

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

2.1.1 Definisi Plastik

Plastik secara sederhana didefinisikan sebagai material polimer yang dapat diekstruksi atau dicetak menjadi bentuk yang diinginkan, yang kemudian mengeras setelah diuapkan pelarutnya atau di dinginkan (Wahyuningtyas, 2015). Plastik dapat didefinisikan juga sebagai material yang tersusun atas makromolekul yang umumnya adalah polimer. Selain itu, plastik dapat juga dikatakan adalah suatu istilah yang merujuk pada suatu material polimer yang mengandung zat-zat lain untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya pembuatannya (Wijayanti et al., 2018). Serta plastik didefinisikan sebagai bahan sintetik atau semi sintetik yang diproses dalam bentuk polimer termoplastik atau termoset dengan berat molekul yang tinggi dan dibentuk menjadi produk berupa film dan filament (Lam et al., 2018).

2.1.2 Penggunaan Plastik

Plastik banyak digunakan di kalangan masyarakat luas yaitu sebagai bahan pembungkus makanan karena beberapa kelebihanannya, antara lain tahan lama dan mudah digunakan. Plastik penggunaannya berkembang seiring dengan berkembangnya penggunaan material alami dan nitrocellulose dan berakir pada molekul buatan manusia seperti epoxy, polyvinyl chloride dan polyethylene.

2.1.3 Plastik Biodegredeble

Plastik Biodegradabel dapat diartikan dari tiga kata yaitu bio yang berarti makhluk hidup, degra yang berarti terurai dan able berarti dapat. Jadi, film *Biodegradable* plastik adalah film plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme (Aripin et al., 2017). Plastik jenis ini dapat menggantikan plastik sintesis yang umumnya bersifat *nondegredeable* atau tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme di alam. Substitusi plastik yang *nondegredeable* oleh *biodegradable* telah menjadi salah satu jawaban atas masalah terurainya plastik. Dalam waktu dan kondisi tertentu, plastik biodegradebel akan mengalami

perubahan struktur kimia akibat pengaruh mikroorganisme seperti alga, bakteri, jamur yang disebabkan oleh serangan reaksi atas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme sehingga menyebabkan rantai polimer putus.

Berdasarkan bahan bakunya, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu plastik yang dapat diperbaharui dan plastik yang tidak dapat diperbaharui. Dari segi kemudahan terdegradasi di alam plastik dapat dibedakan menjadi plastik yang mudah terdegradasi/terurai (*biodegradable*) dan plastik yang sulit terdegradasi (*nonbiodegradable*). Plastik *biodegradable* terbuat dari bahan nabati yang merupakan produk pertanian yang diperbaharui, oleh karena itu, produksi bahan nabati dapat berkelanjutan dan bioplastik dapat terdegradasi sekaligus karena ramah lingkungan.

Tabel 2.1 Perbandingan Antara Plastik Konvensional dengan Plastik *Biodegradable* Pada Beberapa Aspek

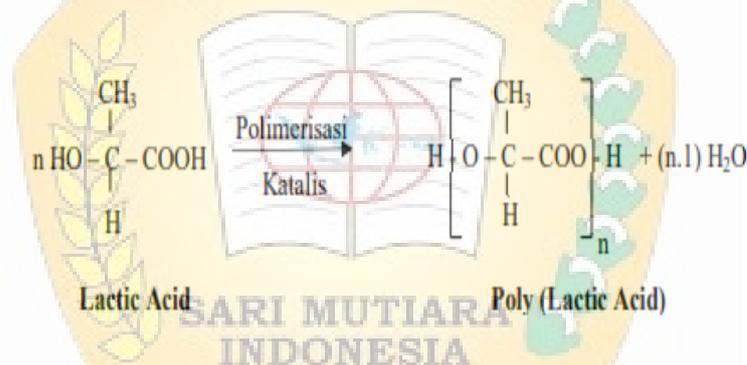
Aspek	Plastik konvensional/ <i>non biodegradable</i>	Plastik <i>biodegradable</i>
Bahan baku	Sebagian besar dibuat dari bahan yang tidak dapat diperbaharui (minyak bumi)	Dibuat dari bahan yang dapat diperbaharui
Teknologi	Sudah mapan	Sudah ada produk yang mengembangkan. Namun masih banyak yang dalam tahap penelitian
Sosial	Sudah banyak dikenal dan digunakan masyarakat	Belum banyak dikenal masyarakat
Ekonomi	Harga lebih murah	Harga lebih sedikit mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan (perlu ratusan tahun untuk dapat terdegradasi oleh alam). Menghasilkan emisi yang tinggi	Ramah lingkungan (dapat terdegradasi oleh alam dalam waktu yang singkat. Emisi karbon yang rendah

Plastik *biodegradable* layak digunakan dari plastik konvensional pada umumnya, namun setelah pakai akan hancur akibat aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa gas karbondioksida dan air yang dibuang ke lingkungan, sehingga plastik ini disebut sebagai plastik ramah lingkungan (Wahyuningtyas, 2015).

2.2 Poli Asam Laktat (PLA)

Poly-lactic acid (PLA) merupakan golongan plastik yang *bio-based* dan *bio-degradable*. PLA ditemukan pertama kali oleh Carothers pada tahun 1932 melalui sintesis kimia dapat dibentuk melalui sintesis kimia dari monomer yang *bio-based*. Biomassa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku PLA antara lain: pati kentang, pati singkong, selulosa, biji kapas, tebu, jagung, gula bit, sorgum dan gandum.

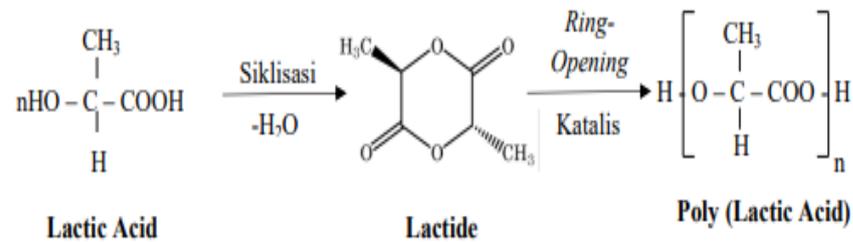
PLA yang digunakan untuk bioplastik hanya PLA yang memiliki berat molekul tinggi dengan nilai di atas 100,000 gr/mol. Peningkatan berat molekul PLA dilakukan dengan cara polimerisasi yang dapat dilakukan melalui 3 cara. Yang pertama adalah polimerisasi kondensasi langsung yang berdasarkan dengan penambahan pelarut dan pengurangan air melalui proses vakum dan temperatur tinggi berdasarkan esterifikasi.



Gambar 2.1 Reaksi Asam Laktat Menjadi PLA Melalui Polimer Langsung

Cara kedua adalah polikondensasi langsung di dalam larutan azeotropik. Cara ini juga menggunakan beberapa aplikasi dari katalis yang membuat proses ini menjadi lebih praktis. Larutan azeotropik ini dapat membantu mengurangi tekanan distilasi dan membiarkan PLA pisah dengan pelarutnya dengan aplikasi dari penyaring molekular.

Cara ketiga adalah polimerisasi dengan pembentukan *lactide*. Cara ini sedikit banyak digunakan dalam industri karena terbukti menghasilkan berat molekul PLA yang tinggi. *Lactide* adalah dimer siklik yang terbentuk dari pengurangan air pada kondisi yang sejuk dan tanpa pelarut. Pemurnian *lactide* dibentuk melalui distilasi vakum pada suhu yang tinggi. Dibentuk dengan *ring-opening polymerization*.



Gambar 2.2 Reaksi Asam Laktat Menjadi PLA Melalui Polimerisasi *Ring-Opening*

Pada awalnya metode pemanasan *lactic acid* dalam vakum untuk mengkondensasi air hanya dapat menghasilkan PLA dengan berat molekul yang rendah, maka dari itu adanya metode *ring-opening polymerization* sebagai solusi untuk meningkatkan berat molekul PLA (Wijayanti et al., 2018).

PLA merupakan polimer hasil polimerisasi asam laktat, terbuat dari hasil sumber terbarukan dari fermentasi oleh bakteri mikroba dengan menggunakan substrat pati atau gula sederhana. PLA memiliki sifat tahan panas, kuat dan merupakan polimer yang elastis.

Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Mekanika PLA

No	Sifat PLA	Keterangan
1	Kerapatan	1,25
2	Titik Leleh	161 C
3	Kristanilitas	0,1 %
4	Suhu	61 C
5	Regangan	9 %
6	Tegangan	50 mN.Nm

2.3 LLDPE

Plastik polietilen terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE). *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE memiliki struktur rantai percabangan yang tinggi dengan cabang-cabang yang panjang dan pendek. LLDPE memiliki rantai-rantai polimer yang lurus dengan rantai-rantai cabang yang pendek sedangkan HDPE mempunyai struktur rantai yang lurus (Istiqomah, 2020).

LLDPE adalah suatu bahan plastik yang paling lentur jika dicampur dengan bahan plastik lainnya. LLDPE memiliki daya renggang yang lebih tinggi pada waktu yang sama dan juga lembut sehingga lebih fleksibel dikarenakan merupakan campuran dari LDPE. LLDPE dapat digunakan sebagai bahan konstruksi karena mempunyai sifat-sifat seperti umur pakai yang lama, mudah ditemukan, ringan dan bernilai ekonomis. Dibandingkan dengan LDPE, LLDPE memiliki keuntungan dari kekuatan tinggi, baik dari ketangguhan, kekakuan kuat, serta tahan terhadap panas, persamaan LLDPE dengan LDPE adalah sama-sama memiliki sifat rheological. LLDPE juga mempunyai sifat tahan terhadap air yaitu dengan menambahkan bahan tambahan dalam campuran pada proses pembuatan bioplastik.

LLDPE mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam mempertahankan panas, hidrasi dan transmisi radiasi, tetapi plastik tersebut dapat terdegradasi akibat radiasi ultraviolet yang diperoleh dari matahari secara terus menerus. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Mersi K, Akhiruddin, 2018), besar kuat tarik berbahan LLDPE murni berdasarkan data yang dihasilkan memiliki rentang yaitu sebesar 6,96-31,37 MPa yaitu 7,85 MPa. Beberapa sifat yang dimiliki oleh LLDPE (Nola Fricilia, 2019) antara lain:

Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Mekanika LLDPE

Sifat	LLDPE
Densitas (g/cm ³)	0,922 - 0,926
Gaya tarik (x 1000 psi)	1,8 – 2,9
Pemanjangan (%)	600 – 800
Kristalinitas (%)	-

2.4 Kompatibiliser

Kompatibiliser (*compatibilizer*) adalah bahan aktif yang digunakan sebagai bahan tambahan untuk mencampurkan bahan yang tidak dapat bercampur karena tidak memiliki kesetaraan polaritas. Pada umumnya *compatibilizer* memiliki fungsi sebagai *interfacial agent* dalam campuran polimer. Biasanya *compatibilizer* yang digunakan identik dengan komponen campuran atau mengandung gugus fungsi yang sesuai dengan salah satu komponen campuran.

Prinsip kerja *kompatibilizer* adalah sebagai berikut *interface* yang mempengaruhi adhesi interfacial dan semakin besar tegangan interfacial akan semakin besar dan tegangan *interfacial* akan turun dengan penambahan *kompatibilizer*. Pada campuran polimer digunakan penambahan kompatibiliser misalnya penambahan asam akrilat dengan tujuan untuk menyetarakan polaritas campuran polimer yang berbeda polaritas.

Kompatibiliser yang pernah dimodifikasikan terhadap pati dan LDPE ialah asam akrilat (AA) dan maleat anhidrat (MA). Penelitian penggunaan kompatibilizer pernah dilakukan oleh Rahmani, dkk., dengan menggunakan maleat anhidrat (MA) dan inisiator benzoil peroksida pada sifat dan morfologi *Wood Plastic Composite* berbasis pelepah Sawit/Polietilen. Pada penelitian ini menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan yang diperoleh untuk nisbah pelepah sawit/PE 60/40 dengan penambahan MAH dan kadar MAH 5%, yaitu dengan kuat tarik 18.66 MPa, modulus elastisitas 2175.9 MPa, kuat lentur 35.05 MPa, kerapatan 1.19 gr/cm³, kadar air 0.16%, daya serap air 0.41%, dan pengembangan tebal 0.11% (Rahmani et al., 2018).

Penelitian yang sama yang melakukan penambahan kompatibiliser adalah Abubakar (2013) yang dikutip oleh (Rahmani et al., 2018) dengan melakukan penelitian penambahan dan tanpa penambahan kompatibiliser pada pembuatan komposit. Hasil dari penelitian Abubakar ini bahwa adanya peningkatan kuat tarik dengan adanya penambahan kompatibiliser MAH yaitu 24 Mpa. Fauzi (2016) melakukan penelitian dengan penambahan kompatibiliser MAPP dan pada penelitian ini dengan penambahan kompatibiliser MAPP uji tarik pada sampel menghasilkan nilai kuat tarik yaitu 19.214 Mpa (Fauzi et al., 2016).

2.5 Asam Oleat

Asam Oleat salah satu jenis asam lemak tak jenuh adalah asam oleat, asam oleat merupakan asam lemak yang paling banyak ditemukan di hampir seluruh bahan makanan baik hewani maupun nabati. Asam oleat merupakan komponen utama penyusun minyak zaitun. Asam oleat dapat dikategorikan sebagai asam lemak esensial, yang berarti kehadirannya dibutuhkan oleh tubuh namun asam oleat tidak dapat diproduksi di dalam tubuh dan hanya bisa didapat melalui sumber eksternal tubuh.

Asam oleat adalah senyawa kimia yang merupakan komponen penyusun lemak pada umumnya, pertama ditemukan oleh Chevreul dalam *Recherches sur les corps gras* tahun 1815. Kata oleat berasal dari kata “olein” yang berarti berasal dari olive karena minyak zaitun merupakan sumber utama dari asam oleat. Klasifikasi asam oleat dilakukan berdasarkan sumbernya dan jumlah ikatan rangkap yang dimilikinya.

Kandungan asam oleat terdapat dalam bahan makanan secara alami. Oleh karena itu, asam oleat dapat dikategorikan sebagai natural fatty acid, atau asam lemak yang bersumber dari alam. Asam oleat memiliki rumus molekul $C_{18}H_{34}O_2$, merupakan asam lemak rantai lurus beratom karbon 18 yang memiliki satu buah gugus karboksilat pada salah satu ujungnya. Asam oleat termasuk monosaturated fatty acid, merupakan asam lemak tak jenuh yang memiliki satu buah ikatan rangkap yang berada antara atom karbon nomor 9 dan 10 (Mora & Nandhana Selpas, 2013)

Tabel 2.4 Sifat-Sifat Fisik Asam Oleat

Variabel	Sifat
Berat molekul	282,4614 g/mol
Wujud	Cairan berwarna kuning pucat atau kuning kecoklatan
Kelarutan	Tidak larut dalam air, larut dalam alcohol, eter, dan beberapa pelarut organik
Titik lebur	13-14 ⁰ C
Titik didih	360 ⁰ C (760 mmHg)
Densitas	0,895 9/MI
Viskositas mPa.s (⁰ C)	27,64 (25), 4,85 (90)
Panas spesifik J/g (⁰ C)	2,046 (50)

Tabel 2.5 Sifat Kimia Asam Oleat

Variabel	Sifat
Karsinogenitas	Tidak ada
Batas eksplosivitas	LEL : 3,3% UEL : 19%
Stabilitas	Stabil
Reaktif terhadap	Kelembapan, logam alkali, ammonia, agen pengoksida, peroksida
Produk samping yang berbahaya	Karbon dioksida, karbon monoksida
Polimerisasi yang berbahaya	Tidak akan muncul

2.5.1 *Plasticizer* Gliserol

Plasticizer gliserol merupakan produk samping produksi biodiesel dari reaksi transesterifikasi. Gliserol (1,2,3 propanetriol) merupakan senyawa yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis. Gliserol dari proses biodiesel banyak mengandung impuritas dan memiliki kualitas yang rendah, yang tidak dapat digunakan untuk industri petroleum maupun untuk bahan bakar diesel. Gliserol termasuk golongan polisakarida hidrokoloid yang larut dengan air, dengan berat molekul tertentu, gliserol mampu membentuk lapisan film dari hasil ikatan hidrogen antara rantai polimer dan friksi intermolekulernya (Parvulescu et al., 2011).

Plasticizer seperti gliserol biasa dimanfaatkan untuk memodifikasikan sifat mekanik dari film. Pada kelarutan didalam alkohol polihidrik dapat membuat coating dengan cepat dan barrier yang bagus serta sifat fleksibilitas pada temperatur rendah dan dapat mengurangi tekanan yang mengikat antar rantai protein.

Plastisizer berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat plastisizer yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil (inert), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi. Salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis film karena memiliki berat molekul yang kecil.

Pada pembuatan bioplastik, gliserol memiliki peranan yang cukup penting. Gliserol merupakan salah satu agen pemlastis yang sering digunakan. Hal ini karena gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya mudah diperoleh, dapat diperbaharui, dan ramah dengan lingkungan karena mudah didegradasi oleh alam. Pati merupakan polimer yang murah dan terbaharukan yang ada dalam bentuk butiran, tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolekuler dan intramolekuler. Tetapi dengan adanya air dan plastisizer dalam hal ini gliserol, pati dapat diolah menjadi polimer biodegradable yang biasa disebut *thermoplastic starch* (Ardiansyah, 2011).

Pemanfaatan gliserol sebagai plasticizer telah banyak digunakan oleh para peneliti, menurut (Coniwanti et al., 2014) penambahan gliserol pada edible film sangat berpengaruh terhadap bahan baku yang digunakan seperti pati. Dibandingkan dari pelarut seperti sorbitol, gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan film dan terlarut dalam air (hidrofilik). Sedangkan sorbitol sulit bercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang. Kelebihan lainnya pada gliserol adalah bahan organik dengan berat molekul rendah sehingga pada penambahan bahan baku dapat menurunkan kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas pada edible film.

2.7 Pengujian dan Karakterisasi

2.7.1 Spektrofotometri Infa Merah (FTIR)

FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) merupakan karakteristik yang menggunakan metode spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel dan sebagian lainnya dilewatkan atau diserap oleh sampel atau ditransmisikan. Besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel disebut sebagai hasil dari suatu spektrum. Hasil dari struktur sidik jari spektrum tidak ada yang sama. Manfaat suatu informasi atau data yang dapat diketahui dari FT-IR untuk menganalisis adalah mengidentifikasi material yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran (Maladi, 2019).

Spektrum infra merah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan bahwa puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran yang dihasilkan antara ikatan atom dari sampel. Karena setiap material memiliki perbedaan satu dengan yang lain yaitu masing-masing dengan kumpulan atom yang berbeda, maka tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum infra merah yang sama. Oleh sebab itu, spektroskopi infra merah dapat digunakan sebagai analisis kualitatif untuk setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran puncak pada spektrum menunjukkan langsung jumlah dari material yang ada. Dengan *software* algoritma yang canggih, infra merah juga merupakan alat yang sangat baik untuk analisis kuantitatif (Erfan, 2012).

Spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75-1000 μm atau bilangan gelombang 13.000-10 cm^{-1} . Pada dasarnya spectrometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah sama dengan spektrofometer IR disperse, yang membedakan adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati (Marpaung, 2017).

2.7.2 Uji Daya Serap

Cara pengujian daya serap bioplastik massa bahan ditimbang menggunakan timbangan digital. Kemudian gelas ukur 10 ml diisi air sebanyak 5 ml lalu sampel tersebut dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisikan air. Setelah 15 menit dicatat volume air yang baru dari gelas ukur yang sudah dimasukkan sampel atau dapat di rendam selama 24 jam untuk melihat seberapa besar bioplastik dapat menyerap air. Untuk menghitung volume plastik yang sebenarnya dengan cara: selisih volume air diawal dan volume air diakhir (Biji et al., 2013). Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan bioplastik terhadap air, dengan cara sampel ditimbang sebelum dan sesudah direndam, untuk mengetahui massa awal (W_0) dan massa akhir sampel (W). Berikut persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai persentase daya serap air (DSA%):

$$DSA = \frac{W-W_0}{W_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan W adalah massa sampel akhir dalam keadaan basah (gr) dan W_0 adalah massa sampel awal dalam keadaan kering (gr).

2.7.3 Uji Kekuatan Tarik

Kekuatan (strength) dapat didefinisikan sebagai gaya atau kemampuan maksimum suatu struktur yaitu seberapa besar dapat menahan beban untuk tetap utuh dalam arti tidak mengalami kerusakan sampai tidak terputus. Kerusakan pada kekuatan kuat tarik dapat disebabkan oleh perubahan bentuk struktur akibat adanya gaya dari dalam atau luar pada proses pembuatan bioplastik. Kekuatan uji tarik termasuk bentuk ketahanan suatu material terhadap tenggangan dan kuat tekan.

Kekutan uji tarik bioplastik akan menurun bila adanya penambahan konsentrasi pemlastis, baik dengan pemlastis gliserol atau pemlastis sorbitol. Penurunan uji tarik atau regangan berhubungan dengan *plasticizer* yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik. Daya renggang yang tidak ditambahkan sorbitol lebih besar dari penambahan sorbitol (Purbasari et al., 2020). Uji ketahanan tarik dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\tau = \frac{F_{maks}}{A} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan

- τ = kekuatan tarik (MPa)
- F_{maks} = tegangan maksimum (N)
- A = luas penampang melintang (mm^2)

Untuk perpanjangan putus dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian kuat tarik. Perpanjangannya dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{\text{regangan saat putus (mm)}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

2.7.4 Uji biodegradasi dalam tanah

Uji biodegradasi dapat dilakukan dengan penguburan spesimen pada 3 jenis tanah yaitu tanah sampah, tanah biasa, dan pasir bertujuan untuk melihat tingkat biodegradasinya di alam. Tingkat biodegradasi dalam tanah ini diamati dengan nilai penurunan berat plastik biodegradabel setelah penguburan selama 30 hari dengan pengamatan setiap 10 hari. Uji biodegradasi pada penguburan dalam tanah memperlihatkan degradasi yang nyata selama 30 hari untuk semua spesimen secara gravimetri (Samah, 2017).

Untuk uji biodegradasi suatu bioplastik dapat dilakukan dengan cara memotong Film plastik dengan masing-masing berukuran $2 \times 1,5$ cm, ditimbang menggunakan neraca analitis, ditanam dalam tanah kompos dengan kedalaman 10 cm dan dibiarkan selama 60 hari dengan pengamatan setiap 15 hari. Spesimen uji diambil dan dibersihkan, dicuci dengan aquades kemudian direndam dengan alkohol 70% selama 5 menit. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 1 hari. Spesimen ditimbang kembali menggunakan neraca analitis. Perlakuan ini dilakukan untuk semua spesimen. Persen kehilangan berat dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persenkehilanganberat} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

W_0 = Berat plastik sebelum uji biodegradasi (g)

W_1 = Berat plastik sesudah uji biodegradasi (g)