

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

2.1.1 Kulit singkong

Kulit singkong sering kali dianggap limbah yang tidak berguna oleh sebagian industri berbahan baku singkong. Oleh karena itu, bahan ini masih belum banyak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja dan umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak. Kulit singkong dapat menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi, antara lain diolah menjadi tepung mocaf. Persentase kulit singkong kurang lebih 20% dari umbinya sehingga per kg umbi singkong menghasilkan 0,2 kg kulit singkong. Kulit singkong lebih banyak mengandung racun asam biru dibanding daging umbi yakni 3-5 kali lebih besar, tergantung rasanya yang manis atau pahit. Jika rasanya manis, kandungan asam birunya rendah sedangkan jika rasanya pahit, kandungan asam birunya lebih banyak. (Salim, 2011)

Kulit singkong memiliki kandungan HCN yang sangat tinggi yaitu sebesar 18,0 – 309,4 ppm untuk per 100 gram kulit singkong (Nur Richana, 2013). HCN atau asam sianida merupakan zat yang bersifat racun baik dalam bentuk bebas maupun kimia, yaitu glikosida, sianogen phaseulonathin, linamarin dan metillinamarin/lotaustrain (Coursey, 1973). Jumlah asam sianida (HCN) sangat bervariasi mulai dari dosis yang tidak berbahaya (<50 ppm) sampai yang mematikan (>250 ppm). Asam sianida ini mempunyai dosis ambang batas 0,5-3 mg/kg berat badan. Jika dikonsumsi terus-menerus dengan dosis ambang batas ini maka akan menimbulkan penyakit *tropical ataxic neuropathy* dengan gejala timbulnya lesi pada saraf mata dan pendengaran, meningkatkan kadar tiosianat dalam darah serta menyebabkan penyakit gondok. Namun, asam sianida ini mudah hilang selama kulit singkong diproses terlebih dahulu dengan cara perendaman, pengeringan, perebusan, dan fermentasi.

Di dalam pembuatan plastik *biodegradable*, kulit singkong digunakan sebagai bahan baku yang akan dimanfaatkan kandungan patinya. Kandungan pati di

dalam kulit singkong berkisar 44-59 %. Komposisi kimia kulit singkong ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Persentase Kandungan Kimia Kulit Singkong

| Komposisi Kimia | Kulit Singkong |
|------------------------|-----------------------|
| Air | 7,9 – 10,32 % |
| Pati (starch) | 44 – 59 % |
| Protein | 1,5 – 3,7 % |
| Lemak | 0,8 – 2,1 % |
| Abu | 0,2 – 2,3 % |
| Serat | 17,5 – 27,4 % |
| Ca | 0,42 – 0,77 % |
| Mg | 0,12 – 0,24 % |
| P | 0,02 – 0,10 % |
| HCN (ppm) | 18,0 – 309,4 ppm |

Sumber : Nur Richana (2013)



Gambar 1. Kulit singkong

2.1.2 Minyak jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pakai dari berbagai kebutuhan rumah tangga. Pada umumnya, minyak jelantah masih dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik (wikipedia, 2012). Bila dilihat dari bahaya penggunaannya, minyak goreng dapat dipakai berulang maksimal 3 kali penggorengan saja.

Minyak jelantah merupakan salah satu sumber polusi apabila dibuang sembarangan. Bila minyak ini dibuang ke lingkungan akan mencemari lingkungan berupa turunnya kadar COD dan BOD, selain itu perairan akan menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Proses *transesterifikasi* untuk mengolah minyak jelantah dengan katalis basa (NaOH) untuk mengubah trigliserol menjadi gliserol dan metil ester sehingga viscositasnya menurun secara signifikan dengan konsep *Waste to Product*.

Pada umumnya minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa antara lain : polimer, aldehida, asam lemak, senyawa aromatik dan lakton. Disamping itu minyak jelantah tidak baik bagi kesehatan jika kandungan senyawa polarnya mencapai 25 - 27% (Hanif, 2009). Diantaranya dapat memperbesar hati, ginjal, jantung dan bersifat karsiogenik. Untuk menghindari bahaya yang ditimbulkan dibutuhkan jalan keluar seperti pembuatan biodiesel maupun gliserin melalui proses *transesterifikasi*.

2.2 Pati

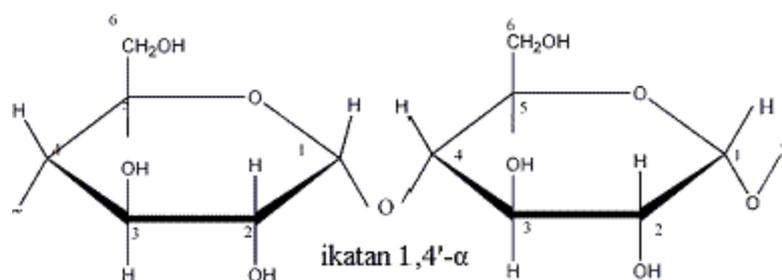
Polisakarida seperti pati dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik (Bourtoom, 2007). Ubi-ubian, sereal, dan biji polong-polongan merupakan sumber pati yang paling penting. Ubi-ubian yang sering dijadikan sumber pati antara lain ubi jalar, kentang, dan singkong (Liu, 2005 dalam Cui, 2005). Pati yang berasal dari singkong dapat diperoleh baik dari daging ataupun kulit arinya. Pati kulit singkong sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan dan industri yang berbasis pati karena kandungan patinya yang cukup tinggi (Niba, 2006 dalam Hui, 2006). Kandungan pati pada beberapa bahan pangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Pati pada Beberapa Bahan Pangan

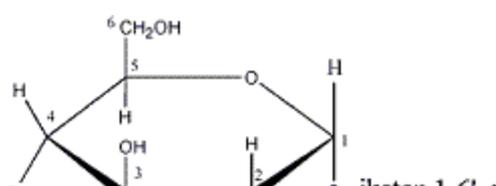
| Bahan pangan | Pati (% dalam basis kering) |
|--------------|-----------------------------|
| Biji gandum | 67 |
| Beras | 89 |
| Jagung | 57 |
| Biji sorghum | 72 |
| Kentang | 75 |
| Ubi jalar | 90 |
| Singkong | 90 |

Sumber : Liu (2005) dalam cui (2005)

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Winarno, 1982). Struktur amilosa merupakan struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa. Amilopektin terdiri dari struktur bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -(1,6). Berat molekul amilosa dari beberapa ribu hingga 500.000, begitu pula dengan amilopektin (Lehninger, 1982). Pati dapat diekstrak dengan berbagai cara, berdasarkan bahan baku dan penggunaan dari pati itu sendiri. Untuk pati dari ubi-ubian, proses utama dari ekstraksi terdiri perendaman, disintegrasi dan sentrifugasi. Perendaman dilakukan dalam larutan natrium bisulfit pada pH yang diatur untuk menghambat reaksi biokimia seperti perubahan warna dari ubi. Disintegrasi dan sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan pati dari komponen lainnya (Liu, 2005 dalam Cui, 2005).

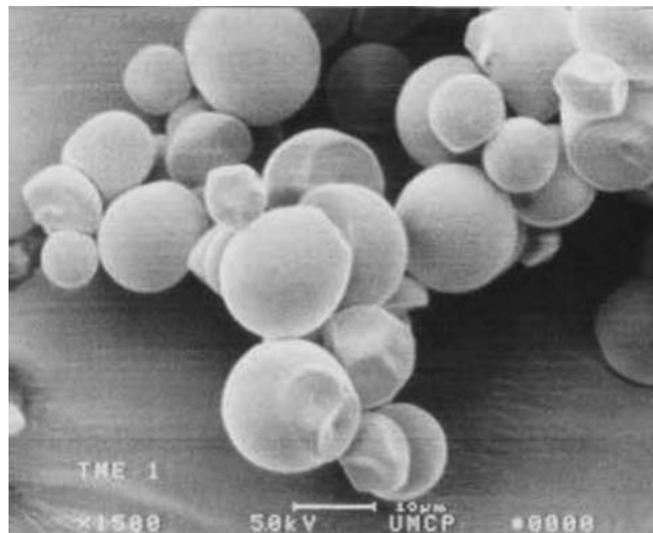


Gambar 2. Struktur Amilosa



Gambar 3. Struktur Amilopektin

Pati singkong mengandung 83% amilopektin yang mengakibatkan pasta yang terbentuk menjadi bening dan kecil kemungkinan untuk terjadi retrogradasi (Friedman, dalam Chan, 1983). Menurut Murphy (2000) dalam Phillips dan Williams (2000), ukuran granula pati singkong 4-35 μm , berbentuk oval, kerucut dengan bagian atas terpotong dan seperti *kettle drum*. Suhu gelatinisasi pada 62 - 73 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu pembentukan pasta pada 63 $^{\circ}\text{C}$. Menurut Santoso (2005), pati singkong relatif mudah didapat dan harganya yang murah. Bentuk granula pati singkong dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Granula Pati Singkong (Hui, 2006)

2.2.1 Pati kulit singkong

Kulit singkong dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pati kulit singkong, bagian kulit singkong yang digunakan adalah bagian dalam. Pati kulit singkong merupakan hasil olahan kulit singkong yang pembuatannya sangat sederhana. Dengan menghaluskan kulit singkong lalu mengambil hasil perasan dari kulit singkong yang telah halus, kemudian disaring dan dikeringkan. Singkong dibersihkan kulit luarnya, setelah itu diiris tipis-tipis dengan ketebalan 2 mm dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2-3 hari hingga beratnya berkurang sekitar 70% dari berat basah. Selanjutnya digiling dengan mesin penggiling untuk dijadikan tepung dan diayak dengan saringan sengan ukuran 200 mesh (Turyoni, 2007)

Tahapan – tahapan dalam pembuatan tepung kulit singkong sebagai berikut menurut :

1. Sortasi atau pemilihan yaitu dengan memilih kulit singkong yang baik dan membuang kulit singkong yang tidak baik, kemudian dipisahkan.
2. Pencucian dan perendaman, dalam pencucian menggunakan air yang mengalir dan dalam perendaman menggunakan air yang setiap 15 menit diganti. Tujuan pencucian dan perendaman untuk menghilangkan kotoran yang melekat pada kulit singkong. selain itu juga bertujuan untuk mengurangi kadar CHN yang ada dikulit singkong, untuk mengurangi getas yang melekat dan mengurangi rasa getas pada kulit singkong. setelah itu dipotong tipis-tipis.
3. Penjemuran, bertujuan untuk mematikan segala macam kuman dan bakteri yang menempel pada singkong, mengurangi kadar air pada kulit singkong serta mengurangi kadar HCN pada kulit singkong, mempercepat proses pengeringan baik dilakukan secara langsung (penjemuran dengan sinar matahari langsung) atau tidak langsung
4. Penggilingan, pada saat proses penggilingan semua bahan dihancurkan hingga menjadi halus.
5. Penyaringan, penyaringan tepung dilakukan dengan ayakan berukuran 200 mesh. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tepung kulit singkong yang halus dan baik.

2.2.2. Gelatinisasi pati

Gelatinisasi merupakan fenomena pembentukan gel yang diawali dengan pembengkakan granula pati akibat penyerapan air yang tidak dapat kembali pada kondisi semula (Winarno, 1982). Pengembangan granula pati pada mulanya bersifat dapat balik, tetapi jika pemanasan mencapai suhu tertentu, pengembangan granula pati menjadi bersifat tidak dapat balik dan akan terjadi perubahan struktur granula. Suhu pada saat granula pati membengkak dengan cepat dan mengalami perubahan yang bersifat tidak dapat balik disebut suhu gelatinisasi pati.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan yang tidak terlarut disebut amilopektin. Perbandingan amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi pati. Semakin kecil kandungan amilosa atau semakin tinggi kandungan amilopektinnya, maka pati cenderung menyerap air lebih banyak (Tjokroadikusomo, 1986). Pati yang kandungan amilopektinnya tinggi akan membentuk gel yang tidak kaku, sedangkan pati yang mengandung amilopektin rendah akan membentuk gel yang kaku.

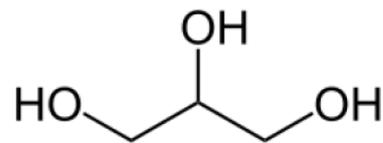
Proses gelatinisasi pati terjadi karena kerusakan ikatan hidrogen yang berfungsi untuk mempertahankan struktur dan integritas granula pati. Kerusakan integritas pati yang menyebabkan granula pati menyerap air, sehingga sebagian fraksi terpisah dan masuk ke dalam medium (Greenwood, 1979). Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Setiap pati tidak sama sifatnya tergantung dari rantai C-nya, serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya.

Mekanisme gelatinisasi pati secara ringkas dan skematis di uraikan oleh Harper (1999). Tahap pertama granula pati masih dalam keadaan normal belum berinteraksi dengan apapun. Ketika granula mulai berinteraksi dengan molekul air disertai dengan peningkatan suhu suspensi terjadilah pemutusan sebagian besar ikatan intermolekular pada kristal amilosa, akibatnya granula akan mengembang (tahap 2). Tahap berikutnya molekul-molekul amilosa mulai berdifusi keluar granula akibat meningkatnya aplikasi panas dan air yang berlebihan yang menyebabkan granula mengembang lebih lanjut (tahap 3). Proses gelatinisasi terus berlanjut sampai seluruh mol amilosa berdifusi keluar. Hingga tinggal molekul amilopektin yang berada di dalam granula. Keadaan ini pun tidak bertahan lama karena dinding granula akan segera pecah sehingga akhirnya terbentuk matriks 3 dimensi yang tersusun oleh molekul-molekul amilosa dan amilopektin (tahap 4)

2.3 Gliserin

Gliserin merupakan senyawa poliol sederhana. Gliserin tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental yang banyak di gunakan dalam formulasi farmasi. Gliserin memiliki tiga gugus hidroksil hidrofilik yang bertanggung jawab untuk dalam air dan sifat higroskopiknya. Tulang punggung gliserin adalah penting untuk seluruh lipid dikenal sebagai trigliserida. Gliserin memiliki rasa manis dan toksisitas rendah.

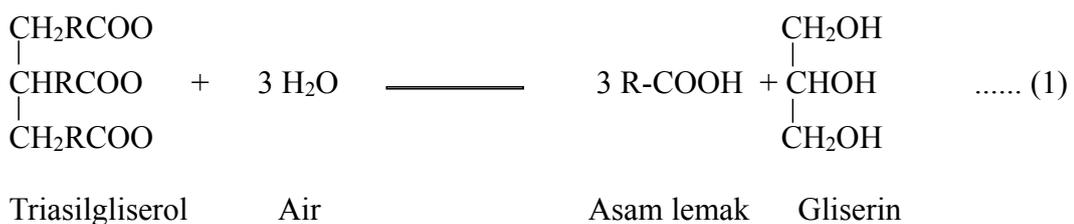
Gliserin dengan rantai HO-CH-CH-(OH)-CH-OH adalah produk samping dari reaksi hidrolisis antara minyak nabati dengan air untuk menghasilkan asam lemak. Gliserin berbentuk cairan jernih, tidak berbau dan memiliki rasa manis. Gliserin merupakan produk samping proses pembuatan biodiesel yang bernilai ekonomis tinggi yang dapat dijual dalam keadaan mentah (*crude glycerin*) atau gliserin yang telah dimurnikan.



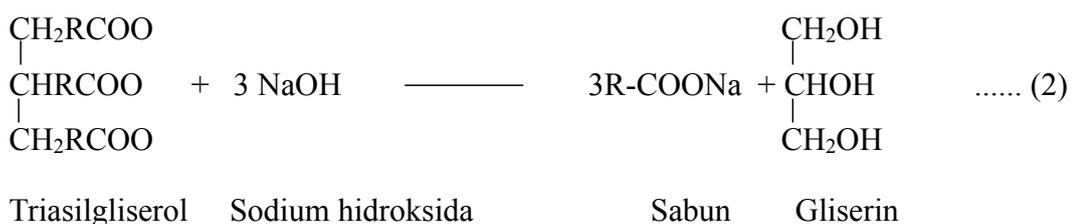
Gambar 5. Struktur Gliserin

Gliserin dapat dihasilkan dari berbagai hasil proses, seperti :

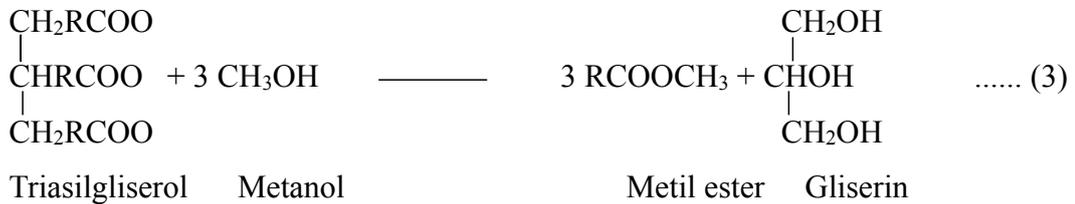
1. *Fat splitting*, yaitu reaksi hidrolisa antara air dan minyak menghasilkan gliserol dan asam lemak.



2. Safonifikasi lemak dengan NaOH, menghasilkan gliserol dan sabun



3. Transesterifikasi lemak dengan metanol menggunakan katalis NaOCH₃ (sodium methoxide), menghasilkan gliserol dan metil ester



Gliserol yang dihasilkan dari hidrolisa lemak atau minyak pada unit *fat splitting* ini masih terkandung dalam air manis (*sweet water*). Kandungan gliserol dalam air manis biasanya diuapkan untuk mendapatkan gliserol murni (gliserin). Biasanya untuk pemurnian gliserol ini memerlukan beberapa tahap proses, seperti:

1. Pemurnian dengan sentrifuse
2. Evaporasi
3. Filtrasi

Dalam pembuatan plastik *biodegradable*, gliserin berfungsi sebagai *plasticizer*. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat *plasticizer* yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil (*inert*), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi.

2.4 *Plasticizer*

Plasticizer adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan untuk memperlemah kekakuan dari polimer (Ward dan Hadley, 1993), sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Ferry, 1980). Mekanisme proses plastisasi polimer sebagai akibat penambahan *plasticizer* berdasarkan Sears dan Darby (1982) 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

Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik adalah gliserin, sorbitol, polivinil alkohol dan lainnya.

2.5 Plastik *biodegradable*

Plastik *biodegradable* adalah plastik yang digunakan layaknya seperti plastik konvensional namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah lingkungan (IBAW publication, 2005).

Plastik *biodegradable* adalah polimer yang dapat berubah menjadi biomassa, H₂O, CO₂ dan atau CH₄ melalui tahapan depolimerisasi dan mineralisasi. Depolimerisasi terjadi karena kerja enzim ekstraseluler (terdiri dari endo dan ekso enzim). Endo enzim memutus unit monomer pada rantai utama secara berurutan bagian-bagian oligomer yang terbentuk dipindahkan ke dalam sel dan menjadi mineralisasi. Proses mineralisasi membentuk CO₂, CH₄, N₂, air, garam-garam, mineral dan biomassa. Definisi polimer *biodegradable* dan hasil akhir yang terbentuk dapat beragam tergantung pada polimer, organisme dan lingkungan (Hartoto, 2005)

Plastik *biodegradable* merupakan suatu material polimer yang berubah ke dalam senyawa berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Griffin, 1994). Plastik *biodegradable* akan terurai oleh aktivitas pengurai melalui proses biodegradasi.

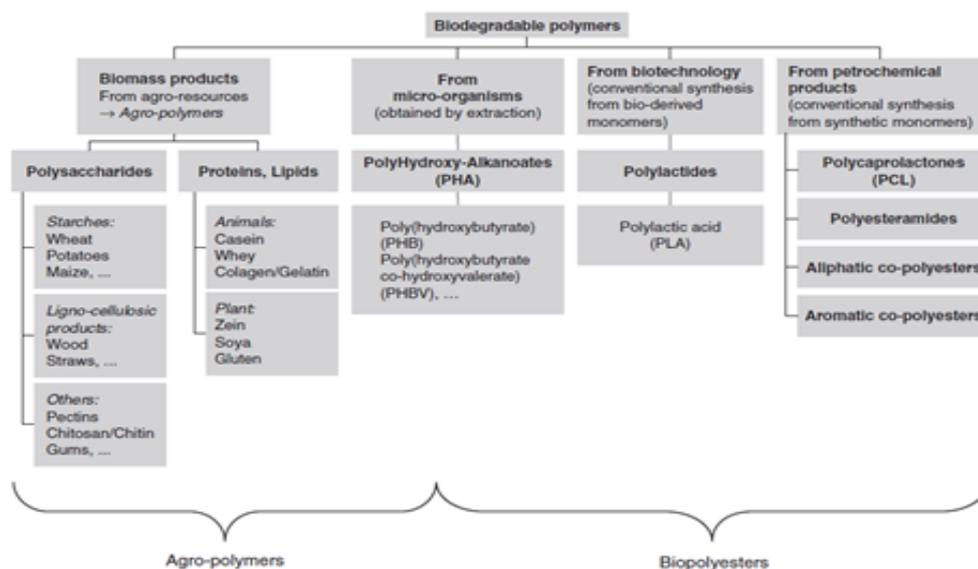
Kemudian hasil biodegradasi berupa mineral dan air akan diolah tanaman dan tanaman akan berfotosintesis. Sebagian hasil fotosintesis akan disimpan dalam bentuk cadangan makanan, salah satunya berupa umbi. Kemudian umbi tanaman diolah kembali menjadi bioplastik. Siklus ini dapat ditunjukkan dalam gambar berikut.

End products

Gambar 6. Siklus degradasi bioplastik (IBAW publication, 2005)

2.5.1 Penggolongan plastik *biodegradable*

Plastik *biodegradable* dikelompokkan ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda (Averous, 2008). Kelompok utama adalah (1) *agropolymer* yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya; dan (2) biopoliester (*biodegradable polyesters*) seperti poli asam laktat (PLA), *polyhydroxyalkanoate* (PHA), aromatik dan alifatik kopoliester. Biopolimer yang tergolong agro polimer adalah produk-produk biomassa yang diperoleh dari bahan-bahan pertanian, seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok *polyhydroxy-alkanoate* (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya *poly hydroxybutyrate* (PHB) dan *poly hydroxybutyrate co-hydroxyvalerate* (PHBV). Kelompok lain adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesis secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi, yang disebut kelompok polilaktida. Contoh polilaktida adalah poli asam laktat. Kelompok terakhir diperoleh dari produk-produk petrokimia yang disintesis secara konvensional dari monomer sintesis. Kelompok ini terdiri dari *polycaprolactones* (PCL), *polyesteramides*, *aliphatic co-polyesters* dan *aromatic co-polyesters*.



Gambar 7. Klasifikasi plastik *biodegradable* (averous, 2008)

2.5.2 Mekanisme pembentukan plastik *biodegradable*

Pada prinsipnya, pembentukan plastik *biodegradable* dari pati merupakan proses gelatinisasi molekul pati. Proses pembentukan lapisan plastik adalah suatu fenomena pembentukan gel akibat perlakuan suhu, sehingga terjadi pembentukan matriks atau jaringan (Mc Hugh dan Krochta, 1994).

Prinsip pembentukan plastik *biodegradable* berbahan dasar pati, melalui tahap-tahap berikut ini :

1. Pensuspensian bahan ke dalam pelarut

Pembentukan larutan plastik dimulai dengan mensuspensikan bahan ke dalam pelarut, misalnya air, etanol dan pelarut lain.

2. Pengaturan suhu

Pengaturan suhu mempunyai tujuan untuk mencapai suhu gelatinisasi pati, sehingga pati dapat tergelatinisasi sempurna dan diperoleh lapisan plastik yang homogen serta utuh. Gelatinisasi merupakan peristiwa pembentukan gel yang dimulai dengan hidrasi pati, yaitu penyerapan molekul-molekul air oleh molekul-molekul pati. Apabila tanpa adanya pemanasan, kemungkinan terjadi interaksi intermolekul sangat kecil, sehingga pada saat dikeringkan lapisan plastik menjadi retak. Gelatinisasi dapat terjadi apabila air melarutkan pati yang dipanaskan sampai suhu gelatinisasinya (Mc Hugh dan Krochta, 1994)

3. Penambahan *plasticizer*

Plasticizer merupakan substansi *nonvolatile* yang ditambahkan ke dalam suatu bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan atau sifat mekanik bahan tersebut (Gennadios dan Weller, 1990). Pada pembuatan plastik *biodegradable* sering ditambahkan *plasticizer* untuk mengatasi sifat rapuh plastik, sehingga akan diperoleh plastik yang kuat, fleksibel dan tidak mudah putus. Oleh karena itu, *plasticizer* merupakan komponen yang cukup besar peranannya dalam pembuatan plastik. Menurut Gontard (1993), *plasticizer* yang umum digunakan adalah gliserol, sorbitol dan poli etilen glikol (PEG). Penggunaan *plasticizer* harus sesuai dengan polimer, dan konsentrasi yang digunakan berkisar 10 – 60 % berat kering bahan dasar.

4. Pengeringan

Pengeringan dilakukan untuk menguapkan pelarut, maka akan diperoleh lembaran plastik. Suhu yang digunakan akan mempengaruhi waktu pengeringan dan kenampakan plastik yang dihasilkan

2.5.3 Sifat fisik dan mekanik plastik *biodegradable*

Beberapa sifat fisik dan mekanik plastik *biodegradable* meliputi kekuatan renggang putus, pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, kadar air dan degradabilitas plastik (Gontard, 1993).

1. Kekuatan Renggang Putus (Mpa) dan Pemanjangan (%)

Pemanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus (Krochta dan Mulder Johnston, 1997).

Menurut Krochta dan De Mulder Johnston (1997), kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang.

2. Ketebalan (mm)

Ketebalan merupakan sifat fisik yang akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil serta sifat-sifat fisik lainnya seperti *tensile strength* dan *elongasi* (Mc Hugh *et al.*, 1993). Menurut Diredja (1996), ketebalan pengemas akan mempengaruhi umur simpan produk. Apabila semakin tebal maka laju transmisi uap air dan gas akan semakin rendah. Akan tetapi, kenampakan plastik yang tebal akan memberi warna yang semakin buram atau tidak transparan dan akan mengurangi penerimaan konsumen karena produknya kurang menarik. Faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan film adalah konsentrasi padatan terlarut dalam larutan film plastik. Makin tinggi konsentrasi

padatan terlarut makin tinggi ketebalan film yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena jumlah polimer penyusun film yang mengakibatkan peningkatan ketebalan film.

3. Laju transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate*)

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area film. Laju transmisi uap air menentukan permeabilitas uap air film (Mc Hught dan Krochta, 1994).

4. Kadar air (%)

Menurut Winarno (1997), kadar air yang tinggi akan mempengaruhi keawetan bahan pangan dan mempercepat umur simpan serta memudahkan pertumbuhan mikroba. Menurut Meyer (1985), bahwa sebagian air yang terkandung dalam suatu bahan sukar dihilangkan karena terikat pada molekul-molekul lain melalui ikatan hidrogen yang berenergi besar. Metode pengukuran kadar air dalam plastik *biodegradable* dilakukan menggunakan metode gravimetri.

5. Uji biodegradabilitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui biodegradabilitas dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan metode *soil burial*. Pengujian ini berguna untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi sehingga waktu yang dibutuhkan sampel tersebut untuk diuraikan oleh mikroorganisme dalam tanah dapat diprediksi (Ardiansyah, 2011).