

**ANALISIS LAJU BIODEGRADASI PLASTIK DENGAN
METODE PEMANASAN MICROWAVE DAN
PENGOMPOSAN DALAM TANAH**

SKRIPSI

ROBIAH AL ADA WIYAH

H021 20 1023



**PROGRAM STUDI FISIKA
DAPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS LAJU BIODEGRADASI PLASTIK DENGAN
METODE PEMANASAN MICROWAVE DAN
PENGOMPOSAN DALAM TANAH**

**ROBIAH AL ADA WIYAH
H021 20 1023**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**PROGRAM STUDI FISIKA
DAPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS LAJU BIODEGRADASI PLASTIK DENGAN METODE
PEMANASAN MICROWAVE DAN PENGOMPOSAN DALAM
TANAH**

Disusun dan diajukan oleh

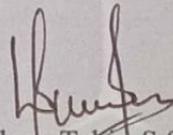
ROBIAH AL ADA WIYAH

H021 20 1023

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

Menyetujui,

Pembimbing,



Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si.
NIP. 19750907 200003 1 006

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robiah Al Ada Wiyah

NIM : H021 20 1023

Program Studi : Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Analisis Laju Biodegradasi Plastik dengan Metode Pemanasan *Microwave* dan Pengomposan dalam Tanah”

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

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

Makassar, 8 Mei 2024

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular postage stamp. The stamp is yellow and features the Garuda Pancasila emblem, the text 'REPUBLIK INDONESIA', '2500', and 'METERAI TEMPEL'. Below the stamp, the number '60647ALM129017798' is printed.

Robiah Al Ada Wiyah

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Laju Biodegradasi Plastik dengan Metode Pemanasan *Microwave* dan Pengomposan dalam Tanah."

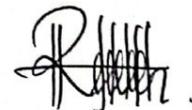
Penulis menyadari, dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan serta do'a dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.**, selaku dosen pembimbing yang telah senantiasa meluangkan banyak waktu dan pikiran serta memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.** dan Bapak **Drs. Bansawang BJ, M.Si.**, selaku dosen penguji yang meluangkan waktu untuk menguji penulis pada saat sidang.
3. Kedua orang tua, ayahanda **Abdullah H. Abidin**, ibunda **Siti Suara (Almh)**, kakak **Miftahul Khair**, kakak **Sri Astuti**, kakak **Muhammad Badiuz Zaman**, adek **Muhammad Isnaini Putra**, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan moral maupun moril kepada penulis selama menempuh studi di Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.**, selaku Ketua Departemen Fisika Universitas Hasanuddin yang selalu mendukung peningkatan pemberdayaan laboratorium untuk mahasiswa.
5. Dosen S1 Fisika Universitas Hasanuddin serta seluruh staf pengajar yang telah memberikan banyak ilmu dan pengajaran kepada penulis.

6. Jajaran staf Departemen Fisika serta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah banyak membantu penulis, terutama dalam hal surat dan administrasi.
7. Seluruh Kakak S2 Fisika terkhusus kakak di lab material dan energi Departemen Fisika yang senantiasa memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
8. Seluruh **Kakak Fisika 2019** yang senantiasa menjadi panutan dan menjadi contoh teladan bagi penulis.
9. Teman-teman **S1 Fisika 2020 (REZONANSI)** yang telah kebersamai penulis dalam suka maupun duka selama mengikuti masa perkuliahan.
10. Himpunan tercinta, **HIMAFI FMIPA** yang telah banyak memberikan pengajaran hidup kepada penulis.
11. Lembaga tercinta, **Forum Komunikasi Mahasiswa Sape (FOKMAS) Makassar dan Ikatan Mahasiswa Mbojo (IWAMBOJO) Universitas Hasanuddin Makassar** yang selama ini menjadi rumah kedua penulis untuk berbagi cerita suka maupun duka.
12. Teman-teman KKNT Desa Panyili gelombang 110 yaitu **Kiky, Rina, Isti, Badrul, dan Syamsul** yang telah kebersamai penulis selama masa berbakti kepada masyarakat serta selalu memberikan dukungan kepada penulis hingga hari ini.
13. Serta pihak-pihak yang telah banyak mendukung dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari dalam pembuatan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan penulis demi kesempurnaan penulisan skripsi ini ke depannya.

Makassar, 6 Mei 2024



Robiah Al Ada Wiyah

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Plastik.....	4
II.2 <i>Microwave</i>	5
II.3 Biodegradasi.....	6
II.4 Pengomposan.....	7
BAB III METODE PENELITIAN.....	8
III.1 Waktu dan Tempat.....	8
III.2 Alat dan Bahan.....	8
III.2.1 Alat.....	8
III.2.2 Bahan.....	8
III.3 Prosedur Kerja.....	8
III.3.1 Pemanasan <i>Microwave</i>	8
III.3.2 Uji <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	9
III.3.3 Penanaman.....	10
III.3.4 Uji Degradasi.....	10

III.4 Bagan Alir Penelitian.....	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
IV.1 <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	12
IV.2 Uji Degradasi.....	13
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	17
V.1 Kesimpulan	17
V.2 Saran	17
DAFTAR PUSTAKA.....	18
LAMPIRAN-LAMPIRAN	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peraturan pelabelan pada plastik yang paling banyak digunakan.....	4
Gambar 3.1 Pemanasan plastik menggunakan microwave.....	9
Gambar 3.2 Penanaman sampel.....	10
Gambar 4.1 Hasil karakterisasi FTIR sampel plastik.....	12
Gambar 4.2 Hasil uji degradasi sampel plastik.....	14

ABSTRAK

Robiah Al Ada Wiyah. H021201023. “Analisis Laju Biodegradasi Plastik dengan Metode Pemanasan *Microwave* dan Pengomposan dalam Tanah” dibimbing oleh **Dahlang Tahir.**

Penanganan terhadap plastik berupa pemanasan sudah mulai dikembangkan karena melihat kondisi plastik yang dipanaskan akan menyebabkan pemotongan rantai dan menghasilkan reaksi oksidasi sehingga mampu mempengaruhi kekuatan polimer agar rentan terhadap degradasi. Dilaporkan bahwa plastik mampu mengalami kerusakan lewat panas sinar matahari, namun membutuhkan waktu yang sangat lama sehingga diperlukan sumber panas lainnya. Pemanasan plastik menggunakan *microwave* memiliki keunggulan dibandingkan dengan pemanasan konvensional karena mampu menghasilkan pemanasan volumetri. Perlakuan panas diberikan terhadap tiga jenis polimer plastik, yaitu berturut-turut dengan suhu 250°C dalam waktu 30 menit, suhu 200°C dalam waktu 10 menit, serta suhu 200°C dan 250°C selama 60 menit. Kondisi pengomposan menjadi alternatif tambahan dalam usaha mendegradasi plastik. Analisis FTIR mengidentifikasi jenis polimer plastik. Uji biodegradabilitas menunjukkan tiga jenis polimer plastik dapat terdegradasi sempurna dalam waktu 12 minggu.

Kata kunci : Plastik, Pemanasan *Microwave*, Pengomposan

ABSTRACT

Robiah Al Ada Wiyah. H021201023. "Analysis of Plastic Biodegradation Rate by Microwave Heating Method and Composting in Soil," mentored by Dahlang Tahir.

Heating plastics has been developed because heating plastics causes chain breaks and oxidation reactions, which can affect the strength of the polymer and make it susceptible to degradation. It is reported that plastics are capable of degradation through solar heat, but it takes a very long time so another heat source is needed. Microwave heating of plastics has the advantage over conventional heating of being able to produce volumetric heating. Heat treatment was applied to three types of plastic polymers: 250°C for 30 minutes, 200°C for 10 minutes, and 200°C and 250°C for 60 minutes, respectively. Composting conditions are an additional alternative for plastic degradation. FTIR analysis identified the type of plastic polymer. Biodegradability tests showed that three types of plastic polymers could be completely degraded within 12 weeks.

Keywords: *Plastic, Microwave Heating, Composting*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari karena merupakan bahan yang terjangkau dan serba guna. Plastik telah menjadi bagian integral dari kehidupan di seluruh dunia [1]. Terlepas dari kegunaannya, tidak dapat dipungkiri bahwa plastik dapat menimbulkan masalah yang cukup luar biasa terhadap lingkungan dan kesehatan manusia [2]. Hal ini disebabkan oleh karena sifat plastik yang tidak dapat terurai secara hayati [3].

Polusi plastik adalah salah satu masalah lingkungan hidup yang paling mendesak di abad ke-21. Pesatnya pertumbuhan produksi plastik sejak pertengahan abad ke-20, yang dipercepat oleh peralihan global menuju wadah sekali pakai di sektor pengemasan, mengakibatkan peningkatan sampah plastik sekaligus pembuangan sampah sembarangan di lingkungan alam [4]. Dilaporkan bahwa produksi plastik tahunan secara bertahap meningkat dari tahun 1950 (35 juta metrik ton) hingga 2018 (melebihi 350 juta metrik ton) di seluruh dunia, dan 93% di antaranya biasanya dibuang di tanah dan laut [3]. Produksi plastik juga diperkirakan akan terus meningkat menjadi tiga kali lipat pada tahun 2050, terhitung seperlima dari konsumsi minyak dunia [5].

Konsumsi plastik telah menimbulkan banyak limbah, yang kini menyebabkan pencemaran lingkungan yang sangat besar. Sekitar 6,3 miliar ton sampah plastik dihasilkan pada tahun 2015, dan hanya 9% yang didaur ulang, sisanya harus dibakar atau ditimbun [6]. Perkiraan peningkatan produksi plastik dan dampaknya terhadap lingkungan sedemikian rupa sehingga pengurangan tingkat polusi tidak dapat dicapai hanya dengan memperbaiki aliran pengelolaan sampah [7].

Menyikapi fenomena itu, dibutuhkan cara-cara potensial untuk menangani pengurangan limbah plastik [5]. Perlakuan panas terhadap plastik dapat menghasilkan keadaan tereksitasi yang menyebabkan pemotongan rantai, percabangan ikatan silang dan reaksi oksidasi, yang pada gilirannya akan

berakhir pada dekomposisi plastik. Sebagian besar plastik yang dilaporkan dapat terurai di bawah sinar matahari. Namun, membutuhkan waktu yang sangat lama [8]. Menggunakan mikroba dan enzim untuk mendegradasi plastik sintesis juga merupakan salah satu metode yang disarankan. Beberapa mikroba mampu mendegradasi satu jenis plastik seperti *polipropylene* dan *polyethylene* yang disaring dari lingkungan aslinya, seperti tanah di tempat pembuangan sampah plastik, air laut, tanah yang diperoleh dari minyak mentah tempat terkontaminasi minyak, lumpur kotor, dan tempat pembuangan bahan limbah. Isolasi mikroba perusak plastik penting untuk mengkategorikan depolimerase dan enzim utama terkait yang terlibat dalam kerusakan plastik [9]. Selain itu, studi metagenomik jamur dari lingkungan tanah pengomposan dapat menyediakan sumber daya yang kaya akan kumpulan gen spesies jamur yang bertanggung jawab atas biodegradasi plastik dan juga memungkinkan untuk mengeksplorasi komunitas mikroba yang tidak dapat dibudidayakan yang mungkin terlibat dalam proses degradasi [10].

Penelitian mengenai penanganan dan perlakuan guna mengurangi sampah plastik telah menarik perhatian para peneliti seperti yang dilakukan oleh Godofredo et.al pada tahun 2022, akan tetapi penelitian tersebut membutuhkan proses degradasi yang lama [1]. Penelitian lain juga dilakukan oleh Laura M. H. et.al pada tahun 2023, akan tetapi juga membutuhkan waktu yang lama serta biaya yang tidak sedikit [7].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kecepatan biodegradasi plastik melalui metode pemanasan menggunakan *microwave* dan metode pengomposan dalam tanah.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang dapat dirumuskan, di antaranya:

1. Bagaimana pengaruh metode pemanasan *microwave* terhadap laju degradasi plastik?
2. Bagaimana efektivitas kondisi pengomposan dalam menunjang laju degradasi plastik?

I.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian, antara lain:

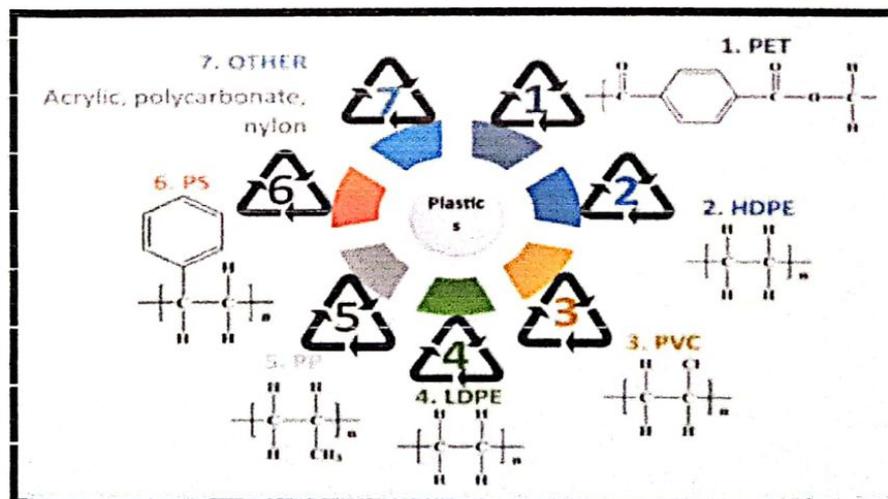
1. Menganalisis pengaruh metode pemanasan *microwave* terhadap laju degradasi plastik.
2. Menganalisis efektivitas kondisi pengomposan dalam menunjang laju degradasi plastik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Plastik

Plastik adalah bahan polimer yang ringan, kuat, tahan lama, dan tahan korosi yang digunakan untuk beragam aplikasi, terutama berasal dari sumber karbon fosil seperti minyak mentah dan gas alam [1]. Komponen utama plastik adalah polimer, yang berasal dari sumber tidak terbarukan (sintetis) dan terbarukan (alami). Sumber polimer tidak terbarukan yang digunakan untuk produksi plastik dihasilkan dari minyak mentah, gas alam, batu bara, dan beberapa polimer sintetis antara lain teflon, *polyethylene*, *polyester*, dan nilon, sedangkan sumber terbarukan mencakup polisakarida/polimer yang berasal dari tumbuhan, mikroba, dan beberapa polimer alami termasuk rayon [11].

Polimer, yang merupakan komponen utama plastik, dibentuk melalui reaksi polimerisasi monomer. Polimerisasi memerlukan terjadinya proses adisi atau reaksi kondensasi yang melibatkan tiga langkah dasar yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi. Secara umum, polimer kondensasi relatif lebih mudah terdegradasi dibandingkan dengan polimer adisi [11]. Adapun jenis plastik yang sering digunakan, di antaranya [8]:



Gambar 2.1 Peraturan pelabelan pada plastik yang paling banyak digunakan

Polypropylene (PP) merupakan plastik dengan jumlah terbesar yang ditemukan di rumah tangga, yang sebagian besar dimanfaatkan sebagai kemasan makanan, pembungkus makanan manis dan makanan ringan [12]. *Polystyrene* (PS) biasa digunakan sebagai bahan insulasi atau pengemas, menyumbang 7% dari total produksi plastik pada tahun 2014. Namun, *polistyren* tidak terurai, tidak seperti monomer stirena dan oligomer, karena berat molekulnya yang besar dan stabilitas strukturalnya [6].

Polyethylene terephthalate (PET) adalah salah satu plastik yang paling banyak digunakan, melebihi 53,3 juta ton per tahun. Dengan sifat fisik yang sangat baik, PET digunakan secara luas dalam produksi sekali pakai [13]. Benda pakai yang terbuat dari PET dapat dibagi menjadi dua kelompok. Disebut PET atau resin PET jika digunakan sebagai botol, wadah, dan aplikasi lainnya, sedangkan disebut PES jika digunakan sebagai serat [6].

Dua jenis *Polyethylene* (PE) dapat ditemukan tergantung pada tingkat percabangan polimer. Oleh karena itu, *Low Density Polyethylene* (LDPE) memiliki tingkat percabangan yang lebih tinggi sehingga membuatnya kurang kompak sehingga lebih fleksibel. Berdasarkan sifat tersebut, LDPE merupakan salah satu plastik yang paling banyak digunakan, terutama untuk aplikasi jangka pendek seperti pengemasan. Sementara *High Density Polyethylene* (HDPE) memiliki struktur kimia yang lebih linier dan tingkat percabangan yang lebih rendah, sehingga lebih berbentuk kristal, kaku, dan memiliki ketahanan mekanis yang lebih tinggi [8]. HDPE dapat menjadi bahan baku mainan, botol susu, botol sampo, pipa, juga peralatan rumah tangga [6].

II.2 Microwave

Pengolahan plastik menggunakan *Microwave* didasarkan pada kemampuan plastik dalam menyerap energi radiasi dan mengubahnya menjadi panas. Pemanasan *Microwave* berbeda dari pemanasan konvensional karena mampu menembus jauh ke dalam inti bahan plastik dan menghasilkan pemanasan volumetri. *Microwave* memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan pemanasan konvensional karena meningkatkan

reaktivitas kimia. Sebaliknya, pemanasan konvensional memanaskan permukaan plastik, dan panas dipindahkan ke bagian lain secara konduksi.

Namun, pengaruh radiasi *microwave* pada plastik dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jenis plastik dan cara pembuatannya. Jenis plastik merupakan faktor penting yang menentukan efisiensi proses pengolahan karena sangat bergantung pada respon dielektrik material. Perlakuan agregat PET menghasilkan pelunakan plastik secara signifikan, sedangkan HDPE dan PP menunjukkan sedikit pemanasan. Hal ini dapat dijelaskan oleh konstanta dielektrik PET yang lebih tinggi yang berkisar antara 3 dan 3,5 dibandingkan dengan HDPE dan PP, yang berkisar antara 2,2 dan 2,3 [14].

II.3 Biodegradasi

Biodegradasi plastik didefinisikan sebagai segala kerusakan fisik dan kimia yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan *actinomycetes* terhadap polimer plastik, baik alami maupun buatan manusia [15]. Bahan yang dapat terbiodegradasi mungkin mengalami proses biodegradasi atau tidak, tergantung pada kondisinya. Demikian pula, bahan yang dapat terbiodegradasi tidak selalu demikian mengalami proses biodegradasi yang cepat [16].

Sebagian besar plastik bekas tidak dapat terurai secara hayati. Pendekatan yang mendukung biodegradasi terdiri dari penerapan pra-perlakuan oksidasi, sehingga retakan mekanis plastik serta pembentukan gugus karbonil, mendukung serangan mikroba. Dengan demikian, penerapan berbagai proses degradasi yang disajikan sebagai proses pra-perlakuan sebelum biodegradasi merupakan alternatif untuk mendapatkan titik lemah biologis atau karbon yang dapat diasimilasikan di dalam plastik [8].

Biodegradasi plastik dalam tanah diukur menggunakan dua metode pengujian standar yang pendekatannya umumnya sangat mirip, yaitu standar internasional ISO 17556 dan ASTM D5988-18. Bahan plastik tersebut dipaparkan pada sampel tanah dalam toples tertutup. Tanah bertindak sebagai matriks pembawa dan sebagai sumber mikroorganisme dan unsur hara. Stoples diinkubasi pada suhu yang mendukung pertumbuhan

mikroorganisme tanah mesofilik, dan dalam kondisi oksigen serta kelembaban optimal [16].

Sejumlah variabel, termasuk suhu, keberadaan substrat, sifat permukaan plastik, derajat kristalinitas, dan berat molekul polimer, mempengaruhi proses biodegradasi [15]. Faktor-faktor umum yang diketahui menentukan kecepatan terjadinya biodegradasi meliputi jenis polimer, spesies jamur, suhu, pH, kelembaban, kadar oksigen dan CO₂, serta apakah bahan plastik telah diolah terlebih dahulu dengan iradiasi ultraviolet dan prooksidan [10]. Suhu mewakili faktor utama yang mengatur degradasi plastik, karena suhu termofilik diperlukan untuk mencapai transisi kaca pada banyak plastik dan memungkinkan transisi dari struktur kristalnya ke struktur amorf yang lebih mudah terdegradasi [17]. Suhu memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap reaksi kimia dan biokimia serta sangat mempengaruhi komposisi taksonomi dan aktivitas metabolisme komunitas mikroba. Kondisi suhu rendah, akan membatasi perkembangan mikroba, sehingga memperlambat reaksi biodegradasi [16].

II.4 Pengomposan

Pengomposan melibatkan interaksi terpadu konsorsium mikroba yang secara kolektif meningkatkan proses degradasi. Dalam pengomposan plastik, bahan plastik steril dikubur bersama dengan sisa tanaman di lubang kompos atau di bawah tempat pembuangan sampah atau lumpur di mana spesies dan organisme jamur dapat berkoloni dan memulai proses dekomposisi. Polimer yang terkubur dibiarkan di bawah tanah selama jangka waktu tertentu untuk memungkinkan degradasi bertahap oleh mikroba alami. Selain itu alternatif yang biasa dilakukan juga yaitu melakukan pengomposan dalam kondisi terkendali dimana substrat bio yang mudah terurai seperti pati, dedak, dan limbah tanaman selulosa dicampur dengan polimer plastik untuk mempercepat pertumbuhan mikroba dan sekresi enzim biodegradatif [10].