

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

Tanaman jagung sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan hewan. Di Indonesia, jagung merupakan komoditi tanaman pangan kedua terpenting setelah padi. Di daerah Seraya Timur, jagung banyak dimanfaatkan sebagai makanan pokok. Akhir-akhir ini tanaman jagung semakin meningkat penggunaannya. Tanaman jagung banyak sekali gunanya, sebab hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan antara lain:

- Batang dan daun muda: pakan ternak
 - Batang dan daun tua (setelah panen): pupuk hijau atau kompos
 - Batang dan daun kering: kayu bakar
 - Batang jagung: lanjaran (turus)
 - Batang jagung: pulp (bahan kertas)
 - Buah jagung muda (putren, Jw): sayuran, bergedel, bakwan, sambel goring
 - Biji jagung tua: pengganti nasi, marning, brondong, roti jagung, tepung, bihun, bahan campuran kopi bubuk, biskuit, kue kering, pakan ternak, bahan baku industri bir, industri farmasi, dextrin, perekat, industri textil.
- (Subandi et al. 1988)

Jadi selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya) (Marliyati, dkk, 1992).

Biji jagung kaya akan karbohidrat. Sebagian besar berada pada endospermium. Kandungan karbohidrat dapat mencapai 80% dari seluruh bahan kering biji. Karbohidrat dalam bentuk pati umumnya berupa campuran amilosa dan amilopektin. Pada jagung ketan, sebagian besar atau seluruh patinya merupakan amilopektin. Jagung manis diketahui mengandung amilopektin lebih rendah tetapi mengalami peningkatan fitoglikogendan sukrosa (Wikipedia, 2015).

Jagung memiliki kandungan gizi yang baik untuk tubuh manusia. Kandungan gizi jagung dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi Jagung per 100 gram bahan

Kalori	355 kalori
Protein	9,2 gr
Lemak	3,9 gr
Karbohidrat	73,7 gr
Kalsium	10 mg
Fosfor	256 mg
Ferrum	2,4 mg
Vitamin A	510 SI
Vitamin B1	0,38 mg
Air	12 gr

(Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri , Jatim, Surabaya (1982))

Bagian jagung yang dapat dimakan adalah sebanyak 90 %. Untuk ukuran yang sama, meski jagung mempunyai kandungan karbohidrat yang lebih rendah, namun mempunyai kandungan protein yang lebih banyak. Jagung merupakan tanaman semusim (annual). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari (Wikipedia, 2015). Spesifikasi pengelompokan buah jagung dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan Buah Jagung

Kingdom	Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisio	Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub Divisio	Angiospermae (berbiji tertutup)
Classis	Monocotyledone (berkeping satu)
Ordo	Graminae (rumput-rumputan)
Familia	Graminaceae
Genus	Zea
Species	Zea mays L.

(Sumber: Wales,2010)

2.2 Pati (Amilum)

Salah satu biomassa yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik adalah pati, yang didapatkan dari tanaman penghasil pati seperti singkong. Pati (amilum) adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh

tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa dalam jangka panjang (Jayanto Tjoa, 2015).

Pati dapat dihasilkan dari beberapa macam sumber, antara lain dari biji-bijian dan umbi-umbian. Pati yang berasal dari biji-bijian dapat berasal dari sereal seperti jagung, gandum, beras, sorghum dan kacang-kacangan. Adapun dari umbi-umbian, pati dapat dihasilkan dari singkong, kentang, dan sebagainya. Selain itu, pati juga dapat dihasilkan dari batang tanaman, seperti pati sagu dan jagung (Eko Nopianto, 2009). Contohnya adalah akar *Manihot esculenta* (pati tapioka), batang *Metroxylon sagu* (pati sagu), dan rizom umbi tumbuhan *Bersitaminodia sp* yang meliputi *Canna edulis*, *Maranta arundinacea*, dan *Curcuma angustifolia* (pati umbi larut). Tanaman dengan kandungan amilum yang digunakan di bidang farmasi adalah *Zea mays* (jagung), *Oryza sativa* (beras), *Solanum tuberosum* (kentang), *Triticum aestivum* (gandum), *Maranta arundinacea* (garut), *Ipomoea batatas* (ketela rambat), *Manihot utilissima* (ketela pohon) (Fahn, 1995).

Karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau yang mempunyai rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$, dan densitas sebesar 1.5 g/cm^3 . Dalam air dingin amilum tidak akan larut tetapi apabila suspensi dalam air dipanaskan akan terjadi suatu larutan koloid yang kental, memberikan warna ungu pekat pada tes iodine dan dapat dihidrolisis dengan menggunakan asam sehingga menghasilkan glukosa. Hal ini disebabkan karena molekulnya berantai lurus atau bercabang tidak berpasangan sehingga membentuk jaringan yang mempersatukan granula pati. Sifat pati lainnya adalah butuh waktu yang lama dalam proses pemasakan dan sering terjadi proses retrogradasi dan sineresis pada pati alami. Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali dan pembentukan matriks pati yang telah mengalami gelatinisasi akibat pengaruh suhu. Penyusun amilum yang utama adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa memberikan sifat keras (pera) sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket (Muammar Ismail, 2013).

Isolasi pati dapat dilakukan dengan beberapa metode ekstraksi yang ada. Secara umum isolasi pati yang biasa ditemukan adalah dari bahan baku sereal seperti: beras, gandum, dan oat. Adapun sumber karbohidrat yang lain adalah

seperti: kentang, dan sagu. Oleh karena itu dalam penelitian isolasi pati ini dipilih bahan baku kulit pisang lilin untuk memanfaatkan limbah dari buah pisang lilin (Philip Wibowo, 2008).

2.2.1 Tepung Maizena

Pati jagung atau yang lebih dikenal sebagai maizena adalah pati yang berasal dari sari pati jagung dengan kandungan pati dan kandungan gluten yang tinggi (USDA, 2001). Protein yang terdapat pada jagung sekitar 10% dan hanya mengandung sedikit kalsium tetapi memiliki kandungan fosfor dan zat besi yang lebih banyak. Selain itu, pada jagung juga kaya akan sumber vitamin A tetapi tidak memiliki grup vitamin B (Marliyati, dkk, 1992).

Dalam bentuk pati jagung dapat dicampur dengan komoditi yang lain secara mudah dan dapat bertindak sebagai substituen tepung lain seperti tepung terigu maupun untuk memperbaiki nilai gizi dan mutu produk. Pati jagung pada umumnya mengandung 74 – 76% amilopektin dan 24 – 26 % amilosa. Beberapa sifat pati jagung adalah mempunyai rasio yang tidak manis, tidak larut pada air dingin tetapi dalam air panas dapat membentuk gel yang bersifat kental sehingga dapat mengatur tekstur dan sifat gelnya. Granula pati dapat dibuat membengkak luar biasa dan tidak bisa kembali ke dalam bentuk semula dengan memberikan pemanasan yang semakin meningkat, perubahan ini dinamakan sebagai gelatinisasi (Kulp and Ponte, 2000).

Pembuatan pati jagung dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan melakukan penggilingan secara kering dan dengan penggilingan secara basah. Pada penggilingan kering didapat bentuk produk butir utuh, butir tidak utuh, tepung kasar dan tepung halus. Sedang penggilingan basah didapat produk lebih beragam yaitu tepung pati, minyak gluten, ampas dan bungkil (Anonymous, 1997).

Komposisi kimia dari Tepung maizena (Pati jagung) seperti yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia dari Maizena (dalam 100 g)

Komposisi	Jumlah
Air (g)Energi (kkal)	10,26362
Protein (mg)	8,12
Total Lemak (mg)	3,59
Karbohidrat (g)	76,89
Serat Kasar (mg)	7,3
Abu (g)	1,13

Sumber : Anonymous (2006)

Tahapan proses untuk menghasilkan pati jagung, meliputi proses-proses berikut:

- 1 Sortasi, yaitu pemilihan biji jagung yang baik dan tidak cacat. Proses ini menggunakan cara manual-pemilihan oleh orang.
- 2 Pencucian, jagung hasil sortasi kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan zat asing.
- 3 Perendaman, bertujuan untuk melunakkan biji jagung agar memudahkan dalam proses penghancuran. Perendaman dilakukan dalam air bersuhu 50°C selama 2 jam.
- 4 Penghancuran, atau pembuburan dilakukan dengan menggunakan penghancur (blender) dengan ditambah sedikit air, bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel biji jagung.
- 5 Perendaman II, yaitu perendaman dalam larutan Natriumbisulfit dengan konsentrasi yang bervariasi sesuai rancangan perlakuan. Suhu perendaman adalah suhu kamar dengan waktu perendaman selama 12 jam.
- 6 Ekstraksi, yaitu proses pemisahan antara suspensi pati dalam air dengan ampas. Ekstraksi dilakukan dengan cara mencuci bahan yang telah dibuang air rendamannya.
- 7 Pengendapan, adalah proses pemisahan antara pati yang mengendap dan cairan. Pengendapan dilakukan selama 6 jam.
- 8 Pengeringan, yaitu proses pengurangan kadar air dari pati yang diperoleh dari proses pengendapan. Pengeringan menggunakan oven dryer. Pengeringan dilakukan selama 2 jam.

- 9 Penggilingan dan pengayakkan, yaitu proses penghacuran terhadap gumpalan pati hasil pengeringan, karena pati yang dihasilkan dalam keadaan menyatu dan perlu dihancurkan hingga menjadi tepung pati jagung. Pengayakkan dilakukan untuk mendapatkan ukuran tepung yang sama, yaitu 60 mesh. (Philip Wibowo, 2008).

2.3 Plastik

Plastik adalah polimer rantai-panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi (Wikipedia,2009).

Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Wikipedia, 2010).

2.3.1 Plastik Konvensional (non-biodegradabel)

Ratusan juta ton plastik yang digunakan di bumi ini, maka ratusan juta ton juga sampah plastik yang dihasilkan dan menjadi polutan utama dunia. Karena bahan dasar plastik adalah phthalate ester, di(*ethylhexyl*) *phthalate* (DEHP) yang bersifat stabil, sukar diuraikan oleh mikroorganisme sehingga kita terus-menerus memerlukan area untuk pembuangan sampah. Pada makanan yang dikemas dalam bungkus plastik, adanya migrasi zat-zat monomer dari bahan plastik ke dalam makanan, terutama jika makanan tersebut tak cocok dengan kemasan atau wadah penyimpanannya yang tidak mungkin dapat dicegah 100% (terutama jika plastik yang digunakan tak cocok dengan jenis makanannya). Migrasi monomer terjadi karena dipengaruhi oleh suhu makanan atau penyimpanan dan (Ningsih, 2010)

Plastik mudah terbakar, ancaman terjadinya kebakaran pun semakin meningkat. Asap hasil pembakaran bahan plastik sangat berbahaya karena mengandung gas-gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO). Hidrogen sianida berasal dari polimer berbahan dasar akrilonitril, sedangkan karbon monoksida sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Hal inilah yang menyebabkan sampah plastik sebagai salah satu penyebab pencemaran udara dan mengakibatkan efek jangka panjang berupa pemanasan secara global pada atmosfer bumi.

Sampah plastik yang berada dalam tanah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme menyebabkan mineral-mineral dalam tanah baik organik maupun anorganik semakin berkurang, hal ini menyebabkan jaranginya fauna tanah, seperti cacing dan mikroorganisme tanah, yang hidup pada area tanah tersebut, dikarenakan sulitnya untuk memperoleh makanan dan berlindung. Selain itu kadar O₂ dalam tanah semakin sedikit, sehingga fauna tanah sulit untuk bernafas dan akhirnya mati. Ini berdampak langsung pada tumbuhan yang hidup pada area tersebut. Tumbuhan membutuhkan mikroorganisme tanah sebagai perantara dalam kelangsungan hidupnya (Ningsih,2010).

2.3.2 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang terbuat dari biopolimer. Biopolimer adalah polimer yang tersusun atas biomassa yang dapat diperbaharui. Selain penyusunnya, perbedaan antara plastik *biodegradable* dengan plastik biasa adalah biodegradability atau tingkat penguraian plastik *biodegradable* yang dapat terdegradasi dengan lebih mudah dari pada plastik biasa. Hal tersebut menyebabkan plastik *biodegradable* merupakan plastik alternatif yang ramah lingkungan. Sebenarnya, penggunaan biomassa sebagai bahan dasar plastik *biodegradable* bukan suatu hal yang baru. Sejarah plastik *biodegradable* dapat ditelusuri hingga tahun 1900 pada saat pebisnis Henry Ford mengembangkan metode pembuatan plastik *biodegradable* dari kacang kedelai untuk digunakan sebagai plastik pada mobil. Penggunaan plastik *biodegradable* menurun selama

masa Perang Dunia, namun sekarang plastik *biodegradable* mendapatkan popularitasnya kembali (Rahmawati, 2011).

Pada umumnya, plastik *biodegradable* dapat dikategorikan menjadi dua kelompok besar berdasarkan sumber penyusun biopolimer. Kedua kelompok tersebut adalah biopolimer yang sudah ditemukan di dalam organisme hidup dan biopolimer yang harus dipolimerisasi terlebih dahulu (Rahmawati, 2011).

Biopolimer yang sudah ditemukan di dalam organisme hidup terbagi menjadi 3, yaitu sebagai berikut :

1. Biopolimer yang berasal dari organisme hidup antara lain adalah pati. Pati merupakan polimer, yang ditemukan di jaringan tumbuhan dan tersusun atas rantai panjang glukosa. Plastik *biodegradable* yang berbahan dasar pati disebut plastik berbasis pati. Pembuatan plastik tersebut meliputi pembuatan tepung pati yang kemudian diproses dengan menambahkan *plasticizer* seperti gliserin. Guna pemberian *plasticizer* adalah menambahkan elastisitas dan fleksibilitas pada produk. Pembuatan plastik berbahan dasar pati memiliki potensi yang tinggi di Indonesia karena terdapat berbagai tumbuhan penghasil pati seperti jagung, singkong, pisang, dan lainnya.
2. Selain biopolimer pati, poliester alami pun dapat digunakan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Poliester alami tersebut berasal dari reaksi kimiawi bakteri (Anonim 1 dalam Rahmawati, 2011). Polimer yang dihasilkan dari reaksi tersebut adalah poli-3-hidroksibutirat atau PHB sehingga produk yang dihasilkan dikenal sebagai plastik *biodegradable* PHB (Luengo et al., 2003). Sintesis plastik *biodegradable* PHB menggunakan mikroorganisme *Ralstonia eutropha*.
3. Biopolimer yang harus dipolimerisasi terlebih dahulu Asam laktat merupakan salah satu molekul yang dapat dipolimerisasi guna menghasilkan suatu biopolimer. Proses yang dilalui untuk menghasilkan plastik *biodegradable* tersebut adalah a) produksi asam laktat melalui proses fermentasi glukosa dengan bantuan bakteri, b) asam laktat yang didapatkan dipolimerisasi menjadi suatu polimer yakni asam polilaktik atau PLA. Plastik *biodegradable* yang diproses dengan metode tersebut dikenal sebagai plastik PLA.

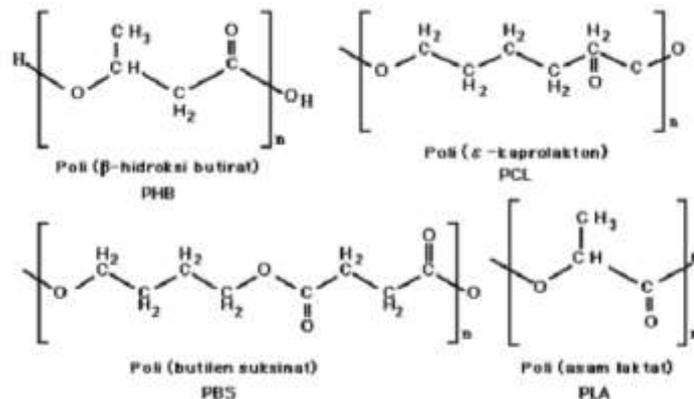
(Rahmawati, 2011).

Menurut laporan Pranamuda H (2009) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa saat ini polimer plastik *biodegradable* yang telah diproduksi adalah kebanyakan dari polimer jenis poliester alifatik. Plastik *biodegradable* yang sudah diproduksi skala industri, antara lain:

- a. Poli (*ε*-kaprolakton) (PCL) : PCL adalah polimer hasil sintesa kimia menggunakan bahan baku minyak bumi. PCL mempunyai sifat biodegradabilitas yang tinggi, dapat dihidrolisa oleh enzim lipase dan esterase yang tersebar luas pada tanaman, hewan dan mikroorganisme. Namun titik lelehnya yang rendah, $T_m = 60^\circ\text{C}$ menyebabkan bidang aplikasi PCL menjadi terbatas.
- b. Poli (β -hidroksi butirat) (PHB) : PHB adalah poliester yang diproduksi sebagai cadangan makanan oleh mikroorganisme seperti *Alcaligenes (Ralstonia) eutrophus*, *Bacillus megaterium* dsb. PHB mempunyai titik leleh yang tinggi ($T_m 180^\circ\text{C}$), tetapi karena kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan sifat mekanik dari PHB kurang baik.
- c. Poli (butilena suksinat) (PBS): PBS mempunyai titik leleh yang setara dengan plastik konvensional polietilen, yaitu $T_m=113^\circ\text{C}$.
- d. Poli asam laktat (PLA) : PLA merupakan poliester yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku sumberdaya alam terbaru seperti pati dan selulosa melalui fermentasi asam laktat. PLA mempunyai titik leleh yang tinggi sekitar 175°C , dan dapat dibuat menjadi lembaran film yang transparan.

(Ningsih, 2010).

Berikut ini gambar struktur senyawa kimia plastik biodegradable dari golongan poliester alifatik.



(sumber: Ningsih Sri Widya, Universitas Sumatera Utara, 2010)

Gambar 1. Plastik biodegradabel dari golongan poliester alifatik

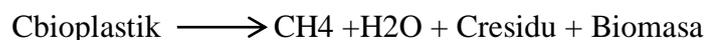
2.3.2.1 Proses Biodegradasi

Proses degradasi secara kimia lingkungan terbagi atas 2 lingkungan degradasi, yaitu lingkungan biotik dan abiotik. Degradasi dalam lingkungan biotik umumnya terjadi karena serangan mikroba seperti bakteri, kapang, ganggang dan lainnya, sedangkan proses degradasi pada lingkungan abiotik meliputi degradasi karena sinar UV, panas, hidrolisis, oksidasi dan lainnya.

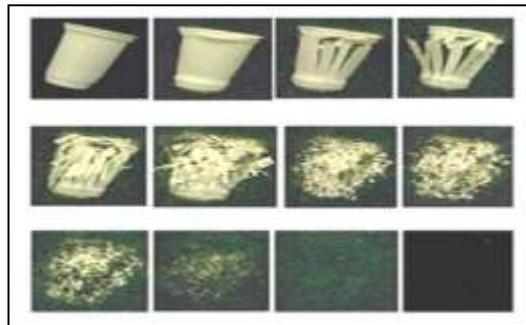
Proses yang berkemungkinan pada degradasi bioplastik Aerobik:



Proses yang berkemungkinan pada degradasi bioplastik Anaerobik



Proses pembentukan dan degradasi bioplastik merupakan satu siklus yang berkesinambungan yang dapat diperbaharui (renewable). Tingkat degradasi bioplastik bervariasi tergantung suhu, stabilitas polimer, dan tersedianya oksigen. Akibatnya, sebagian besar bioplastik dapat terurai pada kondisi yang dikontrol ketat dalam unit industri kompos. Dalam tumpukan sampah, tanah atau di air, bioplastik masih sulit terdegradasi. Sebuah standar ISO yang disepakati secara internasional, EN13432, mendefinisikan seberapa cepat dan sampai sejauh mana plastik rusak di bawah kondisi kompos komersial sehingga dapat dikategorikan biodegradable, yaitu suatu jenis plastik dengan sampel setebal 2 mm harus terurai 90% menjadi gas CO_2 dalam 6 bulan. (Defi, Triyana, 2012). Berikut ini contoh gambar proses biodegradasi bioplastik :



(Sumber: Defi,2012)

Gambar 2. Proses Degradasi bioplastik

2.3.2.2 Faktor yang Mempengaruhi tingkat Biodegradabilitas Plastik

Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas kemasan setelah kontak dengan mikroorganisme, yakni :

1. Sifat Hidrofobik, hidrofobik diambil dari kata hidro (air) dan fobik (tidak suka). Zat-zat yang bersifat hidrofobik adalah zat yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat larut dalam minyak (Islatifa, 2013)
2. Bahan Aditif (*Plastisizer*), *plastisizer* adalah material yang ditambahkan untuk meningkatkan beberapa sifat/*properties* dari *polymer*, misalnya kemampuan kerja (*workability*), ketahanan terhadap panas (*heat resistance*), ketahanan terhadap cuaca (*weathering resistance*), sifat insulasi (*insulation properties*), ketahanan terhadap minyak (*oil resistance*), *etc.*
3. Proses Produksi, proses produksi berpengaruh pada struktur plastik yang dihasilkan. Proses produksi dilakukan diruangan tertutup agar pelarut yang digunakan tidak menguap.
4. Struktur Polimer, selulosa mempunyai struktur rantai linier, sehingga kristal selulosa menjadi stabil.
5. Berat Molekul Kemasan, berat molekul kemasan plastik *biodegradable* memiliki berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

Proses terjadinya biodegradasi film kemasan pada lingkungan alam dimulai dengan tahap degradasi kimia yaitu dengan proses oksidasi molekul, menghasilkan polimer dengan berat molekul yang rendah. Proses berikutnya

(*secondary process*) adalah serangan mikroorganisme (bakteri, jamur, dan alga) dan aktivitas enzim (*intracellular*). Umumnya kecepatan degradasi pada lingkungan limbah cair anaerob lebih besar dari pada limbah cair aerob, kemudian dalam tanah dan air laut (Islatifa, 2013). Berikut adalah jenis pengujian yang dapat digunakan untuk mengetahui biodegradabilitas suatu film plastik, yaitu:

1. Menurut Griffin (1994) ada lima jenis pengujian, adalah:
 - a. *modified association française de normalization (AFNOR) test* (untuk *dissolved organic carbon / DOC*),
 - b. *modified sturn test* (produksi CO₂),
 - c. *modified ministry of international trade and industry (MITI) test* (konsumsi O₂ dan penguraian substrat),
 - d. *closed bottle test* (konsumsi O₂),
 - e. *modified OECD screening test (dissolved organic carbon / DOC)*.
2. Menurut Latief (2011) ada metode lain untuk menguji daya tahan plastik terhadap degradasi mikroorganisme yaitu *petri dish screen* (digunakan di USA / ASTM, Jerman / DIN, Prancis / AFNOR, Swiss / SN, dan Standar International / ISO (846), *environmental chamber method* (pada kelembapan tinggi – 90 %), *soil burial tests* (berdasarkan kontak dengan tanah).
3. Subowo dan Pujiastuti (2003) menggunakan metode *soil burial test* untuk menguji biodegradabilitas dari film plastik yang terbuat dari pati jagung. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan bantuan mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah, sampel plastik dari pati jagung kehilangan berat hingga 12,6 % pada minggu ke 16.

2.3.3 Perbedaan Plastik *Biodegradable* dan Plastik Konvensional

Menurut Jayanto *et.al.* dibandingkan dengan plastik *non-degradable* (plastik konvensional), tingkat keamanan bioplastik terhadap pangan jauh lebih tinggi, hal ini dikarenakan bahan bakunya yang alami dan berasal dari senyawa-senyawa dalam tanaman seperti pati, selulosa dan lignin, atau pada hewan seperti kasein, protein dan lipid. Sedangkan pada plastik *non-degradable* yang umumnya

tersusun dari PET yang memiliki kandungan yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, bioplastik memiliki kelebihan lain, yaitu memiliki tingkat permeabilitas penguapan O₂ dan uap air yang lebih besar dibandingkan plastik *non-degradable*, sehingga dapat menjaga kesegaran buah dan sayuran tiga hari lebih lama. selain itu, penggunaan bioplastik dapat mereduksi gas buang CO₂ sebesar 50%.

Berikut tabel perbedaan plastik *biodegradable* dan plastik konvensional :

Tabel 4. Perbedaan Plastik Biodegradable dan Plastik Konvensional.

Tingkat Keamanan Plastik	Non-degradable	Bioplastik
Waktu penguraian secara alami	500-1000 tahun	8-12 minggu
Terhadap panas	Untuk kode plastik 1, 2, 3, 4, 6, 7 dapat melepaskan zat kimia yang bersifat karsinogenik (65-80°C). Sedangkan kode 5, aman bagi makanan dan tahan pada suhu relatif tinggi (hingga 140°C)	Tidak mengeluarkan zat karsinogenik karena bahan dasarnya yang terbuat dari pati/selulosa
Bahan baku Pembuatan	Polimer sintetik, misalnya: polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polistiren (PS), dan polietilen tereftalat (PET)	Senyawa-senyawa dalam tanaman misalnya pati, selulosa, dan lignin serta pada hewan seperti kasein, protein dan lipid

(Sumber : Jayanto,*et.al* 2012)

Plastik *biodegradable* mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 5. Kelebihan dan Kekurangan Plastik Biodegradable dan Plastik Konvensional.

No.	Kelebihan	Kekurangan
1	Mebutuhkan waktu yang sedikit untuk terurai. Dalam kondisi tertentu, plastik biodegradable membutuhkan waktu hanya 8-12 minggu untuk terurai;	Bioplastik dilihat dari sisi ekonomi lebih mahal sekitar 20% dari plastik polimer biasa karena proses pembuatannya lebih rumit;
2	Dapat didaur ulang. Plastik biodegradable terbuat dari biomassa, yang artinya dapat terus didaur ulang karena merupakan komponen organik yang mudah terurai;	Daya tahan bioplastik masih dibawah plastik polimer biasa;
3	Tidak berdampak buruk pada lingkungan. Hal ini disebabkan karena selama proses pembuatan, dihasilkan sangat sedikit gas-gas yang menyebabkan 'greenhouse effect' (efek rumah kaca) atau emisi-emisi karbon yang berbahaya;	Belum ada mesin pembuat bioplastik secara otomatis.
4	Tidak beracun. Plastik pada umumnya menghasilkan zat-zat kimia yang berbahaya saat dihancurkan, sedangkan plastik biodegradable tidak menghasilkan zat kimia apapun yang berbahaya dan beracun. Plastik setelah dihancurkan akan menyatu dengan tanah dan sama sekali tidak merusak atau membahayakan;	

(Sumber: Jayanto, *et.al* 2012)

2.3.4 Standar untuk plastik *biodegradable*

Pengujian sifat *biodegradable* bahan plastik dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme dan uji penguburan. Metode uji standar dan protokol diperlakukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi degradabilitas dan biodegradasi polimer, dan konfirmasi dengan alam dari *breakdown* produk. Standar telah dibangun atau dibawah pembangunan oleh badan Standar Nasional Amerika (ASTM); Eropa (CEN); Jerman (DIN); Jepang (JIS) dan Organisasi Standar Internasional (ISO) untuk mengevaluasi dan mengkuantifikasi *biodegradable* dibawah kondisi lingkungan/pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, Instalasi Pengolahan Air Limbah, dan *anaerobic digester*. Tidak ada perbedaan yang besar diantaranya. Standar ISO akan membawa semua standar tersebut dan menyediakan standar yang diterima secara global (Narayan, 1999).

American Society for Testing and Materials (ASTM) mengeluarkan “Standar Spesifikasi untuk Plastik Dapat Dikompos” D6400-99. Standar ini menetapkan kriteria (spesifikasi) untuk plastik dan produk yang dibuat dari plastik untuk diberi label dapat dikompos. Standar tersebut menetapkan apakah plastik dan produk yang terbuat dari plastik dapat dikompos, termasuk biodegradasi pada tingkat yang sebanding dengan bahan yang diketahui dapat dikompos. (Narayan, 1999) Lembaga standarisasi internasional (ISO) telah mengeluarkan metode standar pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik sebagai berikut:

- a. ISO 14851 : Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair – Metode pengukuran kebutuhan oksigen dalam respirometer tertutup;
- b. ISO 14852 : Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair – Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan;
- c. ISO 14855 : Penentuan biodegradabilitas aerobik final dan disintegrasi dari bahan plastik dalam kondisi komposting terkendali – Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan.

2.4 Katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat reaksi tanpa ikut dikonsumsi oleh keseluruhan reaksi. Pada dasarnya, katalis justru harus ikut bereaksi dengan reaktan untuk membentuk suatu zat antara yang aktif. Zat antara ini kemudian bereaksi dengan molekul reaktan yang lain menghasilkan produk. Pada akhirnya, produk kemudian terlepas dari permukaan katalis (Arita, 2008).

Syarat berlangsungnya suatu reaksi ialah (Arita, 2008) :

- a. Terjadi kontak (tumbukan) dengan orientasi yang tepat, dan
- b. Disertai dengan energy yang cukup (melebihi energy aktivasi reaksi).

Dengan adanya katalis, kedua syarat diatas dapat terakomodasi dengan baik. Katalis dapat mengantarkan reaktan melalui jalan baru yang lebih mudah untuk berubah menjadi produk. Jalan baru yang dimaksud yaitu dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Keberadaan katalis juga dapat meningkatkan jumlah tumbukan dengan orientasi yang tepat. Hal ini disebabkan molekul-molekul reaktan akan teradsorp pada permukaan aktif katalis sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul-molekul reaktan akan semakin besar. Selain itu, ketepatan orientasi tumbukan pun akan semakin meningkat. Katalis memiliki sifat tertentu, yang pertama ialah katalis tidak mengubah kesetimbangan dan katalis hanya berpengaruh pada sifat kinetic seperti mekanisme reaksi. Oleh karena itu, sebagai apapun katalis yang digunakan, konversi yang dihasilkan tidak akan melebihi konversi kesetimbangan (Arita, 2008).

Katalis pertama kali diperkenalkan oleh *Joris Jacob Berxelius* pada tahun 1835, yang menerangkan suatu fenomena yaitu adanya sejumlah zat asing yang ditambahkan pada suatu campuran reaksi membuat reaksi berjalan dengan cepat. Katalis adalah zat yang ditambahkan pada reaksi kimia dengan tujuan untuk mempercepat reaksi tersebut.

Katalis mempunyai beberapa sifat, yaitu :

1. Katalis tidak berubah selama reaksi. Ada kemungkinan katalis ikut dalam reaksi tetapi setelah reaksi berakhir katalis tersebut diperoleh kembali (kembali seperti semula)
2. Katalis tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Katalis hanya

mempercepat reaksi dalam mencapai kesetimbangan sebab semua reaksi berakhir dengan kesetimbangan.

3. Katalis tidak mengawali suatu reaksi. Reaksi yang dikatalisater harus sudah berjalan walaupun sangat lambat.

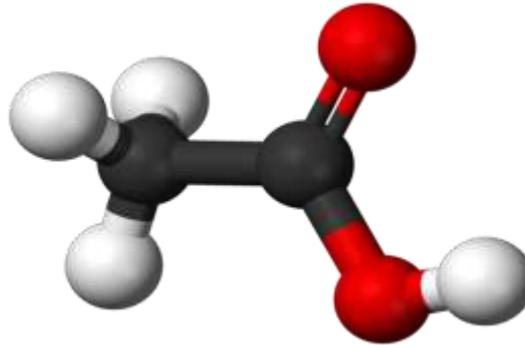
2.4.1 Asam Asetat (CH₃COOH)

Asam asetat (*acetic acid*) adalah asam lemah yang mungkin paling dikenal karena menjadi komposisi utama dalam cuka. Namun, asam asetat tidak hanya berguna sebagai bahan penyedap masakan, tetapi juga diproduksi dalam jumlah besar untuk berbagai kegunaan lain. Asam organik ini bisa diproduksi dalam berbagai konsentrasi. Dalam bentuk murni, asam asetat dikenal sebagai asam asetat glasial karena mengkristal dalam suhu dingin.

Senyawa berwarna bening ini memiliki rasa asam yang khas, meskipun mencicipi langsung tidak dianjurkan kecuali jika secara jelas diperuntukkan bagi konsumsi manusia. Asam asetat juga memiliki bau yang kuat dan tajam. Selain sebagai penyedap makanan, asam ini juga digunakan sebagai pengawet. Kondisi asam akan menghambat pertumbuhan bakteri, menjaga makanan aman dari kontaminasi.

Dalam industri, asam asetat digunakan dalam berbagai proses. Senyawa ini juga digunakan dalam produksi bahan kimia dan penelitian, dimana dibutuhkan asam lemah. Seperti asam lainnya, asam asetat bersifat korosif bagi banyak zat dan bisa terlibat dalam berbagai reaksi kimia.

Asam asetat dikenal digunakan sebagai pelarut, reagen, katalis, dan pestisida. Asam asetat juga digunakan sebagai bahan penyusun cat, pernis, dan glasir, serta digunakan dalam perawatan medis, misalnya dalam pengobatan sengatan ubur-ubur. Struktur asam asetat dapat dilihat pada gambar berikut ini.



(Sumber : Wikipedia, 2014)

Gambar 3. Struktur Asam Asetat

2.4.1.1 Sifat Fisika dan Kimia Asam Asetat

Berikut merupakan sifat fisika dan sifat kimia dari Asam Asetat, (Jordan,2011) :

1. Sifat Fisika

- Rumus molekul CH_3COOH
- $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{O}$
- Berat molekul 60,053 gr/gmol
- Titik leleh pada 1 atm $16,6^\circ \text{C}$
- Titik didih pada 1 atm $117,9^\circ \text{C}$
- Specific Gravity 1,051 gr/cm³
- Koefisien ekspansi (20°C) $1,07 \times 10^{-3}$
- Temperatur kritis (cair) $594,45^\circ \text{K}$
- Tekanan kritis (cair) 57,1 atm
- Volume kritis (cair) 2,85 cc/ gr
- Surface Tension (20°C , udara = 27,6 dyne/cm); (75°C , udara = 22,2 dyne/cm)
- Viskositas (20°C , udara = 1,22 cp); (110°C = 0,42 cp)
- Specific Heat 0,487 kal/gr $^\circ \text{C}$
- Panas pelarutan dalam air (18°C) 6,3 kal/gr
- $H\Delta f$ (25°C) -1.927,1 kal/gr
- $G\Delta f$ (25°C) -1.549,9 kal/gr

2. Sifat Kimia

- Reaksi dengan alkohol menghasilkan ester
- $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Pembentukan garam keasaman
- $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Zn} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}^{2+} + \frac{1}{2} \text{H}_2$
- Reaksi konversi menjadi ester
- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_2$
- Benzyl alcohol Benzyl asetat
- Konversi ke klorida-klorida asam 50° C
- $3\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PCl}_3 \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COCl} + \text{H}_3\text{PO}_3$
- Substitusi dari alkyl/aryl group
- $\text{Cl}_2\text{P} \rightarrow \text{Cl}_2\text{P} \rightarrow \text{Cl}_2\text{P}$
- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{ClCH}_2\text{OH} \rightarrow \text{Cl}_2\text{CHCOOH} \rightarrow \text{Cl}_3\text{CCOOH}$
- Chloroacetic Dichloroacetic Trichloroacetic
- Pembentukan ester
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ (Siti Anis, 2010)

2.5 *Plastisizer*

Plastisizer adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan untuk memperlemah kekakuan dari polimer (Ward *et.al* dalam Ekasari,2013), sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Ferry dalam Ekasari,2013). Mekanisme proses plastisisasi polimer sebagai akibat penambahan *plastisizer* Sears and Darby dalam Ekasari 2013., didalam : Di Gioia *et.al* dalam Ekasari 2013, melalui urutan sebagai berikut :

1. pembasahan dan adsorpsi
2. pemecahan dan atau penetrasi pada permukaan
3. absorpsi, difusi
4. pemutusan pada bagian amorf
5. pemotongan struktur

Plastisizer didefinisikan sebagai bahan *non volatil*, bertitik didih tinggi, jika ditambahkan pada material lain dapat merubah sifat material menjadi lebih plastis.

Plasticizer berfungsi untuk mengurangi kerapuhan film, meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan plastis (Gontard and Guilbert, 1992). Beberapa jenis *plastisizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* antara lain gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2006).

Plastisizer ditambahkan kedalam polimer untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Penambahan *plastisizer* sampai pada taraf tertentu akan meningkatkan elongasi film. Semakin banyak *plastisizer* yang ditambahkan akan menurunkan kuat tarik film (Ekasari, 2013). *Plastisizer* seperti gliserol, asam laktat, fruktosa, glukosa, sukrosa, dietilen glikol, polietilen, gliserol diasetat dan lain-lain, didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi, jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa itu. Penambahan plastisizer akan menghindarkan film dari keretakan, menurunkan elastisitas dan kohesi film, meningkatkan daya rentang, yang dapat menghaluskan film dan mempertipis film yang terbentuk akan tetapi sebagian ada yang dapat meningkatkan permeabilitas film terhadap gas dan uap air (Ekasari, 2013).

2.5.1 Gliserin

Gliserin, atau juga sering dikenal sebagai gliserol, merupakan unsur kimiawi yang bersifat organik. Unsur yang memiliki rumus kimiawi C pertama kali ditemukan pada tahun 1770 oleh ilmuwan Scheel. Nama gliserin berasal dari kata 'glyceros' yang berarti manis dalam bahasa Yunani. Nama tersebut diberikan oleh ilmuwan *Chevreur* yang melanjutkan penelitian *Scheel* (Rahmawati 2011).

Gliserol atau 1,2,3-propanetriol, merupakan senyawa organik yang tidak berwarna, tidak berbau, dan higroskopis dengan rumus kimia $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$. Gliserol adalah senyawa trihidrik alkohol yang mempunyai titik beku $17,8\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didih $290\text{ }^\circ\text{C}$. Senyawa ini dapat larut dan bercampur dengan air dan etanol. Gliserol hadir dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan dan lemak dan minyak nabati. Sifatnya yang mudah menyerap air dan kandungan energi yang dimilikinya membuat gliserol banyak digunakan

pada industri makanan, farmasi, dan kosmetik (Marbun,2012). Berikut ini adalah tabel karakteristik gliserin :

Tabel 6. Karakteristik Gliserin

Nama IUPAC	Propan 1,2,3 triol
Nama lain	Gliserin, 1,2,3 propanetriol, 1,2,3 tritydroxypropana, glyceritol, glycy alcohol
Rumus kimia	C ₃ H ₅ (OH)
Berat molekul	92,09382 g/mol
Densitas	1,261 g/ml
Viskositas	1,5 Pa.s
Titik leleh	17,8 °C (64,2°F)
Titik nyala	290 °C (554°F)

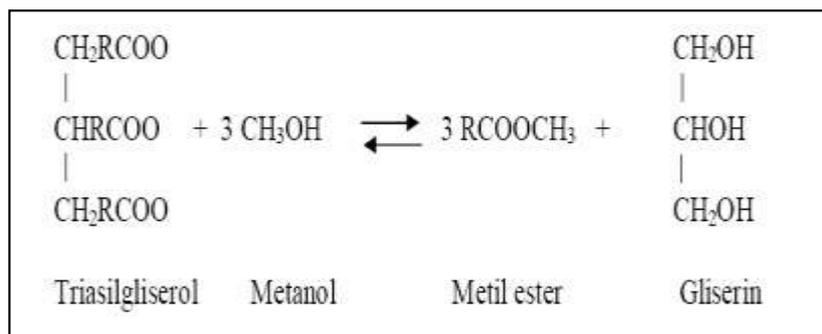
(Sumber: Wales,2010)

Gliserol diperoleh secara komersial sebagai produk sampingan ketika lemak dan minyak yang dihidrolisis untuk menghasilkan asam lemak. Gliserol juga disintesis pada skala komersial dari propylene (diperoleh dengan *cracking* minyak bumi), karena pasokan gliserol alam tidak memadai. Selain sintesis dengan menggunakan *propylene*, gliserol juga dapat diperoleh selama fermentasi gula natrium bisulfit jika ditambahkan dengan ragi (Marbun, 2012).

Gliserin tidak ditemukan dalam keadaan bebas di alam, melainkan dihasilkan sebagai hasil samping dari berbagai macam proses kimiawi. Proses -proses yang dapat menghasilkan gliserin adalah sebagai berikut (Rahmawati 2011):

1. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan reaksi kimiawi yang menghasilkan ester sebagai hasil reaksi. Reaksi tersebut meliputi reaksi antara minyak dengan alkohol. Selain ester, gliserin pun dihasilkan sebagai hasil samping (Gambar 4.).

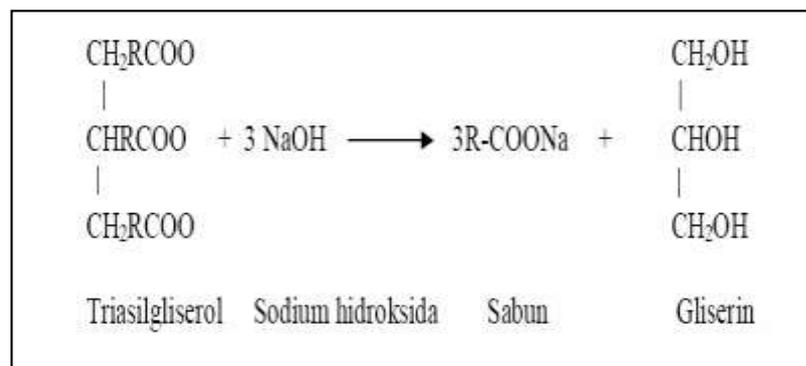


(Sumber: Anonim 2,dalam Rahmawati 2011)

Gambar 4. Reaksi Transesterifikasi

2. Saponifikasi (penyabunan)

Reaksi saponifikasi merupakan proses pembentukan sabun. Dalam reaksi ini, lemak akan bereaksi dengan NaOH menghasilkan sabun dan juga gliserin (Gambar 5).

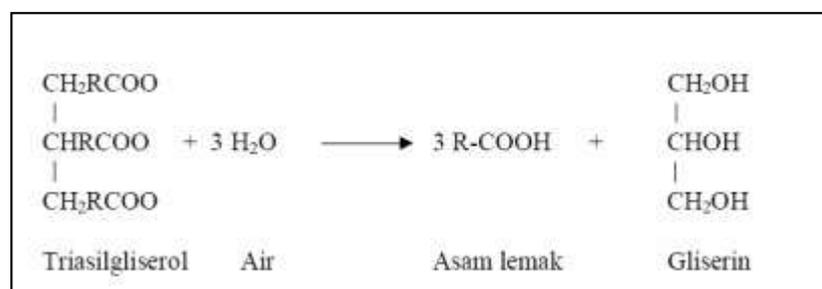


(Sumber: Anonim 2, dalam Rahmawati 2011)

Gambar 5. Reaksi Saponifikasi

3. Fat splitting

Fat splitting merupakan reaksi hidrolisis antara air dengan minyak dimana terjadi pemutusan ikatan pada molekul minyak. Akibatnya, gliserin dan ester dihasilkan dari reaksi tersebut (Gambar 6.)



(Sumber: Anonim 2, dalam Rahmawati 2008)

Gambar 6. Reaksi Fat Splitting

Gliserin memiliki berbagai macam manfaat, diantaranya sebagai bahan kosmetik, bahan peledak, bahan tekstil dan lainnya (Anonim 2). Selain itu, manfaat gliserin lainnya adalah potensi unsur tersebut sebagai bahan *plasticizer*

plastik *biodegradable*. *Plasticizer* merupakan komponen plastik yang memberikan elastisitas dan kekuatan bagi plastik (Anonim 3). Minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan *plasticizer* dengan syarat minyak tersebut mengalami reaksi transesterifikasi yang menghasilkan ester dan gliserin. Perbandingan ester dan gliserin yang dihasilkan dapat diatur untuk menyesuaikan jenis plastik yang akan diproduksi (Anonim 3) (Rahmawati 2011).