

**CHEMICAL BOND ANALYSIS IN IDENTIFYING PLASTIC TYPES AND BIODEGRADABILITY TESTING USING THE MICROBE BACILLUS SUBTILIS**



**EVA SUSI SIMANJUNTAK**

**H021 20 1029**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**



**ANALISIS IKATAN KIMIA DALAM MENGIDENTIFIKASI JENIS  
PLASTIK DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI MENGGUNAKAN  
MIKROBA *BACILLUS SUBTILIS***

**EVA SUSI SIMANJUNTAK**

**H021 20 1029**



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

**ANALISIS IKATAN KIMIA DALAM MENGIDENTIFIKASI JENIS  
PLASTIK DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI MENGGUNAKAN  
MIKROBA *BACILLUS SUBTILIS***

**EVA SUSI SIMANJUNTAK**

**H021 20 1029**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Fisika

pada

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

SKRIPSI

**ANALISIS IKATAN KIMIA DALAM MENGIDENTIFIKASI JENIS  
PLASTIK DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI MENGGUNAKAN  
MIKROBA *BACILLUS SUBTILIS***

**EVA SUSI SIMANJUNTAK****H021 20 1029**

Skripsi,

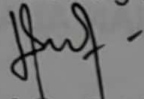
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Hasanuddin pada 15 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi  
syarat kelulusan

pada

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

Mengesahkan:

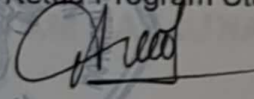
Pembimbing tugas akhir,



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

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, MT  
NIP. 19670520 199403 1 002



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "**Analisis Ikatan Kimia dalam Mengidentifikasi Jenis Plastik dan Uji Kemampuan Biodegradasi Menggunakan Mikroba *Bacillus Subtilis***" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si.,M.Si. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 15 Agustus 2024



Eva Susi Simanjuntak  
H021 20 1029

## Ucapan Terima Kasih

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "**Analisis Ikatan Kimia dalam Mengidentifikasi Jenis Plastik dan Uji Kemampuan Biodegradasi Menggunakan Mikroba *Bacillus Subtilis***" ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, saya banyak menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada saudara saya **Junus Simanjuntak**, yang selalu memberikan saya dukungan dan semangat dalam setiap proses penulis menjalani penyusunan skripsi ini.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si.,M.Si**, selaku Dosen Pembimbing saya, terima kasih telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini.
2. **Dr. Sri Dewi Astuty, S.Si, M.Si** dan **Heryanto, S.Si, M.Si**, selaku dosen penguji saya, terima kasih sudah banyak memberikan masukan selama proses pengujian skripsi saya.
3. Terima kasih juga kepada ibu **drh. Farida Nur Yulianti, M.Si**, selaku Koordinator Laboratorium Mikrobiologi Hewan dan Kesehatan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, yang sudah memberikan saya ijin untuk penelitian dan banyak memberikan saya masukan dan semangat selama saya penelitian. Terima kasih juga kepada kak **Maulana S2** yang sudah banyak membantu saya dari awal hingga akhir penelitian.
4. **Prof. Dr. Arifin, M.T**, selaku ketua Departemen Fisika dan seluruh dosen beserta staf Departemen Fisika Universitas Hasanuddin yang telah membimbing dan membantu penulis selama menempuh perkuliahan hingga selesai dan terima kasih atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. **Keluarga besar saya**, terima kasih selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dan dukungan yang tiada henti. Khususnya kepada saudara saya **Jhonson Simanjuntak, Dani Simanjuntak, Junus Simanjuntak, dan adik saya Christina Simanjuntak** terima kasih atas dukungan, semangat dan bantuan kapan pun saya membutuhkannya. Kasih sayang kalian semua telah memberikan kekuatan bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. **Teman-teman seperjuangan di Universitas Hasanuddin**, khususnya **Eka Hidayani Pabisi dan Eunike Yusmaliani**, terima kasih telah kebersamai saya dari maba hingga proses penyusunan skripsi ini, terima kasih selalu memberikan saya semangat, dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih sudah menjadi saudara bagi saya di perantauan ini. Khususnya untuk **Eka** terima kasih sudah membagi kebahagiaan keluargamu untuk saya selama di Makassar, berkat keluargamu rasa rindu ku kepada keluargaku terobati. Semoga nanti kamu juga bisa merasakan kehangatan keluargaku seperti yang kurasakan terhadap keluarga mu.
7. **Teman KKN 109 Posko Darubiah: Sukwan, Ifah, Nurul, Zahra dan Anaj**, yang telah menjadi teman seperjuangan selama menjalani program KKN. Terima kasih atas kerjasama, kebersamaan, dan dukungan yang telah kalian berikan. Pengalaman bersama kalian sangat berharga dan penuh makna, serta memberikan banyak pelajaran yang tak terlupakan.

8. Terima kasih juga kepada teman **Kampus Mengajar 7 SMP 34 Makassar**, terima kasih atas kerjasama, kebersamaan selama menjalani program **KM7**. Terima kasih atas semangat yang kalian berikan pada saya selama menjalankan penelitian dan program kerja yang kadang waktunya bersamaan. Pengalaman ikut kampus mengajar sambil skripsian membuat saya lebih menghargai waktu yang ada, serta memberikan saya banyak pengalaman yang tidak terlupakan.
9. Saya juga mau mengucapkan terima kasih kepada kakak-kakak lab. Teori (**Kak Safrullah dan kak Era**) dan sobat di lab teori (**Uci, Stevan, faqihah dan Bayu**) terima kasih telah mengukir cerita bersama di lab. Teori.
10. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pemilik Nim **A031191065**, yang sudah merekomendasikan Universitas Hasanuddin kepada penulis ketika mengikuti tes UTBK. Terima kasih juga sudah memberi saya semangat, dukungan dan kasih sayang selama dimakassar.
11. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih **kepada diri saya sendiri**. Terima kasih atas kerja keras dan dedikasi selama proses penyusunan skripsi ini. Banyak suka duka yang saya alami selama menjalani perkuliahan hingga skripsian. Namun, dengan tekad yang kuat dan semangat saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Semoga dengan pencapaian ini menjadi motivasi bagi diri saya untuk terus berusaha dan meraih impian-impian lainnya di masa depan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Penulis

Eva Susi Simanjuntak

## ABSTRAK

Biodegradasi adalah proses penguraian polimer menggunakan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana tingkat biodegradasi plastik menggunakan kultur tunggal mikroba *Bacillus Subtilis*. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah polimer jenis *Polysthyrene* (PS), *Polyprophylene* (PP), dan *Polyethylene terephthalate* (PET). Polimer diberikan perlakuan panas pada suhu dan waktu yang berbeda-beda sesuai dengan jenis polimernya, kemudian di uji *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) lalu di inkubasi untuk menguji biodegradasi menggunakan media *Nutrient Broth* (NB) selama 60 hari. hasil pengujian Polyprophylene (PP) mengalami degradasi lebih cepat dibandingkan dengan Polystyrene (PS) dan Polyethylene Terephthalate (PET). Hal ini disebabkan oleh keberadaan gugus seperti C=O dalam strukturnya yang lebih rentan terhadap degradasi. Persentase degradasi PP menunjukkan peningkatan drastis dalam waktu singkat, mencapai 40% pada hari ke-20 sedangkan PS mengalami degradasi lebih awal dari PET, keduanya mencapai tingkat degradasi yang sama pada hari ke-50 dan hari ke-60.

**Kata Kunci:** Biodegradasi, *Bacillus Subtilis*, Polimer dan *Nutient Broth*.



## ABSTRACT

Biodegradation is the process of decomposing polymers using enzymes produced by microorganisms. The purpose of this study was to determine the level of plastic biodegradation using a single culture of *Bacillus subtilis* microbes. The samples used in this study were polymers of polystyrene (PS), polypropylene (PP), and polyethylene terephthalate (PET). Depending on the type of polymer, we heat treat the polymers at different temperatures and times, test them using Fourier transform infrared (FTIR), and then incubate them to test biodegradation using Nutrient Broth (NB) media for 60 days. Polypropylene (PP) test results degrade faster than polystyrene (PS) and polyethylene terephthalate (PET). This is due to the presence of groups such as C=O in its structure, which is more susceptible to degradation. The percentage degradation of PP showed a drastic increase in a short period of time, reaching 40% on day 20, while PS degraded earlier than PET, both reaching the same level of degradation on days 50 and 60.

**Keywords:** biodegradation, *Bacillus subtilis*, polymer, and nutrient broth.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	2
I.4. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II. METODE PENELITIAN.....	3
II.1. Waktu dan Tempat.....	3
II.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	3
II.2.1. Alat Penelitian.....	3
II.2.2. Bahan Penelitian.....	3
II.3. Prosedur Penelitian.....	3
II.3.1 Pemanasan <i>Microwave</i> .....	3
II.3.2 Uji Fourier Transform Infra-Red (FTIR).....	4
II.3.3 Uji Aktivitas Biodegradasi pada Plastik Menggunakan <i>Bacillus subtilis</i> .....	4
II.3.4 Uji Degradasi.....	5
II.4 Bagan Alir Penelitian.....	6
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	7
III.1. Fourier Transform Infra-Red (FTIR).....	7
III.2. Biodegradasi Plastik.....	8
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....	10
IV.1 Kesimpulan.....	10
IV.2 Saran.....	10
DAFTAR PUSTAKA.....	11
LAMPIRAN.....	13

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor Urut</b>	<b>Halaman</b>
1. Pemanasan plastik menggunakan <i>microwave</i> .....	9
2. Inkubasi sampel menggunakan media Nutrient Broth.....	10
3. Hasil karakterisasi FTIR sampel plastik.....	13
4. Uji Aktivitas Biodegradasi sampel plastik.....	15

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor Urut</b>	<b>Halaman</b>
1. Pengujian <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	17
2. Pengujian Degradasi menggunakan <i>Bacillus Subtilis</i> .....	20
3. Uji Degradasi.....	22

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Plastik atau *Polietilen* adalah polimer organik sintetik yang terbuat dari *polietilen* densitas tinggi, salah satu produk minyak bumi (Vimal Kumar et al., 2017). Plastik sangat diminati di seluruh dunia, yang mengakibatkan pertumbuhan industri plastik yang pesat. Pertumbuhan industri ini dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, tetapi juga berpotensi merusak lingkungan. Sampah dari industri plastik termasuk dalam kategori sampah berbahaya karena terbuat dari bahan yang sulit terurai (Caroko, 2021).

Sampah plastik menjadi salah satu masalah serius di seluruh dunia. Indonesia merupakan salah satu penyumbang sampah terbesar ke lima di dunia saat ini. Produksi sampah plastik Indonesia mencapai 65,2 juta ton per tahun. Banyak sampah plastik yang tidak dikelola dengan benar setelah digunakan, sehingga menghasilkan pencemaran di ekosistem laut dan daratan (Gilani et al., 2023). Dampak besar dari sampah plastik terhadap lingkungan telah menimbulkan keprihatinan bagaimana hal ini dapat merusak ekosistem (R. Kumar et al., 2021).

Polusi plastik terdapat diberbagai ekosistem, baik di daratan maupun diperairan (Álvarez-Méndez et al., 2023). Dalam lima tahun terakhir, sampah plastik telah dihasilkan 6 miliar ton dan diperkirakan pada tahun 2025, 12 miliar ton plastik akan terakumulasi di muka bumi. Dari berbagai jenis plastik, Polietilena menyumbang 36% dari total pasar plastik dan menjadi jenis plastik yang paling banyak digunakan (Parmar et al., 2023). Meningkatnya penggunaan plastik telah mengakibatkan penumpukan plastik di lingkungan yang kemudian menjadi mikroplastik, yang merupakan masalah polusi global yang menjadi perhatian serius (Behera & Das, 2023).

Beberapa solusi pengelolaan sampah plastik telah dilakukan, seperti pembakaran, penimbunan, dan berbagai teknik daur ulang yang melibatkan proses kimia dan fisika (Elsamahy et al., 2023). Namun metode -metode ini mahal, tidak berkelanjutan, dan semakin menambah beban lingkungan. Karena itu, penelitian terbaru semakin menekankan pada proses biodegradasi polietilen. Biodegradasi mikroba merupakan metode yang paling umum diterima dan ramah lingkungan untuk menghilangkan polutan mikroplastik (Yao et al., 2022).

Mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan alga mampu menguraikan polimer dengan menggunakan proses metabolisme yang disebut "Biodegradasi". Pengelolaan sampah plastik telah berubah dari pendekatan tradisional menjadi biodegradasi karena plastik biodegradable lebih membawa sejumlah manfaat (Elsamahy et al., 2023). Di antara sejumlah mikroba, bakteri telah diakui sebagai mikroorganisme yang paling menjanjikan untuk biodegradasi mikroplastik. Belakangan ini, telah terjadi peningkatan dalam isolasi dan identifikasi bakteri yang mampu mengurai polimer mikroplastik. Berbagai jenis mikroba, termasuk *Bacillus Subtilis*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Xanthomonas*, *Sphingobacterium*, dan lain-lain, telah menunjukkan kemampuan yang menjanjikan dalam mendegradasi berbagai jenis mikroplastik (Behera & Das, 2023). *Bacillus Subtilis* telah terbukti mampu menghasilkan enzim seperti alkana oksidase dan lakase yang dapat berperan dalam degradasi plastik LDPE (Yao et al., 2022).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dikembangkan penguraian sampah plastik berjenis *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan menggunakan mikroba *Bacillus Subtilis* yang dilelehkan dengan bantuan microwave.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh pemanasan microwave dalam mengidentifikasi jenis plastik berdasarkan ikatan kimia?
2. Bagaimana tingkat biodegradasi plastik menggunakan kultur tunggal mikroba *Bacillus Subtilis*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin didapatkan dalam penelitian yaitu:

Menganalisis pengaruh pemanasan microwave dalam menentukan jenis plastik berdasarkan ikatan kimia.

3. Menganalisis tingkat biodegradasi plastik menggunakan kultur tunggal mikroba *Bacillus Subtilis*.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat untuk dapat memberikan solusi potensial untuk mengurangi masalah sampah plastik dengan memanfaatkan mikroba *Bacillus subtilis* sebagai agen biodegradasi.

## **BAB II METODE PENELITIAN**

### **II.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada (Oktober 2023 – Mei 2024), di Laboratorium Material dan Energi Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Mikrobiologi Hewan dan Kesehatan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

### **II.2. Alat dan Bahan Penelitian**

#### **II.2.1. Alat Penelitian**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Microwave*
2. Timbangan digital
3. Ayakan Mash 100
4. Mortar
5. Gelas Erlenmeyer
6. Cawan Petri
7. Bunsen
8. Pinset anatomis
9. Inkubator
10. *Hot Plate stirrer*
11. Plastik Wrap
12. *Transform Infra-Red (FTIR)*

#### **II.2.2. Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

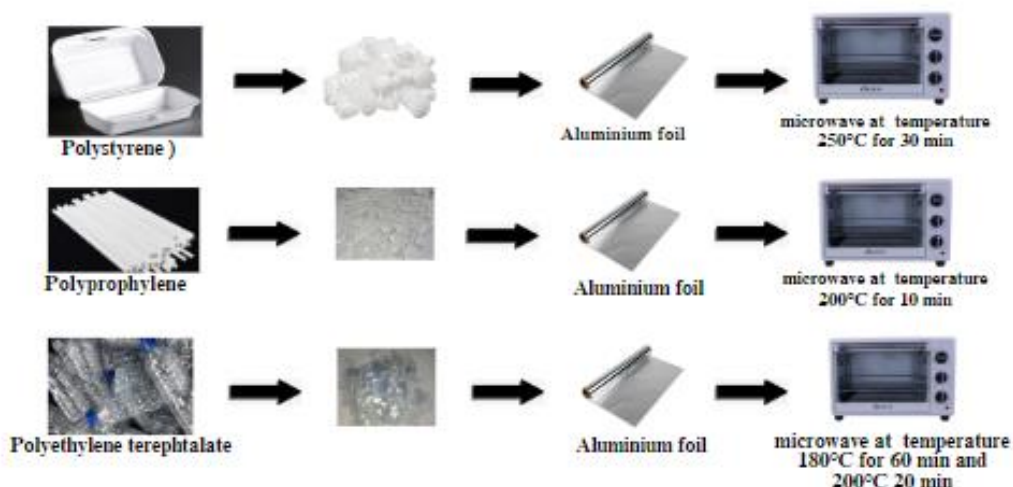
1. Plastik jenis *Polystyrene (PS)*, *Polypropylen (PP)*, dan *Polyethylen Terephthalate (PET)*.
2. Aluminium foil
3. *Bacillus subtilis*
4. 50 ml medium Nutrient Broth
5. Aquades
6. Alkohol.

### **II. 3. Prosedur Penelitian**

#### **II.3.1 Pemanasan *Microwave***

Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis sampel plastik yaitu; sampel pertama dari styrofoam berjenis plastik *Polystyrene (PS)*, kedua dari sedotan berjenis plastik *Polypropylyene (PP)* dan ketiga dari botol minum bekas berjenis plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)*. Sebelum sampel di microwave pertama-tama sampel dikecilkan agar mudah dilelehkan. Kemudian ketiga sampel ini dipanaskan menggunakan microwave dengan suhu dan waktu yang berbeda yang di alasi Aluminium foil. Sampel pertama dipanaskan dengan suhu 250°C selama 30 menit. Sampel kedua dipanaskan dengan suhu 200°C selama 10 menit sebanyak 2 kali microwave. Sampel ketiga

dilakukan dua kali proses pemanasan dengan suhu pertama 180°C selama 60 menit dan pemanasan yang kedua menggunakan suhu 200°C selama 20 menit. Setelah itu sampel didinginkan sampai berbentuk padatan.



**Gambar 1.** Pemanasan plastik menggunakan *microwave*

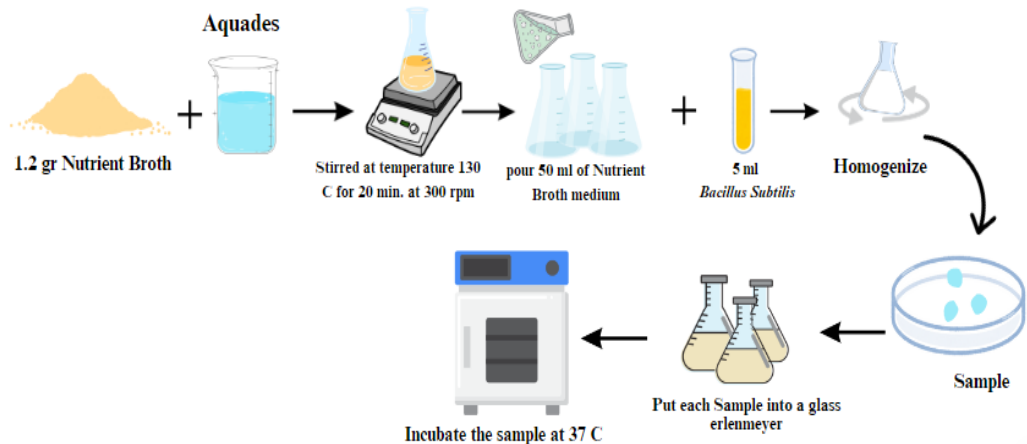
### II.3.2 Uji Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

Ketiga sampel yang sudah diberikan perlakuan panas, kemudian sebagian dihaluskan menggunakan mortar dan diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan serbuk yang lebih halus. Kemudian dilakukan Pengujian menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengidentifikasi jenis plastik, ikatan kimia, dan struktur molekul sampel.

### II.3.3 Uji Aktivitas Biodegradasi pada Plastik Menggunakan *Bacillus subtilis*

Sampel yang sudah dipanaskan menggunakan microwave akan dilakukan uji aktivitas biodegradasi menggunakan mikroba *Bacillus subtilis* dengan media Nutrient Broth. Pertama-tama siapkan media Nutrient Broth, campurkan 1.2 gram Nutrient Broth dengan 150 ml aquades ke dalam gelas Erlenmeyer lalu panaskan hingga berubah menjadi warna bening. Kemudian siapkan 3 gelas Erlenmeyer yang masing-masing di isi 50 ml medium Nutrient Broth yang sudah dipanaskan, setelah itu menambahkan 5 ml *Bacillus subtilis* ke dalam glass Erlenmeyer dekat dengan bunsen, kemudian dihomogenkan. Masukkan masing-masing sampel dengan berat 0.5 gram yang sudah disterilisasi menggunakan alkohol pada gelas Erlenmeyer kemudian ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan wrap untuk mencegah masuknya udara, kemudian di inkubasi dengan suhu 37°C.





**Gambar 2.** Inkubasi sampel menggunakan media cair

### II.3.4 Uji Degradasi

Uji degradasi digunakan untuk mengevaluasi kemampuan mikroorganisme, enzim, atau proses lainnya dalam memecah atau menguraikan plastik. Waktu degradasi sampel ditentukan oleh hilangnya massa setiap sampel selama di inkubasi. Ketiga sampel dengan berat masing-masing 0.5 gram yang di inkubasi menggunakan mikroba *Bacillus subtilis* pada media cair akan dilakukan pengecekan dan ditimbang setiap 10 hari untuk melihat degradasi yang terjadi pada sampel. Pengukuran berat plastik sebelum dan setelah perlakuan degradasi untuk melihat apakah ada penurunan berat. Untuk menghitung presentase kehilangan berat plastik menggunakan persamaan (Shovitri & Marjayandari, 2015).

$$\text{Biodegradabilitas (\%)} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100$$

## II.4 Bagan Alir Penelitian

