbah, kemudian mikroorganisme mengeluarkan enzim ekstraseluler yang dapat mendepolimerisasi LDPE menjadi monomer. Polimer sederhana akan diasimilasi kedalam sel mikroorganisme dan termineralisasi menjadi CO₂, H₂O, dan produk metabolisme lain (Alshehrei, 2017).

Beberapa faktor yang dapat memengaruhi kecepatan dalam biodegradasi diantaranya yaitu kelembaban, temperatur, jenis mikroorganisme, jenis polimer, pH, maupun ketebalan polimer. Jenis mikroorganisme memengaruhi proses

biodegradasi oleh karena itu faktor-faktor berupa pH, suhu, mineral, nutrien, kelembaban dan oksigen juga harus sesuai dengan jenis mikroorganismenya. Selain itu, bahan-bahan hasil akhir polimer yang akan dilepaskan ke lingkungan juga nantinya akan mengalami beberapa proses secara fisika, kimia ataupun biologi sesuai dengan kelembaban, temperatur cahaya, udara, radiasi energi tinggi, atau hadirnya mikroorganismenya berupa bakteri atau jamur (Arutchelvi *et al.*, 2008).

Proses biologi yang melibatkan agen mikroorganismenya sudah tidak menggunakan perlakuan panas. Material anorganik dapat didegradasi melalui cara aerobik maupun anaerobik. Material yang berasal dari tempat pembuangan sampah dan sedimen akan didegradasi secara anaerobik sedangkan pada tanah dan komposit proses degradasi aerobiklah yang berlangsung. Hasil akhir degradasi aerobik berupa air dan CO₂. Proses anaerobik hasil akhirnya berupa air, CO₂ dan metana. Proses kompleks pengubahan polimer dari rantai panjang menjadi hasil akhir berupa CO₂ dan air adalah suatu proses yang dilakukan oleh berbagai jenis mikroorganismenya dimana satu jenis mikroorganismenya akan mendegradasi polimer kompleks menjadi sederhana dan mikroorganismenya lain menggunakan monomer tersebut dan mensekresikan senyawa material yang telah sederhana sebagai hasil samping (Sangale, 2012).

Mikroorganismenya melekat pada permukaan polimer plastik yang bersifat hidrofilik. Jenis plastik memiliki sifat hidrofilik kecuali PP dan PE permukaannya bersifat hidrofobik karena hanya memiliki grup CH₂. Ketika terdapat mikroorganismenya yang melekat pada permukaan polimer, mikroorganismenya tadi akan tumbuh dengan memanfaatkan polimer tersebut sebagai sumber karbonnya.

Degradasi primer dilakukan dengan memutus rantai utama yang menyebabkan molekul menjadi rendah (oligomer), dimer dan monomer. Setelah berat pada molekul rendah maka akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber karbon dan energi (Arutchelviet *al.*, 2008).

Proses degradasi yang dilakukan mikroorganisme bergantung pada enzim yang disekresikan oleh mikroorganisme tersebut. Enzim ekstraselular yang disekresikan dapat memecah polimer yang kompleks hingga menjadi rantai pendek atau molekul sederhana seperti oligomer, dimer dan monomer yang ukurannya dapat melewati membran semi permeabel dalam mikroorganisme tersebut. Proses yang digunakan tersebut dinamakan proses depolimerisasi. Proses selanjutnya yaitu mineralisasi pada molekul pendek yang akan digunakan sebagai sumber karbon dan dijadikan produk akhir berupa CO₂, H₂O, atau CH₄ tanpa menimbulkan efek polusi lanjutan pada tanah (Gu, 2003).

Efisiensi mikroorganisme dalam mendegradasi limbah bergantung pada jenis mikroorganisme, tipe plastik maupun asal isolat yang didapat, berdasarkan hasil penelitian Raziyafathima *et al.*, (2016) pada Tabel 2.1 menunjukkan bahwa fungi dapat mendegradasi plastik LDPE. Efisiensi fungi dalam mendegradasi plastik LDPE terbanyak yaitu 46,16 %. Fungi tersebut yaitu *Aspergillus flavus* yang diisolasi dari tanah TPA.

Tabel 2.1. Efisiensi Fungi dalam mendegradasi jenis-jenis plastik.

Mikroorganisme	Tipe Plastik	Asal mikroorganisme	Efisien mendegradasi
<i>Aspergillus glaucus</i>	Polyethylene	Tanah mangrove	20,80 %
<i>Aspergillus niger</i>	Serbuk LDPE	Tidak spesifik	5 %
<i>Aspergillus flavus</i>	Serbuk LDPE	TPA	46,16 % 4,159 %
<i>Aspergillus versicolor</i>	Serbuk LDPE	Air Laut	
<i>Aspergillus glaucus</i>	Gelas plastik	Tanah Mangrove	28,80 %

Sumber: (Raziyafathima *et al.*, 2016)

2.5 Fungi Indigenus

Fungi indigenus adalah fungi yang sejak semula telah ada di dalam lingkungan limbah serta dapat beradaptasi di lingkungan tersebut. Fungi indigenus dapat melakukan degradasi dari senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah pada kondisi yang sesuai dengan peruntukannya atau dengan kata lain fungi indigenus memiliki kemampuan untuk mendegradasi bahan-bahan pencemar dan menjadikannya sebagai sumber nutrisi untuk metabolisme kehidupan fungi tersebut (Darliana, 2011). Fungi indigenus merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat membantu dalam proses biodegradasi LDPE. Fungi dapat mendegradasi LDPE dengan cara memecah polimer menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan menembus polimer. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa fungi dapat berpotensi sebagai pendegradasi plastik seperti *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus flavus*, *Chaetomium spp.*, spesies *Circinelloides*, *Mucor*, dan lainnya (Raziyafathima, *et al.*, 2016).

Swift (1998) dalam penelitiannya bahwa fungi dapat mendegradasi plastik jenis poliethilena seperti *Aspergillus niger*, *Aspergillus ornatus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus cremeus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus candidus* dan *Aspergillus glaucus*. Jenis fungi yang paling banyak diisolasi dalam beberapa penelitian adalah *Aspergillus niger* dan *Aspergillus glaucus*. Hasil penelitian Sanchez *et al.*, (2000) kelompok *Aspergillus* merupakan jenis fungi yang paling efektif untuk memecah bahan-bahan polimer jenis polycaprolactone (PCL). Banyak penelitian tentang degradasi bioplastik jamur termasuk *Paecilomyces lilacinus* D218, *Fusarium moniliforme* Fmm, *Aspergillus flavus* ATCC9643, *Thermoascus aurantiacus* IFO31910, *Tritirachium album* ATCC22563 dan *Aspergillus* sp. XH050-a. Kelompok lain yang dapat memecah polimer asam polilaktat (PLA) hanya dua yaitu *Penicillium requeforti* dan *Tritirachium album*. Jenis fungi lain yang dapat memecah polimer jenis PVC adalah *Aspergillus niger* van Thieghem F-1119. Polimer PHB, dan polyester dapat terdegradasi dengan fungi jenis *Acremonium*, *Cladosporium*, *Debaryomyces*, *Emericellopsis*, *Eupenicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Paecylomyces*, *Penicillium*, *Pullularia*, *Rhodosporidium* dan *Verticillium*.

Ibrahim (2013) dalam penelitiannya, polimer jenis PEA terdegradasi oleh *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Penicillium*, *Pullularia*. Fungi lain seperti *Altenaria solani*, *Spicaria* sp., *Aspergillus terreus*, *Aspergillus fumigates*, *Aspergillus flavus*, diisolasi dari tanah tempat plastik dibuang dapat menyebabkan penurunan berat masa yang signifikan dalam kultur, bahkan jenis *Fusarium solani* dapat menurunkan berat massa hingga 100 %.

2.6 TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Talangagung adalah satu dari empat TPA yang ada di Kabupaten Malang yang terletak di Desa Talangagung, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. TPA Talangagung dioperasikan sejak 1997 dengan luas tiga hektar. Saat ini TPA Talangagung melayani sampah dari sumber lokasi pemukiman dan pasar dari delapan kecamatan di kabupaten Malang. Tujuan dari adanya TPA Talangagung ini berfokus pada pengelolaan sampah di hilir yang aman bagi manusia dan lingkungan serta sampah dapat dimanfaatkan sebagai potensi sumber daya yang memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang, 2018).

Penimbunan sampah di TPA Talangagung semula menggunakan metode *open dumping* yang kemudian dirubah menjadi sistem *controlled landfill*. *Controlled landfill* yaitu proses pengurangan sampah dengan cara meratakan dan memadatkan sampah dengan tanah menjadi sebuah sel. Proses yang dilakukan yaitu penimbunan atau pemadatan sampah, penutupan timbunan sampah, pengelolaan air lindi dan pengendalian gas metan. Sebelum dilakukan penimbunan sampah, terlebih dahulu disiapkan cekungan lahan menggunakan alat berat dan hasil pengerukan disisihkan untuk digunakan sebagai penutup. Cekungan lahan dibuat miring agar air lindi dapat mengalir. Kemudian dilakukan proses *lining system* yaitu dinding sekeliling cekungan dilapisi dengan bahan kedap air dengan bahan geomembran ataupun geotekstil. Tujuannya agar air lindi tidak mencemari tanah disekitarnya. *Lining system* bisa dilakukan dalam pola sel,

dimana luasan area penimbun dibagi menjadi beberapa cekungan kecil yang diisi satu per satu secara bertahap hingga semua area penimbun penuh terisi sampah (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang. 2018).

Setelah lahan siap, dapat dilakukan pemadatan dan perataan sampah pada cekungan-cekungan hingga permukaannya dapat menjadi penyangga lapisan berikutnya. Proses selanjutnya ditutup lapisan tanah secara berkala yaitu 5-7 hari sekali atau pada saat ketinggian sampah 2 m. Tebal tanah penutup berkala adalah 15-20 cm. Tujuannya agar terjadi proses dekomposisi dan fermentasi anaerob sampah berjalan lebih baik serta terhindar dari kebakaran dan air hujan dalam jumlah berlebihan masuk dalam timbunan sampah. Setelah beberapa kali penimbunan penutupan tanah terakhir dibentuk cembung untuk melimpaskan air ke pinggir sel dan dilakukan penanaman pohon yang dapat hidup pada kondisi asam. Proses selanjutnya pengolahan air lindi dan gas metan yang berasal dari pipa yang telah di letakkan pada timbunan sampah (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang. 2018).

Pengolahan sampah di TPA Talangagung selain menggunakan *controlled landfill* juga menggunakan fasilitas *composting* sebagai pupuk penyubur area hijau di lingkungan TPA, menggunakan 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*), dan prototipe alat pemisah sampah organik dan non organik. Hasil dari pemrosesan sampah banyak bernilai guna bagi masyarakat salah satunya yaitu pemanfaatan gas metan yang telah melalui proses pemurnian disalurkan ke masyarakat sekitar sebagai pengganti kompor gas, genset pengganti listrik tenaga gas, kendaraan bermesin gas, kolam air hangat dan sebagainya. Beberapa manfaat lain seperti

hasil *composting* ataupun penggunaan sampah yang dapat didaur ulang (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang. 2018).

Lahan efektif area TPA terdiri dari zona pasif, zona penyangga, dan zona aktif. Zona pasif adalah zona yang telah ditutupi dengan lapisan akhir tanah pada cekungan yang memungkinkan untuk ditanami jenis vegetasi atau tempat wisata. Zona penyangga hampir mirip dengan zona pasif namun memiliki fungsi sebagai kawasan penyangga yang dipenuhi oleh tanaman yang difungsikan sebagai penyeimbang dari zona aktif. Zona aktif merupakan zona yang diperuntukkan untuk memproses sampah. Setiap zona terdapat beberapa sel atau cekungan-cekungan berisi pepadatan sampah (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang. 2018).

2.7 Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Identifikasi senyawa organik pada LDPE setelah mengalami proses biodegradasi dapat menggunakan alat FTIR (*Fourier Transform InfraRed*). FTIR adalah suatu instrumen yang prinsip kerjanya menggunakan spektroskopi (Gambar 2.2). Jenis spektroskopi adalah spektroskopi infra merah yang telah dilengkapi dengan transformasi *fourier* sebagai pendeteksi dan penganalisis hasil spektrum. Manfaat dari spektroskopi inframerah yaitu sebagai pengidentifikasi senyawa organik dikarenakan spektroskopi ini terdiri dari banyak puncak sehingga spektrum nya sangat kompleks (Anam, 2007).

Inti dari FTIR adalah interferometer yang merupakan sebuah alat sebagai analisa frekuensi didalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah dari FTIR

dihasilkan dari hasil transmisi cahaya setelah melewati sampel dengan bantuan detektor kemudian dibandingkan dengan intensitas tanpa adanya sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Hasil spektrum inframerah yang telah diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang, atau bilangan gelombang (Anam, 2007).



Gambar 2.2 Alat Spektrofotometer FTIR (www.central-laboratory.um.ac.id/forrie-transform-infra-red-ftir-merk-shimadzu-type-irprstige21.html)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksploratif dari hasil isolasi fungi indigenus di TPA Talangagung yang diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Selain itu merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dan kualitatif berupa hasil akhir berat kering, penampakan fisik LDPE dan hasil uji FT-IR.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Oktober 2019. Pengambilan sampel dilakukan di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang. Proses isolasi fungi pendegradasi LDPE, penimbangan berat kering LDPE, pengamatan bentuk fisik LDPE dan identifikasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malana Malik Ibrahim Malang. Uji FT-IR dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel diantaranya variabel bebas berupa jenis isolat fungi indigenus. Variabel terikat berupa berat akhir plastik LDPE setelah proses biodegradasi dan hasil uji FT-IR.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi ziplock, kotak pendingin, thermometer, pH meter, inkubator, autoklaf, oven, timbangan analitik, cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi, mikroskop, kompor, vortex, kuas no.5, blender, pipet, mikropipet, jarum ose, bunsen, penggaris, aluminium foil, pinset, plastik wrap, *handscoon*, kertas label, tisu, LAF (*Laminar Air Flow*), spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merk shimadzu.

3.4.2 Bahan

Bahan- bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel tanah, NaCl, media sintetis padat (g/l : K_2HPO_4 1, KH_2PO_4 0,2, $(NH_4)_2 SO_4$ 1, $MgSO_4 7H_2O$ 0,5, NaCl 1, $FeSO_4 7H_2O$ 0,01, $CaCl_2 2H_2O$ 0,002, $MnSO_4 H_2O$ 0,001, $CuSO_4 5H_2O$ 0,001, $ZnSO_4 7H_2O$ 0,001, Agar 15, *chloramphenicol*, bubuk LDPE), media sintetis cair (0,1% $(NH_4)_2 SO_4$, 0,1% $NaNO_3$, 0,1% K_2HPO_4 , 0,1% KCl, 0,02% $MgSO_4$, 0,001% ekstrak ragi, *chloramphenicol*, bubuk LDPE, dari 1000 ml aquades), plastik LDPE original, alkohol 70%, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), *lactofenol cotton blue*, tween 20.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengambilan sampel

Sampel tanah diambil di tanah TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang. Menggunakan metode *purposive sample* yaitu dengan cara mengambil pada lokasi tujuan di daerah *controlled landfill* zona 2 yang merupakan zona aktif

dan sel 5. Tanah diambil pada pada 3 titik pengambilan sampel di kedalaman 10 cm dan dijadikan satu dalam plastik *ziplock*. Kondisi fisika tanah dicatat pada lingkungan atau tempat pengambilan sampel meliputi suhu, pH, dan kelembapan. Sampel dalam plastik *ziplock*, dimasukkan dalam kotak pendingin dan dibawa ke laboratorium Mikrobiologi UIN Malang untuk dianalisis.

3.5.2 Penyiapan serbuk LDPE

Pembuatan serbuk LDPE yaitu dengan cara menghaluskan kristal plastik jenis LDPE menggunakan alat yaitu blender sehingga bentuk LDPE yang semula kristal menjadi bentuk bubuk.

3.5.3 Isolasi fungi indigenus

Satu gram sampel tanah disuspensikan kedalam 9 mL larutan NaCl. Suspensi dilakukan metode pengenceran berseri hingga pengenceran 10^{-5} . Suspensi sampel pada setiap tingkat pengenceran diambil 1 mL, kemudian pada pengenceran 10^{-3} dan 10^{-5} diinokulasikan 1 mL ke dalam cawan petri steril yang telah berisi media sintetik padat (g/l: K_2HPO_4 1, KH_2PO_4 0,2, $(NH_4)_2 SO_4$ 1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5, NaCl 1, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,01, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,002, $MnSO_4 \cdot H_2O$ 0,001, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,001, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,001, Agar 15, serbuk LDPE 0,1, *chloramphenicol* 0,25) menggunakan metode cawan tuang. Biakan diinkubasi pada suhu 37 °C dan diamati pertumbuhannya sampai tujuh hari (Kumar *et al.*, 2013). Fungi indigenus yang tumbuh pada media sintetik merupakan fungi yang telah terseleksi karena terdapat bubuk LDPE pada media sintetiknya.

3.5.4 Subkultur fungi indigenus

Isolat fungi yang tumbuh dalam cawan petri disubkultur dengan memindahkan fungi indigenus pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) menggunakan pelubang gabus, kemudian diinkubasi dan diamati pertumbuhannya selama 5 hari dalam suhu ruang (Kumar *et al.*, 2013).

3.5.5 Uji biodegradasi LDPE

Uji biodegradasi LDPE dilakukan dengan cara biakan murni yang sudah membentuk spora pada medium PDA dalam cawan petri ditambahkan dengan aquades steril sebanyak 10 mL yang mengandung tween 20. Menggunakan kuas gambar, permukaan koloni dikikis secara perlahan sehingga bagian atas terlepas dan diperoleh suspensi spora (Burns and Benson, 2000). Disiapkan potongan lembar LDPE sebesar 3cm x 3cm yang telah ditimbang berat awalnya. Sebelumnya, potongan lembar LDPE disterilkan dengan 70 % etanol selama 30 menit dan dibilas pada air suling selama 20 menit. Potongan LDPE dikeringanginkan dan diletakkan pada erlenmeyer yang berisi isolat hasil subkultur fungi indigenus dengan media sintetik cair (g/l: K_2HPO_4 1, KH_2PO_4 0,2, $(NH_4)_2 SO_4$ 1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5, NaCl 1, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,01, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,002, $MnSO_4 \cdot H_2O$ 0,001, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,001, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,001, *yeast extract* 1, serbuk LDPE 0,1, *chloramphenicol* 0,25). Di inkubasi selama 30 hari pada inkubator shaker di suhu 37°C (Muhonja *et al.*, 2018). Media sintesis cair dengan LDPE tanpa inokulum juga dilakukan sebagai kontrol. Penentuan potensi degradasi LDPE oleh isolat fungi indigenus melalui:

a. Persentase pengurangan berat kering LDPE

Persentase berat kering LDPE merupakan selisih dari berat LDPE sebelum dan sesudah uji biodegradasi. Setelah 30 hari uji biodegradasi, LDPE diambil dan dicuci dengan aquades steril. LDPE kemudian di sterilisasi menggunakan alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit dan dikeringkan di oven suhu 60 °C. Kemudian LDPE ditimbang menggunakan neraca analitik. Menurut Deepika and Jaya (2015) uji biodegradasi dilakukan dengan dihitung persentase kehilangan berat LDPE menggunakan rumus 1.

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{(\text{berat awal plastik} - \text{berat akhir}) \times 100}{\text{berat awal plastik}}$$

Rumus 1.....

b. Karakteristik fisik LDPE

Pengamatan fisik LDPE digunakan untuk mengetahui karakteristik fisik LDPE kontrol dan LDPE melalui uji biodegradasi dan sesudah proses uji biodegradasi. Pengamatan karakteristik LDPE dilakukan dengan melihat secara langsung perubahan baik dari tekstur maupun bentuk.

c. Analisis Perubahan Struktur Kimia

Analisis uji FTIR digunakan untuk mengetahui perubahan struktur kimia atau gugus fungsi dari LDPE yang telah melalui proses degradasi oleh fungi. Preparasi dilakukan dengan cara mengambil LDPE setelah 30 hari inkubasi dan dicuci dengan aquades steril. LDPE disterilisasi

menggunakan alkohol 70 % selama kurang lebih 30 menit dan dikeringkan di oven suhu 60 °C.

Analisis FTIR dengan cara ditentukan bagian mana yang akan dilakukan uji. Penentuan dengan cara diberi tanda berupa titik menggunakan pulpen pada bagian yang akan di uji. Kemudian di press ke *holder*. Alat FTIR diatur dengan rentang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Hasil pengambilan data spektrum akan terlihat di komputer. Spektrum yang dihasilkan oleh FTIR berupa inframerah yang ditransmisikan melewati sampel, kemudian dapat dibaca oleh detektor dengan intensitas sebagai fungsi gelombang (Ojha *et al.*, 2017).

3.5.6 Karakterisasi fungi indigenus secara makroskopis dan mikroskopis

Setelah didapatkan isolat jamur dilakukan identifikasi makroskopis dengan melihat karakter morfologi berupa diameter, bentuk, tepi, permukaan, dan warna koloni. Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan diamati dibawah mikroskop perbesaran 100x, kemudian diamati berdasarkan struktur hifa, bentuk konidia, konidiofor, dan lain-lain. Hasil identifikasi dibandingkan berdasarkan buku jurnal literature *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species 2th Edition* (Watanabe, 2002) untuk mengetahui jenis fungi.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa karakteristik fungi indigenus secara maroskopis dan mikroskopis dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui jenis isolate fungi. Hasil presentase pengurangan berat kering dan gugus fungsi pada lembaran LDPE setelah pengurangan berat kering dan analisis gugus fungsi pada plastik LDPE dijabarkan secara deskriptif untuk mengetahui proses degradasi oleh fungi indigenus.



BAB IV

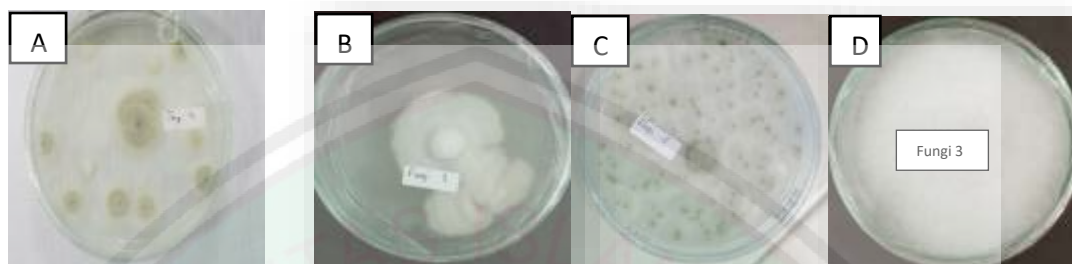
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolat Fungi Indigenus Pendegradasi LDPE

Fungi indigenus telah berhasil diisolasi dari sampel tanah TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang, yaitu pada zona 2 sel 5, merupakan zona yang masih aktif dilakukan proses penumpukan tanah pada sel 5 atau bagian dari cekung penumpukan urutan kelima. Pengukuran pH tanah rata-rata 8, suhu rata-rata 35°C dan kelembaban 1. Fungi merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk hidup pada kondisi lingkungan dengan pH, nutrien, suhu dan kelembaban yang ekstrim sehingga fungi dapat bertahan hidup dengan cara memanfaatkan sumber karbon non-konvensional (Deacon, 2006).

Berdasarkan hasil isolasi didapatkan tiga jenis fungi yang berbeda berdasarkan karakter makroskopisnya. Hasil pemurnian dari tiga jenis fungi indigenus tersebut diberi kode isolat F1, F2 dan F3. Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa fungi F1, F2 dan F3 mampu tumbuh bersamaan pada hari kedua proses isolasi. Hari ke tujuh pengamatan dapat dilihat pada (Gambar 4.1a) bahwa fungi F2 lebih dominan dibandingkan dengan fungi lain. Hasil subkultur pada fungi F1 tumbuh lambat dan tidak memenuhi media, sedangkan fungi F2 dan F3 dapat tumbuh memenuhi media. Dapat diketahui bahwa fungi F2 dan F3 memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dilingkungan dengan LDPE dibandingkan dengan fungi F1. Media sintetik untuk proses isolasi tersebut telah ditambahkan bubuk LDPE sebagai media seleksi, artinya bahwa pada tahap isolasi dapat

diketahui fungi F1, F2, F3 merupakan fungi yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi LDPE.



Gambar 4.1 (A) hasil isolasi dari sampel tanah TPA Talangagung setelah 7 hari dengan media yang ditambahkan bubuk LDPE sebagai seleksi (B) Fungi F1 (C) Fungi F2 (D) Fungi F3 hasil pemurnian.

Fungi membutuhkan pasokan nutrisi berupa nitrogen, karbon, sulfur, fosfat untuk pertumbuhannya agar proses metabolisme tetap terjadi. Pada penelitian ini LDPE digunakan sebagai sumber energi dan nutrisi yang dapat berpengaruh dalam pertumbuhan fungi dengan memanfaatkan sumber karbonnya. Fungi dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat memotong polimer kompleks LDPE yang dimanfaatkan fungi sebagai sumber karbon (Lucas 2008).

Amaliya (2009) hanya didapatkan 4 jenis fungi yang mampu tumbuh pada media yang mengandung LDPE *powder* di TPA Paras, Poncokusumo, Kabupaten Malang. Selain itu pada penelitian Kathiresan (2003) hanya didapatkan 2 jenis fungi yang mampu tumbuh pada media yang mengandung serbuk LDPE di tanah TPA padmavati nagar, India.

4.2 Uji Biodegradasi LDPE

4.2.1 Persentase Pengurangan Berat Kering

Hasil uji biodegradasi pengurangan berat kering terdapat pada Tabel 4.1. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata persentase pengurangan berat kering, didapatkan degradasi LDPE tertinggi oleh isolat F2 yaitu sebesar 2,79 %. Isolat F1 menunjukkan rata-rata berat kering yang tetap, artinya tidak adanya penurunan berat kering, sedangkan isolat F3 dapat mendegradasi sebesar 0,59 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa isolat F2 mampu mendegradasi LDPE dengan persentase tertinggi dibandingkan dengan fungsi lain yaitu F1 dan F3.

Pada fungsi F1 tidak menunjukkan pengurangan berat kering LDPE sama sekali walaupun mampu tumbuh di media seleksi, hal tersebut dapat disebabkan karena jenis fungsi F1 memiliki kemampuan degradasi yang berbeda dibandingkan dengan fungsi F2 dan F3. Konsentrasi bubuk LDPE yang diberikan pada tahap isolasi sebagai seleksi berbeda dengan plastik LDPE sebagai bahan uji, hal tersebut dapat mempengaruhi hasil pengurangan berat kering oleh fungsi F1.

Menurut Arutchelvi *et al.*, (2008) beberapa faktor yang dapat memengaruhi kecepatan dalam biodegradasi diantaranya yaitu kelembaban, temperatur, jenis mikroorganisme, jenis polimer, pH, maupun ketebalan polimer. Jenis mikroorganisme memengaruhi proses biodegradasi oleh karena itu faktor-faktor berupa pH, suhu, mineral, nutrisi, kelembaban dan oksigen juga harus sesuai dengan jenis mikroorganisme. Selain itu, menurut Gu (2003) proses degradasi yang dilakukan mikroorganisme bergantung pada enzim yang disekresikan oleh mikroorganisme tersebut. Enzim ekstraselular yang disekresikan

dapat memecah polimer yang kompleks hingga menjadi rantai pendek atau molekul sederhana seperti oligomer, dimer dan monomer yang ukurannya dapat melewati membran semi permeabel dalam mikroorganisme tersebut.

Tabel 4.1 Hasil presentase pengurangan berat kering lembar LDPE.

Isolat	Ulangan	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Penurunan berat kering LDPE	Persen Degradasi	Rata-rata berat kering
Fungi 1	1	0,0284	0,0284	0	0 %	0 %
	2	0,0273	0,0273	0	0 %	
	3	0,0288	0,0288	0	0 %	
Fungi 2	1	0,0248	0,0237	0,0011	4,44 %	2,79 %
	2	0,0265	0,0262	0,0003	1,13 %	
	3	0,0250	0,0243	0,0007	2,8 %	
Fungi 3	1	0,0289	0,0286	0,0003	1,03 %	0,59 %
	2	0,0263	0,0263	0	0 %	
	3	0,0265	0,0263	0,0002	0,75 %	
Kontrol	1	0,0284	0,0284	0	0 %	0 %
	2	0,0287	0,0287	0	0 %	
	3	0,0275	0,0275	0	0 %	

Persentase kehilangan berat kering terjadi akibat adanya reaksi enzim yang telah dihasilkan oleh fungi terhadap permukaan polimer. Enzim yang dihasilkan fungi perlahan-lahan akan mengikis permukaan polimer melalui proses hidrolisis sehingga berat polimer dapat berkurang dan persentase kehilangan berat kering dapat meningkat seiring dengan bertambahnya masa inkubasi (Bikiaris, 2006). Mikroorganisme tidak mampu mengangkut polimer secara langsung melalui membran luar sel ke dalam selnya sehingga dibutuhkan proses biokimia yang berperan dalam memecah molekul polimer yang panjang dan sulit larut dalam air sehingga dapat masuk ke dalam sel. Proses ini dinamakan depolimerisasi dimana polimer mengalami depolimerisasi atau pemecahan terlebih dahulu menjadi monomer yang lebih kecil sebelum dapat diserap dan didegradasi dalam sel

mikroorganisme. Hasil pemecahan polimer yang sederhana yaitu monomer akan diserap oleh mikroorganisme sebagai sumber karbon, kemudian hasil metabolisme fungi dikeluarkan berupa CO₂, H₂O maupun CH₄. Terdapat dua enzim aktif yang terlibat dalam biodegradasi polimer yaitu enzim ekstraseluler dan enzim *intracellular depolymerases* (Fadlilah dan Maya Sovitri, 2014).

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penurunan berat kering LDPE yang sedikit oleh isolat fungi. Hal itu dapat terjadi karena beberapa kemungkinan yaitu suhu, kelembaban, kadar air ataupun pH. Menurut Fahrudin (2010) dalam penelitiannya bahwa faktor yang mempengaruhi kecepatan biodegradasi yaitu konsentrasi bahan pencemar, biomassa, suhu, pH, ketersediaan nutrisi, ketersediaan substrat primer, dan terjadinya adaptasi. Selain itu komposisi bahan pencemar, ketersediaan oksigen, dan kelembaban juga mempengaruhi proses biodegradasi.

Selain itu waktu uji biodegradasi yang hanya 30 hari memungkinkan sedikit berkurangnya berat berat kering pada LDPE. Sen dan Raut (2015) menjelaskan bahwa pertumbuhan fungi dapat mempengaruhi berkurangnya berat kering yang lebih signifikan karena banyaknya fungi yang mendegradasi LDPE maka semakin banyak pula yang menggunakan polimer dalam LDPE sebagai sumber nutrisinya. Beberapa penelitian menunjukkan pengurangan berat kering pada masa inkubasi lebih dari 30 hari seperti hasil penelitian Muhonja *et al.*, (2018) melakukan uji biodegradasi dengan masa inkubasi 120 hari mendapatkan hasil pengurangan berat kering oleh fungi genus *Aspergillus* sp. sejumlah 35,4%. Hasil penelitian Usha *et al.*, (2011) melakukan uji biodegradasi dengan masa inkubasi selama 120

hari dan mendapatkan hasil pengurangan berat kering dari jenis fungi *Aspergillus flavus* sejumlah 20,96 %. Selain itu hasil penelitian Kathiresan (2003) menyatakan bahwa fungi dapat mendegradasi sejumlah 28,80 % dalam masa inkubasi 120 hari.

Sebagaimana firman Allah dalam Surah Az-Zumar (39) ayat 21:

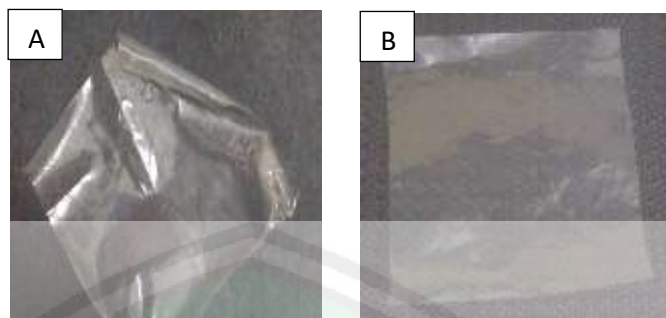
أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ ۖ يَنْبِيعٌ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا
أَلْوَانُهُ ۖ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَاهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudianditumbuhkan-Nya dengan air itu tanaman-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.”(Q.S Az-Zumar / 39:21).

Makna ayat di atas berdasarkan tafsir Jalalain (2010) bahwa Allah telah menurunkan air hujan untuk menumbuhkan suatu tanaman dengan bentuk yang beragam dan dijadikannya hancur berkeping-keping. Dalam kondisi tersebut terdapat suatu proses perpindahan dari satu kondisi ke kondisi lain. Sama halnya pada penguraian bahan anorganik oleh fungi indigenus. Hal tersebut dapat terjadi bagi orang-orang yang mau berfikir.

4.2.2 Perubahan bentuk fisik LDPE

Perubahan plastik LDPE yang dapat diamati setelah dilakukan uji biodegradasi yaitu tekstur pada plastik LDPE yang lebih lembek dan mudah menggulung. Selain itu plastik menjadi keruh. Pada plastik kontrol masih menunjukkan tekstur yang kasar dan tidak menggulung. Plastik LDPE kontrol juga tetap bening dan tidak keruh (Gambar 4.2).



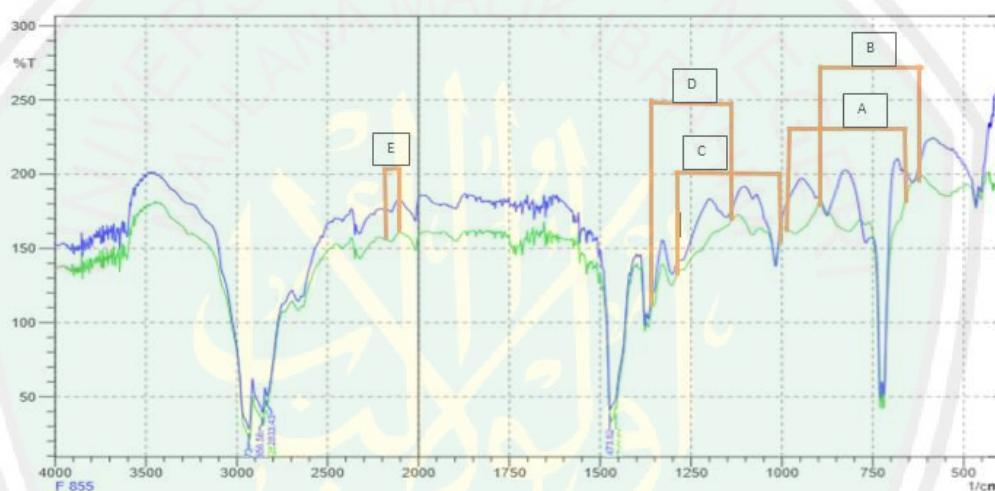
Gambar 4.2 Gambaran fisik LDPE setelah uji biodegradasi (A) LDPE dengan perlakuan fungi memiliki tekstur lembek, keruh dan mudah menggulung (B) LDPE kontrol memiliki tekstur yang kasar, tidak menggulung dan jernih.

Jalinan miselium yang menempel pada bagian permukaan plastik menguraikan ikatan-ikatan polimer penyusun plastik. Kemampuan fungi dalam mengkolonisasi permukaan LDPE dapat meningkatkan efisiensinya dalam pemecahan polimer melalui proses *cracking* sehingga akan didapatkan fragmen dengan rantai yang lebih pendek. Keruhnya permukaan plastik LDPE menunjukkan bahwa menempelnya jalinan miselium pada permukaan LDPE sedangkan tekstur yang lembek menunjukkan telah terjadi penguraian polimer oleh fungi (Gewert dkk., 2015, Gajendiran dkk., 2016).

Koloni fungi yang menempel pada permukaan LDPE akan membentuk biofilm kemudian fungi akan memecah polimer kompleks LDPE menjadi senyawa yang lebih sederhana (oligomer, dimer dan monomer) dengan bantuan enzim intraseluler dan ekstraseluler terjadi proses depolimerase sehingga senyawa tersebut dengan mudah digunakan fungi sebagai sumber karbon dan energi (Mohan, 2010).

4.2.3 Analisis perubahan struktur kimia

Analisis perubahan struktur kimia yaitu menggunakan alat uji FTIR (Fourier Transform InfraRed). Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada LDPE setelah dilakukan uji biodegradasi. Sampel yang diuji berupa lembaran LDPE merupakan hasil terbaik pada uji pengurangan berat kering berdasarkan persentase tertinggi. Hasil pengujian berupa grafik fungsi dan transmittan yang ditunjukkan pada (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Hasil analisis FTIR pada LDPE kontrol (gelombang berwarna biru) dan LDPE menggunakan perlakuan (gelombang berwarna hijau). Muncul puncak pada gelombang (A) gugus fungsi C-H Alkena; (B) C-H cincin aromatik; (C) C-O Alkohol; (D) C-N Amida; (E) C-H Alkana.

Hasil FTIR menunjukkan adanya perubahan kimia dan fisika pada LDPE setelah dilakukan proses degradasi oleh fungi. Perubahan kimia dan fisika dapat dilihat dengan munculnya gugus-gugus baru, meningkat dan berkurangnya gugus fungsi maupun perubahan susunan kimia LDPE. Hasil FTIR terdapat pada panjang gelombang 675-995 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkena (Gambar 4.3a) yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3010-3095

& $675-995\text{ cm}^{-1}$. Muncul puncak pada panjang gelombang $690-900\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-H cincin aromatik (Gambar 4.3b) yang biasanya muncul pada panjang gelombang $3010-3100$ & $690-900\text{ cm}^{-1}$. Muncul puncak pada panjang gelombang $1050-1300\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-O Alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester (Gambar 4.3c) yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut. Muncul puncak pada panjang gelombang $1180-1360\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi C-N Amina/ amida (Gambar 4.3d) yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut. Muncul puncak pada panjang gelombang $2850-2970\text{ cm}^{-1}$ adanya gugus fungsi C-H Alkana (Gambar 4.3e) yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut $2850-2970$ & $1340-1470\text{ cm}^{-1}$.

Perubahan secara fisika dapat ditandai dengan terdapatnya perbedaan tinggi rendahnya gelombang terutama terlihat jelas pada gelombang $400-1250\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, nilai presentase transmisi pada beberapa gelombang, menunjukkan bahwa telah terjadi perenggangan pada rantai polimer. Pada hasil menunjukkan bahwa plastik LDPE perlakuan (warna hijau) memiliki nilai presentase transmisi yang lebih mendekati 100% dibandingkan dengan plastik kontrol (warna biru). Hal ini mengindikasikan bahwa plastik LDPE perlakuan telah terjadi perenggangan molekul kimia penyusun plastik akibat proses degradasi. Berdasarkan jurnal Rohmah (2018), nilai presentase transmisi yang mendekati 100% menunjukkan bahwa polimer bersifat semakin renggang, karena tidak adanya inframerah yang diserap oleh polimer.

Menurut Sen dan Raut (2015) peningkatan biodegradasi dapat ditandai dengan meningkatnya indeks ikatan karbonil ester dan cincin aromatik yang dihitung dalam FTIR. Hal tersebut karena proses inkubasi yang dilakukan dapat meningkatkan enzim laccase pada mikroorganisme sehingga cincin aromatik dan ester akan meningkat. Meningkatnya cincin aromatik dapat menyebabkan pemutusan zat warna pada polimer dan ester dapat menyebabkan meningkatnya proses mineralisasi pada mikroorganisme. Pada penelitian ini hasil FTIR menunjukkan meningkatnya cincin aromatik di puncak $690-900\text{ cm}^{-1}$ dan ester pada puncak panjang gelombang $1050-1300\text{ cm}^{-1}$.

Munculnya puncak pada gugus alkena pada panjang gelombang $675-995\text{ cm}^{-1}$ dan alkana pada panjang gelombang $2850-2970\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa telah terjadi degradasi oksidatif oleh enzim hidroksilasi terhadap hidrokarbon sehingga menjadi ikatan yang lebih sederhana berupa alkana dan alkena (Sen dan Raut, 2015).

4.2.4 Karakteristik fungi indigenus

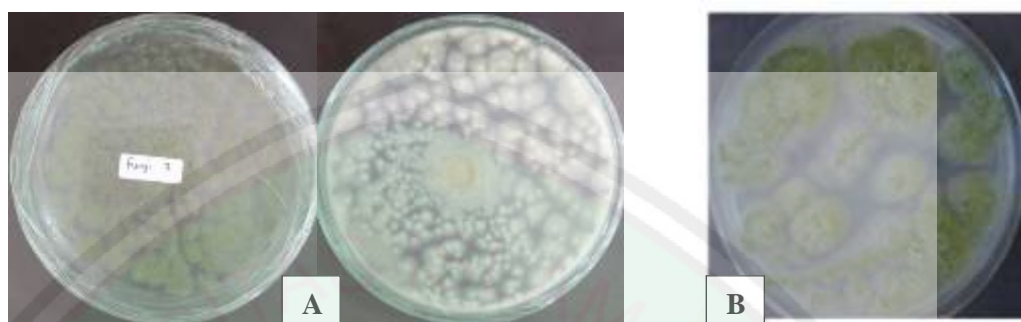
Berdasarkan hasil isolasi fungi indigenus pada media seleksi maka didapatkan tiga jenis isolat yang masing-masing memiliki karakter yang berbeda. Fungi F1 dan F3 diamati berdasarkan karakter makroskopis saja sedangkan fungi F2 dilanjutkan dengan karakterisasi mikroskopis karena menunjukkan hasil pengurangan berat kering terbanyak (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Karakter morfologi isolat fungi indigenus

Karakter Morfologi	F1	F2	F3
Permukaan Koloni atas	Tekstur koloni halus, tampak seperti beludru, berwarna putih	Tekstur koloni serbuk, tampak memiliki ,warna koloni hijau tua dengan pinggiran putih	Tekstur koloni halus, tampak seperti kapas, miselia aerial, berwarna putih
Permukaan koloni bawah	Warna koloni jingga, setelah hari ketujuh berubah menjadi kecoklatan	Warna koloni putih, setelah hari kelima berubah sedikit krem	Warna koloni putih
Ukuran koloni	9 cm	Menyebar	3,8 cm
Hifa	Tidak berseptat	Berseptat	Tidak berseptat
Konidia	-	√	-
Dugaan isolate	Rhizopus	Aspergillus	Rhizopus

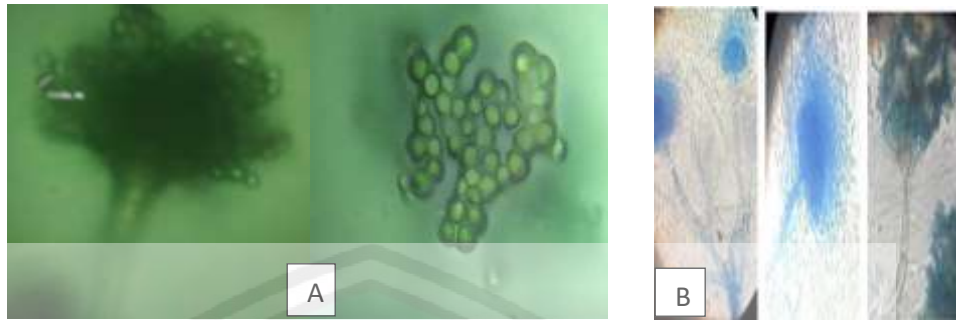
Pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis isolat F2 tergolong ke dalam genus *Aspergillus*. Menurut Gandjar dkk. (2000) karakter morfologi secara makroskopis *Aspergillus* diantaranya pertumbuhannya tergolong cepat, memiliki tekstur koloni yang kasar dan seperti tepung, memiliki warna permukaan atas koloni ada yang putih, hijau muda, hijau tua, atau hitam, pinggiran pada *Aspergillus* berwarna putih. Pada penelitian Hartana (2014) menyebutkan bahwa *Aspergillus* mengawali tumbuh sebagai filamen berwarna putih dan berubah menjadi warna lain tergantung spesiesnya. Hasil literatur sesuai dengan penampakan fungi F2 pada (Gambar 4.4) yaitu memiliki koloni berwarna hijau dengan pinggiran putih, tekstur fungi seperti serbuk atau tepung, pertumbuhan

fungi F2 mula-mula berwarna putih yang kemudian berubah menjadi warna hijau, dan warna permukaan bawah fungi putih sedikit krem.



Gambar 4.4 (A) Permukaan atas dan bawah koloni F2, (B) Literatur permukaan atas koloni *Aspergillus* (Aisyah dkk., 2015)

Pengamatan mikroskopis pada isolat F2 dilakukan menggunakan mikroskop perbesaran 100 kali dapat dilihat pada (Gambar 4.5) bahwa memiliki konidia, spora berbentuk bulat, memiliki hifa yang berseptat. Gholib dan Tarmudji (2005) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa fungi *Aspergillus* memiliki tangkai konidia (konidiofora) pendek halus berwarna kehijauan, memiliki kepala konidia yang berbentuk seperti gada (clavate) dan bulat, dan menjadi lonjong (columnar) dengan semakin bertambahnya umur koloni. Terdapat sterigma yang tampak menutupi setengah bagian atas dari vesikel. Menurut Mukharomah (2015) bahwa *Aspergillus* merupakan fungi yang dapat tumbuh pada suhu yang cukup tinggi yaitu 55 °C pada tekanan oksigen rendah.



Gambar 4.5 (A) Morfologi mikroskopis dan konidia fungi F2 (B) Morfologi mikroskopis *Aspergillus* (Muhonja *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa fungi *Aspergillus* memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik. Raaman dkk. (2012) bahwa *Aspergillus japonicas* dapat mengurangi berat kering plastik sejumlah 11,11 %. Penelitian Swift (1998) bahwa fungi yang dapat mendegradasi plastik jenis poliethilena seperti *Aspergillus niger*, *Aspergillus ornatus*, *Aspergillus cremeus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus candidus* dan *Aspergillus glaucus*. Jenis fungi yang paling banyak diisolasi dalam beberapa penelitian adalah *Aspergillus niger* dan *Aspergillus glaucus*. Hasil penelitian Sanchez *et al.* (2000) kelompok *Aspergillus* merupakan jenis fungi yang paling efektif untuk memecah bahan-bahan polimer.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya aktivitas degradasi LDPE oleh isolat F2 sebesar 2,79 % dan isolat F3 sebesar 0,59 %. Selain itu adanya perubahan tekstur LDPE antara LDPE kontrol dan LDPE uji menjadi tekstur yang lebih lembek dan menggulung. Aktivitas degradasi oleh isolat fungi juga dapat ditunjukkan dengan hasil FTIR fungi F2 yang dibandingkan dengan kontrol yaitu munculnya gugus-gugus baru, meningkat dan berkurangnya gugus fungsi maupun perubahan susunan kimia LDPE.
2. Fungi yang mampu mendegradasi LDPE terbanyak berdasarkan karakterisasi makroskopis dan mikroskopis yaitu fungi F2 yang merupakan fungi *Aspergillus*.

5.2 Saran

1. Uji biodegradasi yang dilakukan hanya 30 hari sehingga dapat dilakukan variasi waktu degradasi yang lebih lama. Selain itu juga dapat dilakukan variasi suhu dan pH.
2. Karakterisasi fungi dapat dilakukan uji lanjutan seperti karakterisasi molekuler dan uji lain seperti uji SEM untuk mengetahui struktur plastik secara mikroskopis maupun uji GC-MS.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Fauzi, Zulisma Anita dan Hamida Harahap. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 2. No. 2.
- Alshehrei, Fatimah. 2017. Biodegradation of Synthetic and Natural Plastic by Microorganisms. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*. Vol. 5, No. 1.
- Amaliya, Citra F. 2019. Uji Biodegradasi dan Identifikasi /jamur Pendegradasi Plastik LDPE Secara Genotip Menggunakan Gen ITS rDNA. *Skripsi*. Jurusan Kimia. UIN Malang.
- Anam, Choirul, Sirojudin dan K Sofjan Firdausi. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. Vol.10. No.1.
- Anggreni, Maria Winda. 2012. Pengelolaan Limbah Padat Sebagai Bagian Penerapan Konsep Green Building. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Arutchelvi, J., M. Sudhakar., Ambika Arkatkar., Mukesh Doble., Sumit Bhaduri and Parasu Veera Uppara. 2008. Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*. Vol. 7.
- Bikiaris, DN., G.Z. 2006. *Synthesis and Comparative Biodegradability Studies of Three Poly (Alkaline Succinate)s : Polymer Degradation and Stability*. www.elsevier.com/locate/polydegstab diakses 27 Maret 2020.
- Candra, Reski Mai dan Dianing Sucita. 2015. Sistem Pakar Penentuan Jenis Plastik Berdasarkan Sifat Plastik Terhadap Makanan yang akan Dikemas Menggunakan Metode Certainty Factor (Studi Kasus : CV. Minapack Pekanbaru). *Jurnal CoreIT*. Vol.1. No.2.
- Cowd, M A. 1982. *Kimia Polimer: Terjemahan oleh Harry Firman*. Bandung: Penerbit ITB.
- Darlina, Ina., Nia Rossiana dan Mia Miranti. 2011. Dekolorisasi Zat Warna Remazol Biru Menggunakan Isolat Jamur Indigenous Asal Limbah Batik. *Indonesian Journal of Applied Science*. Vol 1, No. 2.
- Das, Merina Paul & Santosh Kumar. 2013. An Approach to Low-Density Polyethylene Biodegradation by *Bacillus Amylolyquefaciens*. *Biotech*. 5: 81-86.
- Deacon, J.W. 2006. *Fungal Biology*. Edisi Keempat. UK: Blackwell Publishing.

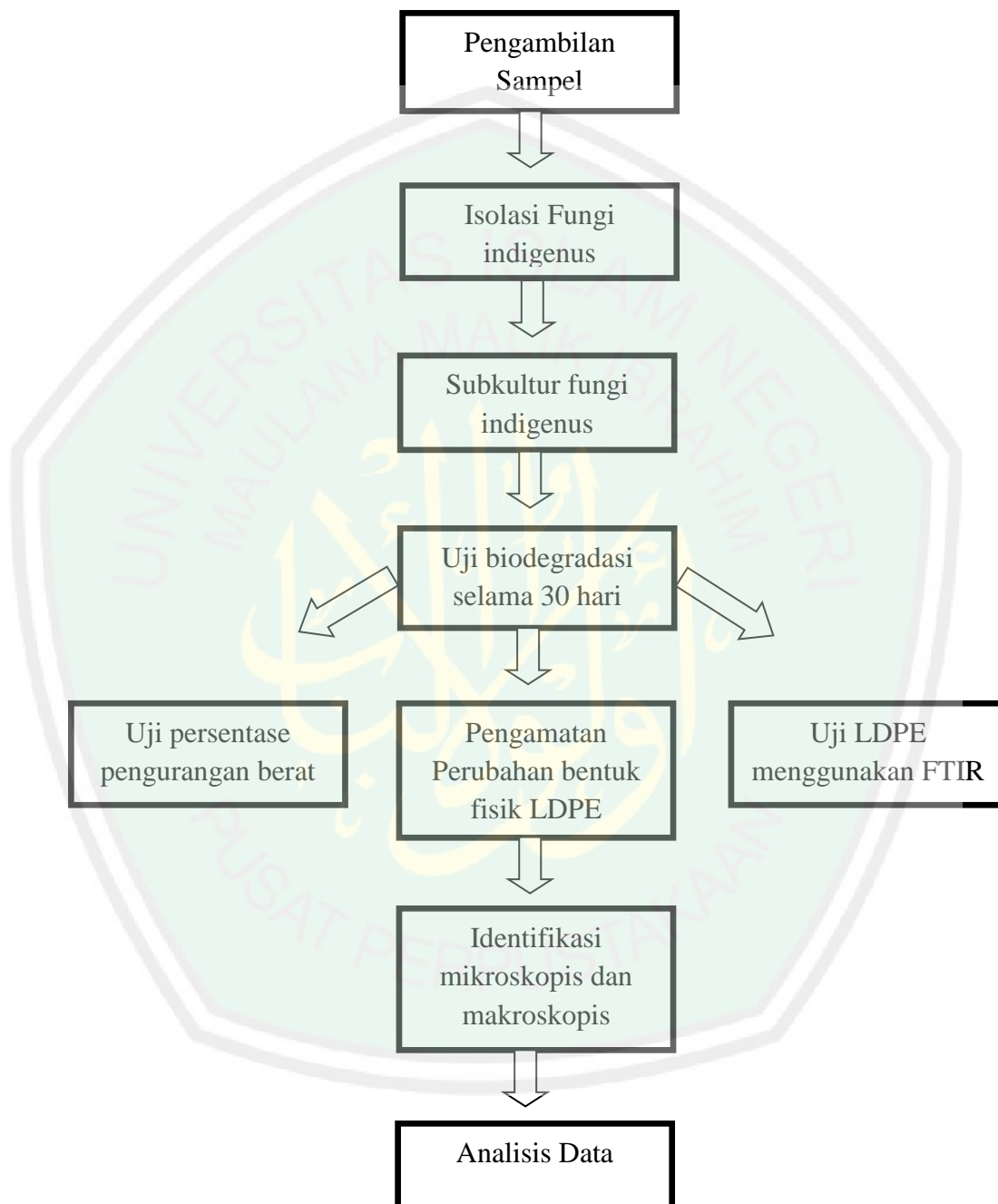
- Deepika & Jaya Madhuri R. 2015. Biodegradation of Low Density Polyethylene by Microorganisms from Garbage Soil. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. Volume 3 (1).
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang. 2018. Masterplan dan DED Kabupaten Persampahan Malang.
- Fadlilah, Fiki Rahmah dan Maya Shovitri. 2014. Potensi Isolat Bakteri Bacillus dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol 3, No. 2.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi lingkungan*. Bandung : Alfabeta
- Gandjar, I., Robert A. S., Karin, V. D. T., Ariyanti, O., dan Iman, S. (2000). Pengenalan Kapang Tropik Umum. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gaurav, Madhukar M., Arunkumar K.N & N S Lingegowda. 2014. Conversion of LDPE Plastic Waste into Liquid Fuel by Thermal Degradation. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*. Vol.2. Issue 4.
- Gewert, B., Plassmann, M. M. & MacLeod, M. 2015. Pathways for Degradation of Plastic Polymers Floating in The Marine Environment. *Environmental Science: Processes Impacts*, 17(2015), 1513. <http://doi.org/10.1039/c5em00207a>.
- Gholib, D. dan Termudji. (2005). Kasus aspergillosis granuloma pada paruparu Burung Emu (*Dromacius novaehollandies*). *Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia*, 6 (1-2): 38-40.
- Gu, J D. Ford, T E Mitton, D B & Michell, R. 2003. *Microbial Corrosion of Metals*. Willey Pab: New York.
- Hartana, S. N. (2014). Keanekaragaman Cendawan yang Diisolasi di Lokasi Perandangan Ayam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hidayat, Nur Alfi., Isna Rasdianah Aziz dan Cut Muthiadin. 2017. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Biology for Life*. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.
- Ibrahim D, Bankole OC, Ma'aji SA, Ohize EJ and Abdul BK. 2013. Assessment of the Strength Properties of Polystyrene Material used in Building Construction in Mbora District Of Abuja, Nigeria. *Int J Engg Res Dev*. 6(12): 80-84.
- Jalalain Imam. 2010. *Tafsir Jalalain*. Surabaya: Darul Ilmi.
- Kathiresan, K. 2003. Polythene and Plastics-Degrading Microbes from The Mangrove Soil. *Revista de Biologiatropica*. 51 (3).

- Kumar, Santosh., Merina Paul Das., L. Jeyanthi Rebecca and S.Sharmila. 2013. Isolation and Identification of LDPE Degrading Fungi from Municipal Solid Waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 5(3).
- Lucas, Nathalie., Christophe Bienaime., Christian Belloy., Michele Queneudec., Françoise Silvestre., Jose-Edmundo and Nava Sucedo. 2008. Polymer Biodegradation : Mechanisms and Estimation Techniques. *Chemosphere* 73. 429-442.
- Mohan S.K., and Srivastava. 2010. Microbial Deterioration and Degradation of Polymeric Materials. *Journal Biochemistry Technology*.
- Muhonja, Christabel Ndahebwa., Huxley Makonde., Gabriel Magoma and Mabel Imbuga. 2018. Biodegradability of Polyethylene By Bacteria and Fungi from Dandora Dumpsite Nairobi-Kenya. *PLOS ONE*.
- Mukharomah, Ervina., Munawar dan Hary Widjajanti. 2015. Identifikasi dan Sinergisme Kapang Lipolitik dari Limbah SBE (Spent Bleaching Earth) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 13 (1) : 19-26.
- Ojha, Nupur., Neha Pradhan., Surjit Singh, Anil Barla., Anamika Shivastava., Pradip Khatua and Vivak Rai. 2017. Evaluation of HDPE and LDPE degradation by fungus, implemented by statistical optimization. *Scientific Reports*. DOI: 10.1038/srep39515.
- Oxtoby, David W., H.P Gillis dan Norman H. Nachtrieb. 2003. *Struktur Kimia: Alih Bahasa Suminar Setiadi Ahmadi*. Jakarta: Erlangga.
- Purba, Winda Sartika. 2017. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Putra, Hijrah Purnama dan Yebi Yuriandala. 2010. Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Vol. 2. No. 1.
- Raaman, N., Rajitha, N., Jayshree, A & Jegadesh , R. 2012. Biodegradation of Plastic by *Aspergillus* sp. Isolated from Polyethylene Polluted Sites Around Chennai. *Journal Academia Industrial Research*, 1(6), 313-316.
- Ratman, Cesar Ray dan Syarifudin. 2010. Penerapan Pengelolaan Limbah B3 di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia. *Jurnal Presipitasi*. Volume 7, No.2.
- Razyafathima., Praseetha P K & Rimal Isaac R S. 2016. Microbial Degradation of Plastic Waste: Review Article. *Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*. 4(2).

- Renung Rubiataji. "Teknik Penimbunan Sampah di TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang". Hasil Wawancara Pribadi: 27 Februari 2019. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang.
- Rohmah, U.M., M. Shovitri & N.D Kuswytasari. 2018. Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus terreus* (LM1021) Pada pH 5 dan 6 ; Serta Suhu 25°C dan 35°C. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol 7, No.2. 2337-3520.
- Sanchez J, Tsuchii A, Tokiwa Y. 2000. Degradation of polycaprolactone at 50°C by a thermotolerant *Aspergillus* sp. *Biotechnol Lett*. 22: 849–853.
- Sangale, Manisha K., Mohd Shahnawaz & Avinash B Ade. 2012. A Review on Biodegradation of Polythene: The Microbial Approach. *Journal Bioremediation and Biodegradation*. Vol. 3. Issue 10.
- Sari, Gina Lova. 2017. Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Al Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.3. No.1.
- Sen, S. K., & Raut, S. 2015. Microbial Degradation of Low Density Polyethylene (LDPE) : A Review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 462-473. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.01.03>.
- Shihab, M. Q. 2003. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Slamet, Juli Soemirat. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : UGM press.
- Sriningsih, Atik dan Maya Sovitri. 2015. Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* Sebagai Pendegradasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni*. ITS. Vol 4 No. 2.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. UI Press, Jakarta.
- Suhendra, Ahmad. 2013. Menelisik Ekologis dalam Al-qur'an. *Esensia*. Vol.XIV No.1.
- Susilawati., Irfan Mustafa dan Desy Maulina. 2011. Biodegradable Plastics from a Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch with The Addition of Acrylic Acid. *Jurnal Natural*. Vol. 11. No.2.
- Swift G.1998. *Handbook of biodegradable polymers*. CRC Pres.
- Tokiwa, Yutaka., Buenaventurada., P. Calabria., Charles U. Ugwu and Seiichi Aiba. 2009. Biodegradability of Plastics. *International Journal of Molecular Sciences*. 10. 3722-3742.
- Usha R, Sangeetha T, Palaniswamy M. 2011. Screening of Polyethylene Degrading Microorganisms from Garbage Soil. *Libyan Agric Res Cen J. Int*; 2.

LAMPIRAN

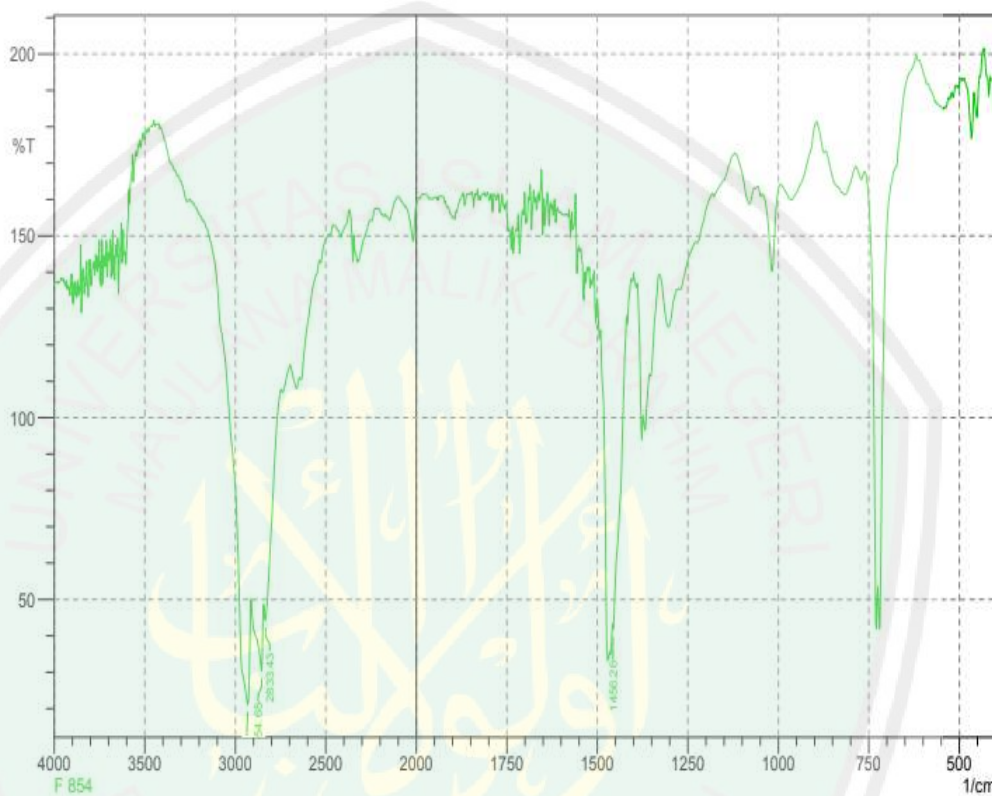
Lampiran 1. Desain Penelitian



Lampiran 2. Analisis FTIR Kontrol dan Uji

a. LDPE Uji

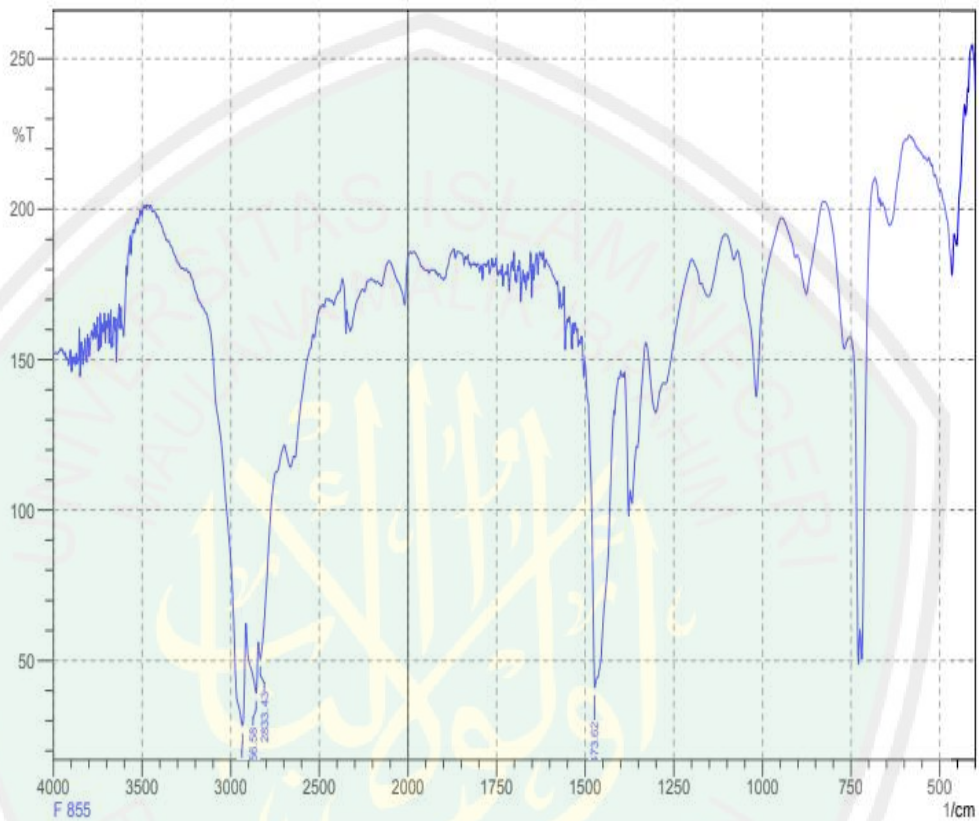
SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	1456.26	41.85	5.74	1458.18	1419.61	4.51	0.28
2	2833.43	44.27	10.4	2843.07	2748.56	13.28	1.78
3	2854.65	30.41	18.42	2912.51	2845	27.83	7.13
4	2931.8	21.13	35.78	3170.97	2914.44	22.57	19.07

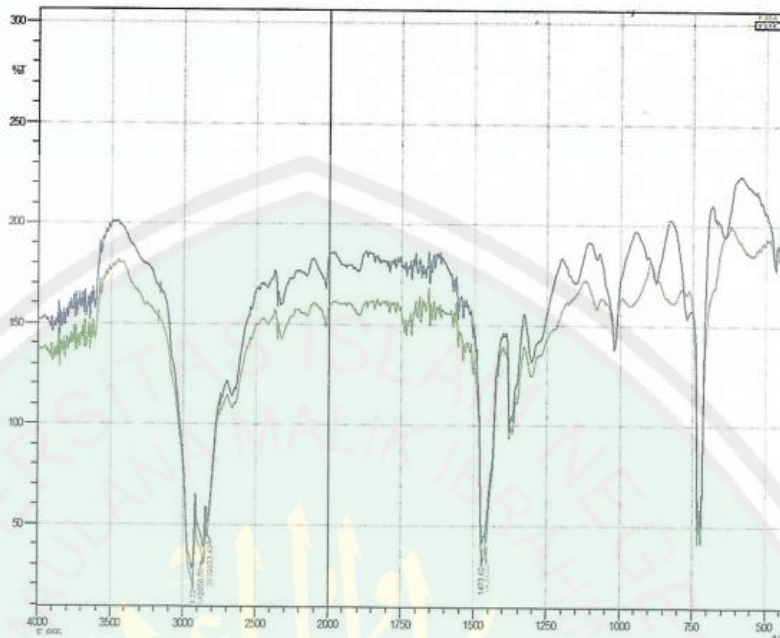
b. LDPE Kontrol

SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	1473.62	41.02	93.97	1490.97	1419.61	9.79	18.95
2	2833.43	50.7	10.58	2843.07	2744.71	10.68	2.28
3	2856.58	39.19	17.85	2912.51	2845	22.23	6.57
4	2933.73	28.35	42.16	3157.47	2914.44	12.96	19.99

c. Analisis LDPE Uji dan Kontrol



1. Muncul puncak pada panjang gelombang 675-995 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkena yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3010-3095 & 675-995 cm^{-1} .
2. Muncul puncak pada panjang gelombang 690-900 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H cincin aromatik yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3010-3100 & 690-900 cm^{-1} .
3. Muncul puncak pada panjang gelombang 1050-1300 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-O Alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.
4. Muncul puncak pada panjang gelombang 1180-1360 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-N Amina/ amida yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.
5. Muncul puncak pada panjang gelombang 2850-2970 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkana yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut 2850-2970 & 1340-1470 cm^{-1} .



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

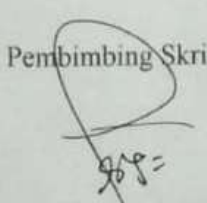
KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Mutia Nur Fadilla
NIM : 15620075
Program Studi : Biologi
Semester : Genap T.A 2019
Pembimbing : Prilya Dewi Fitriyani, M.Sc
Judul Skripsi : Biodegradasi LDPE (*Low Density Polyethylene*) Oleh Isolat Fungi Indigenus Asal Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang

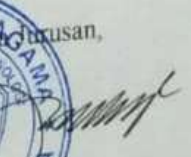
NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	16-01-2019	Konsultasi judul skripsi	1. P.S.
2.	18-01-2019	Konsultasi judul dan metode	2. P.S.
3.	21-01-2019	Konsultasi BAB I	3. P.S.
4.	27-02-2019	Konsultasi BAB I	4. P.S.
5.	13-03-2019	Konsultasi BAB II	5. P.S.
6.	27-03-2019	Konsultasi BAB I,II dan III	6. P.S.
7.	29-03-2019	Revisi BAB I,II dan III	7. P.S.
8.	04-04-2019	Revisi BAB I,II dan III	8. P.S.
9.	09-04-2019	Acc proposal	9. P.S.
10.	24-02-2020	Konsultasi BAB IV	10. P.S.
11.	10-05-2020	Konsultasi BAB I, II, III, IV, V, daftar pustaka dan abstrak	11. P.S.
12.	21-05-2020	Konsultasi BAB I, II, III, IV, V, daftar pustaka dan abstrak	P.S.
13.	-06-2020	Acc skripsi	P.S.

Malang, Juni 2020

Pembimbing Skripsi,


Prilya Dewi Fitriyani, M.Sc
NIP. 19900428201608012062




Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp / Faks: (0341) 358933
Website: <http://biologi.um-malang.ac.id> Email: biologi@um-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI AGAMA SKRIPSI

Nama : Mutia Nur Fadilla
NIM : 15620075
Program Studi : Biologi
Semester : Genap T.A 2019
Pembimbing : Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
Judul Skripsi : Biodegradasi LDPE (Low Density Polyethylene) Oleh Isolat Fungi Indigenus Asal Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kapanjen, Kabupaten Malang

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	02-04-2019	Konsultasi BAB I dan II	1.
2.	11-04-2019	ACC BAB I dan II	2.
3.	02-06-2020	Konsultasi BAB IV dan V	3.
4.	09-06-2020	ACC Skripsi	4.

Malang, 7 Juni 2020

Pembimbing Agama Skripsi,

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008



Kepala Jurusan,

Dr. J. Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002