

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Polimer

Polimer berasal dari bahasa Yunani yaitu *Poly*, yang berarti banyak, dan *mer*, yang berarti bagian atau satuan. Ciri utama polimer yakni mempunyai rantai yang sangat panjang dan memiliki massa molekul yang sangat besar. Jika ada beberapa unit monomer yang tergabung bersama, polimer dengan berat molekul rendah disebut dengan *oligomer*. *Oligomer* berasal dari bahasa Yunani yaitu *oligos*, yang berarti beberapa. Polimer dapat ditemukan di alam ataupun dapat juga disintesis di laboratorium (Stevens, 2001).

1. Klasifikasi Polimer

Berdasarkan klasifikasinya, polimer dapat dibedakan berdasarkan asal/sumber, struktur, rantai, sifat termal, komposisi dan fase.

Berdasarkan sumbernya polimer dapat dibagi dalam polimer alam dan polimer sintetik.

(a). Polimer Alam

Polimer alam adalah polimer yang terjadi melalui proses alami. Contoh polimer alam anorganik seperti tanah liat, silika, pasir, sol-gel, siloksan.

Sedangkan contoh polimer organik alam adalah karet alam dan selulosa yang

berasal dari tumbuhan, wol dan sutera berasal dari hewan, serta asbes berasal dari mineral.

(b). Polimer Sintetik

Polimer sintetik adalah polimer yang dibuat melalui reaksi kimia seperti karet fiber, nilon, poliester, plastik polisterena dan polietilen.

Berdasarkan struktur rantainya, polimer dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

(a) Polimer rantai lurus

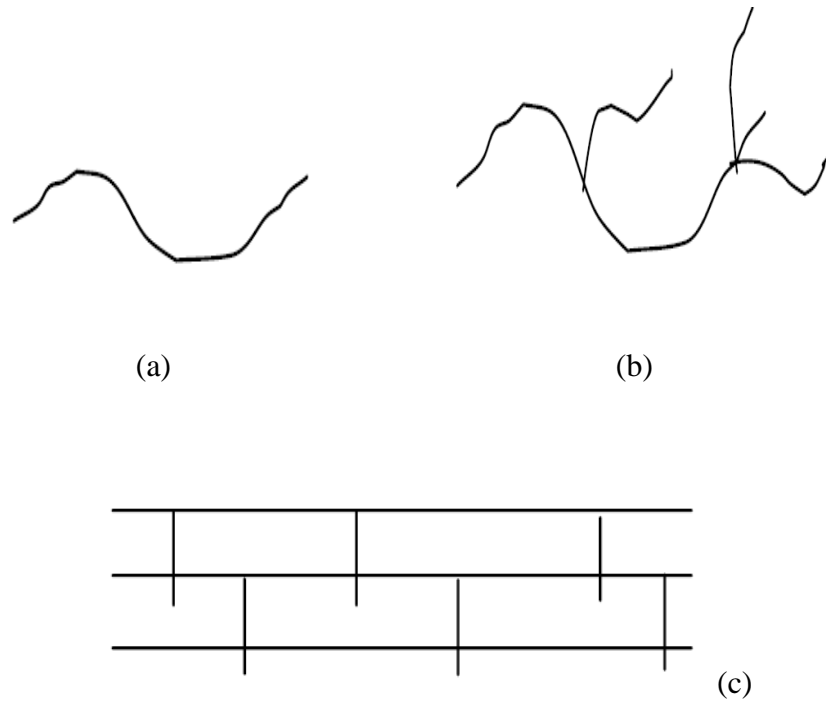
Jika pengulangan kesatuan berulang itu lurus (seperti rantai) maka molekul-molekul polimer seringkali digambarkan sebagai molekul rantai atau rantai polimer, seperti diperlihatkan pada Gambar 1(a) .

(b) Polimer bercabang

Beberapa rantai lurus atau bercabang dapat bergabung melalui sambungan silang membentuk polimer bersambung silang, seperti diperlihatkan pada Gambar 1(b).

(c) Polimer tiga dimensi atau polimer jaringan

Jika sambungan silang terjadi keberbagai arah, maka terbentuk polimer sambung-silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan, seperti diperlihatkan pada Gambar 1 (c).



Gambar 1. Struktur Polimer (a) rantai lurus, (b) bercabang, (c) tiga dimensi

Berdasarkan sifat termal polimer dibagi menjadi dua jenis yaitu:

(a) Polimer termoplastik

Polimer ini mempunyai sifat fleksibel, dapat melunak bila dipanaskan dan kaku (mengeras) bila didinginkan. Contoh: Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polivinilklorida (PVC), nilon dan Poliester.

(b) Polimer termoset

Polimer jenis ini mempunyai bobot molekul yang tinggi, tidak melunak dan sukar larut. Contoh: Polimetan sebagai bahan pengemas dan melanin formaldehida (formika).

Berdasarkan komposisinya polimer terdiri dari dua jenis yaitu:

(a) Homopolimer

Polimer yang disusun oleh satu jenis monomer dan merupakan polimer yang paling sederhana.

(b) Heteropolimer (kopolimer)

Polimer yang dibuat dari dua atau lebih monomer yang berbeda.

Terdapat beberapa jenis kopolimer yaitu:

1. Kopolimer acak yaitu sejumlah kesatuan berulang yang berbeda tersusun secara acak dalam rantai polimer.
2. Kopolimer berselang-seling yaitu beberapa kesatuan berulang yang berbeda berselang-seling adanya dalam rantai polimer.
3. Kopolimer cangkuk/graft/tempel yaitu kelompok satu macam kesatuan berulang tercangkuk pada polimer tulang punggung lurus yang mengandung hanya satu macam kesatuan berulang.

Berdasarkan fasenya, polimer terdiri dari dua jenis yaitu:

(a) Kristalin

Susunan antara rantai yang satu dengan yang lain adalah teratur dan mempunyai titik leleh (*melting point*).

(b) Amorf

Susunan antara rantai yang satu dengan yang lain orientasinya acak dan mempunyai temperatur transisi gelas.

2. Polimerisasi

Proses pembentukan polimer (polimerisasi) dibagi menjadi dua golongan, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi (Cowd, 1991).

a. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi adisi melibatkan reaksi rantai dapat berupa radikal bebas atau ion menghasilkan polimer yang memiliki atom yang sama seperti monomer dalam gugus ulangnya. Polimerisasi ini melibatkan reaksi adisi dari monomer yang memiliki ikatan rangkap. Contoh polimer ini yakni polietilen, polipropilen, polivinil klorida, dan lain-lain.

Tahapan reaksi polimerisasi adisi:

(a) Inisiasi

Pembentukan pusat aktif hasil peruraian suatu inisiator. Peruraian suatu inisiator dapat dilakukan menggunakan panas, sinar UV dan sinar gamma (radiasi).

(b) Propagasi (perambatan)

Tahapan dimana pusat aktif bereaksi dengan monomer secara adisi kontinu (berlanjut).

(c) Terminasi (pengakhiran)

Tahapan dimana pusat aktif dinonaktifkan. Penonaktifan ini dapat dilakukan dengan menggandengkan radikal atau kombinasi dan dispropionasi yang melibatkan transfer suatu atom dari satu ujung rantai ke ujung lainnya.

Oleh karena pembawa rantai dapat berupa radikal bebas atau ion, maka polimerisasi adisi selanjutnya dapat digolongkan kedalam dua golongan, yaitu polimerisasi radikal bebas dan polimerisasi ion (kation dan anion).

b. Polimerisasi Kondensasi

Polimerisasi kondensasi merupakan proses polimerisasi yang berulang secara bertahap, dari reaksi antara dua molekul bergugus fungsi banyak yang menghasilkan molekul besar disertai pelepasan molekul kecil seperti air melalui reaksi kondensasi.

Ciri-ciri polimerisasi kondensasi:

1. Berlangsung secara bertahap melalui reaksi antara pasangan-pasangan gugus fungsi ujung.
2. Berat molekul polimer bertambah secara bertahap
3. Kereaktifan suatu gugus fungsi dalam bentuk polimernya sama dengan dalam bentuknya sewaktu sebagai monomer.
4. Dapat membentuk struktur cincin, bergantung pada keluwesan gugus yang terlibat dan ukuran cincin yang terbentuk.
5. Dapat membentuk polimer bercabang atau sambung silang apabila gugus fungsi kedua monomer lebih dari dua.
6. Dalam tahap tertentu terbentuknya struktur jaringan, maka terjadi perubahan sifat polimer yang mendadak misalnya campuran reaksi berubah dari cairan menjadi bentuk gel.
7. Derajat polimerisasi dikendalikan dengan variasi waktu dan suhu.

8. Penghentian polimerisasi kondensasi dapat dilakukan dengan penambahan penghenti ujung seperti asam etanoat, penambahan salah satu monomer berlebih dan penambahan pada suhu tertentu.

B. Plastik

Plastik merupakan bahan polimer kimia yang berfungsi sebagai kemasan yang selalu digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar, karena sifatnya yang ringan dan mudah digunakan. Masalah yang timbul dari plastik yang tidak dapat terurai membutuhkan waktu yang lama untuk dapat terdegradasi menjadi H₂O dan O₂. Plastik yang umum digunakan saat ini merupakan polimer sintetik dari bahan baku minyak yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Beberapa jenis plastik yang tergolong dalam polimer sintetik sebagai berikut : PP, PE, PVC, polistiren (PS), dan polietilen tereftalat (PET). Sehingga diperlukan usaha lain dalam mengatasi sampah plastik yaitu dengan membuat plastik yang dapat terurai secara biologis (Pranamuda, 2001).

Secara umum, kemasan *biodegradable* diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Bioplastik atau plastik *biodegradable* merupakan plastik yang mudah terdegradasi atau terurai, terbuat dari bahan terbarukan seperti pati, selulosa, dan ligan atau pada hewan seperti kitosan dan kitin. Penggunaan pati-patian sebagai bahan utama pembuatan plastik memiliki potensi yang besar karena di Indonesia terdapat berbagai tanaman

penghasil pati. Bioplastik mempunyai keunggulan karena sifatnya yang dapat terurai secara biologis, sehingga tidak menjadi beban lingkungan (Dewi, 2009).

C. Poli Asam Laktat (PLA)

PLA adalah salah satu poliester alifatik yang dapat digunakan sebagai pembawa obat karena sifat *biocompatible* dan *biodegradable* yang dimilikinya. PLA dapat mengalami penguraian dengan unit monomer asam laktat sebagai intermediet alam di dalam metabolisme karbohidrat. Struktur PLA dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Struktur Poli Asam Laktat.

PLA dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu polikondensasi asam laktat dalam larutan pada kondisi tekanan atmosfer dan tekanan tereduksi dan polikondensasi asam laktat secara langsung tanpa katalis dengan suhu tinggi. Selain itu menurut (Bastioli, 2002), PLA adalah polimer hasil polimerisasi asam laktat, yang terbuat dari sumber terbarukan dari hasil fermentasi oleh bakteri atau mikroba dengan menggunakan substrat pati atau gula sederhana. PLA memiliki sifat tahan panas, kuat dan merupakan polimer yang elastik (Auras, 2002).

Tabel 1. Sifat Fisika dan Mekanik PLA

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

PLA dianggap sebagai bioplastik paling potensial untuk diaplikasikan, walaupun saat ini jumlahnya belum banyak diproduksi (Suyatna, 2007). Poli asam laktat mempunyai potensi yang sangat besar dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional. PLA bersifat termoplastik, memiliki kekuatan tarik dan modulus polimer yang tinggi, bobot molekul dapat mencapai 100.000 hingga 500.000, dan titik leleh antara 175-200 °C (Oota, 1997 dalam Hartoto dkk, 2005).

Pada umumnya PLA dipergunakan untuk mengganti bahan yang transparan dengan densitas dan harga tinggi. Bahan plastik yang digantikan dari jenis PET (1.4 g/cc, 1.4 USD/kg), PVC lentur (1.3 g/cc, 1 USD/kg) dan selofan film. Dibanding PP (0.9 g/cc, 0.7 USD/kg) dan HIPS (1.05 g/cc, 1 USD/kg), PLA dapat dikatakan kurang menguntungkan, namun mempunyai kelebihan lain yaitu ramah lingkungan. PP dan HIPS berasal dari minyak bumi dan jika dibakar akan menimbulkan efek pemanasan global (Batelheo *et al.*, 2004).

Menurut Batelheo *et al.*, (2004), kelebihan PLA dibandingkan dengan plastik yang terbuat dari minyak bumi adalah:

- a. *Biodegradable*, artinya PLA dapat diuraikan secara alami di lingkungan oleh mikroorganisme.

- b. *Biocompatible*, dimana pada kondisi normal, jenis plastik ini dapat diterima oleh sel atau jaringan biologi.
- c. Dihasilkan dari bahan yang dapat diperbaharui.
- d. *Recyclable*, melalui hidrolisis asam laktat dapat diperoleh dan digunakan kembali untuk aplikasi yang berbeda atau bisa digabungkan untuk menghasilkan produk lain.
- e. Tidak menggunakan pelarut organik/bersifat racun dalam memproduksi PLA.
- f. Dapat dibakar sempurna dan menghasilkan gas CO₂ dan air.

D. Gliserol

Gliserol adalah salah satu senyawa alkil trihidroksi (Propra -1, 2, 3- triol) CH₂OHCHOHCH₂OH. Banyak ditemui hampir di semua lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliserin dari asam palmitat, oleat, stearat dan asam lemak lainnya. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20 °C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290 °C gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol. Oleh karena itu gliserol merupakan pelarut yang baik.

Senyawa ini bermanfaat sebagai anti beku (*anti freeze*) dan juga merupakan senyawa yang higroskopis sehingga banyak digunakan untuk mencegah

kekeringan pada tembakau, pembuatan parfum, tita, kosmetik, makanan dan minuman lainnya (Yusmarlela, 2009).

E. *Starch / Pati*

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Winarno, 1984). 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).

Derajat polimerisasi dari amilosa berkisar antara 500-6000 unit glukosa, sedangkan dari amilopektin yaitu tergantung dari sumbernya dan molekul dengan rantai cabang yang sangat banyak dengan derajat polimerisasi (DP) berkisar antara 10^5 sampai 3×10^6 unit glukosa (Jacobs and Delcour, 1998).

Gambar 3. Struktur Amilosa.

Amilosa merupakan bagian rantai lurus yang dapat memutar dan membentuk daerah sulur ganda. Pada permukaan luar amilosa sulur tunggal terdapat hidrogen

yang berikatan dengan atom O-2 dan O-6. Rantai lurus amilosa yang membentuk sulur ganda kristal ini tahan terhadap *amilase*. Ikatan hidrogen inter dan intra sulur mengakibatkan terbentuknya struktur hidrofobik dengan kelarutan yang rendah. Oleh karena itu, sulur tunggal amilosa mirip dengan siklodekstrin yang bersifat hidrofobik pada permukaan dalamnya (Chaplin, 2002).

Pada struktur granula pati, amilosa dan amilopektin ini tersusun dalam suatu cincin-cincin. Jumlah cincin dalam suatu granula kurang lebih berjumlah 16, ada yang merupakan cincin lapisan amorf dan cincin yang merupakan lapisan semikristal (Hustiany, 2006). Amilosa merupakan fraksi gerak, yang artinya dalam granula pati letaknya tidak pada satu tempat, tergantung dari jenis pati. Secara umum amilosa terletak diantara molekul-molekul amilopektin dan secara acak berada selang-seling diantara daerah amorf dan kristal (Oates, 1997).

Gambar 4. Struktur Amilopektin.

Amilopektin ketika dipanaskan di dalam air membentuk suatu lapisan yang transparan, larutan dengan viskositas yang tinggi dan berbentuk lapisan-lapisan

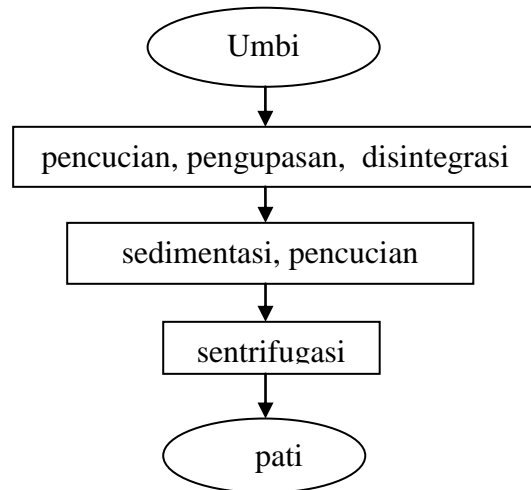
seperti untaian tali. Tidak cenderung terjadi retrogradasi dan tidak membentuk gel, kecuali pada konsentrasi yang tinggi (Belitz and Grosch, 1999). Selain itu didalam pati juga ditemukan komponen lain dalam jumlah yang sedikit, yaitu lipida (sekitar 1%), protein, fosfor dan mineral-mineral (Jacobs and Delcour, 1998). Bagian lipida ada yang berikatan dengan amilosa dan ada yang bebas (Belitz and Grosch, 1999).

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).

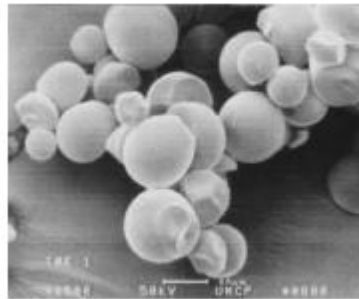
Diagram alir ekstraksi pati dari umbi akar dapat dilihat pada Gambar 5. Pati singkong mengandung 83% amilopektin yang mengakibatkan pasta yang terbentuk menjadi bening dan kecil kemungkinan untuk terjadi retrogradasi (Friedman, 1950; Gliksman, 1969 dikutip Odigboh, 1983 dalam Chan, 1983).

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 62-73⁰C, sedangkan suhu pembentukan pasta pada 63⁰C. Menurut Santoso, Saputra, dan Pambayun (2004), pati singkong

relatif mudah didapat dan harganya yang murah. Bentuk granula pati singkong dapat dilihat pada Gambar 6 (Liu, 2005 dalam Ciu, 2005).



Gambar 5. Diagram Alir Ekstraksi Pati dari Mulai Akar



Gambar 6. Granula Pati Singkong

(Niba, 2006 dalam Hui, 2006)

F. Campuran Polimer Alam – Polimer Sintetik

Penelitian penggunaan bahan pengisi pati dalam pembuatan film PLA sudah banyak dilakukan, misalnya Sun (2001) melaporkan pembuatan film PLA dengan campuran pati gandum, dan Liu *et al.*, (2005) yang mencampurkan dengan bubur gula bit. Selain itu, sebelumnya juga telah dilakukan penelitian mengenai campuran polimer alam dan polimer sintetik, diantaranya

1. Campuran Polistirena

Campuran stirena monomer, Etil Benzena, Polibutadiena dan inisiator Benzoin Peroksida dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) yang berupa tangki berpengaduk. Sebagai pendingin digunakan air yang masuk pada suhu 30 °C dan keluar pada suhu 45 °C. Kondisi operasi dalam reaktor dipertahankan pada suhu 137 °C dan tekanan 1 atm selama 7,6 jam untuk mencapai konversi sebesar 85%.

2. Campuran Pati - Poli Vinil Alkohol (Lawton *et al.*, 1996)

Pada penelitian ini diketahui bahwa pada saat pengeringan terjadi pemisahan fasa diantara kedua bahan, sehingga diperlukan suatu materi untuk memperbaiki kompatibilitas campuran kedua bahan.

3. Campuran Pati – Poli Asam Laktat (Sun *et al.*, 2001)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kompatibilitas campuran dan menekan harga produksi plastik biodegradabel.

4. Campuran Kitosan – Poli Vinil Alkohol.

Pada penelitian ini dilakukan variasi pelarut terhadap campuran kitosan-PVA. Pelarut yang digunakan yaitu asam asetat, asam format, asam sitrat dan asam malat.

5. Campuran Kitosan – Poli Asam Laktat

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi sensitivitas kitosan terhadap kelembaban dan juga dilakukan uji penyerapan air pada campuran tersebut (Suyatna *et al.*, 2001). Selain itu Damayanti (2010) melaporkan Perbedaan komposisi konsentrasi kitosan terhadap PLA berpengaruh pada kekuatan dan kelenturan film plastik yang dihasilkan.

6. Campuran Poli Asam Laktat dan Polisterena (Mohamed *et al.*, 2006)

Penelitian ini untuk mempelajari interaksi antara campuran poli asam laktat dan polisterena. Hasil yang didapat adalah campuran polistirena dan poli asam laktat menghasilkan campuran yang baik dengan kemantapan suhu saat mencapai puncak pelelehan.

7. Campuran Polietolen dengan Poligliserol Asetat (Rafli, 2008)

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat kerja poligliserol asetat sebagai plastisasi dalam matriks polietilen. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini blm terjadi proses esterifikasi secara maksimum saat proses blending karena metode pelarutan bahan yang kurang tepat.

G. *Plasticizer* Polimer

Pembuatan film layak makan dari pati (*starch*) memerlukan campuran bahan aditif untuk mendapatkan sifat mekanis yang lunak, ulet dan kuat. Untuk itu perlu ditambahkan suatu zat cair/padat agar meningkatkan sifat plastisitasnya. Proses ini dikenal dengan plastisasi, sedang zat yang ditambah disebut pemlastis. Di samping itu pemlastis dapat pula meningkatkan elastisitas bahan, membuat lebih tahan beku dan menurunkan suhu alir, sehingga pemlastis kadang-kadang disebut

juga dengan ekastikator antibeku atau pelembut. Jelaslah bahwa plastisasi akan mempengaruhi semua sifat fisik dan mekanisme film seperti kekuatan tarik, elastisitas kekerasan, sifat listrik, suhu alir, suhu transisi kaca dan sebagainya. Adapun pemplastis yang digunakan adalah gliserol, karena gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya mudah diperoleh, dapat diperbaharui dan juga akrab dengan lingkungan karena mudah terdegradasi dalam alam. Proses plastisasi pada prinsipnya adalah dispersi molekul pemlastis kedalam fase polimer. Jika pemlastis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer pemlastis yang disebut dengan kompatibel.

Sifat fisik dan mekanis polimer-terplastisasi yang kompatibel ini akan merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi pemlastis yang masing-masing komponen dalam sistem. Bila antara pemlastis dengan polimer tidak terjadi pencampuran koloid yang tak mantap (polimer dan pemlastis tidak kompatibel) dan menghasilkan sifat fisik polimer yang berkualitas rendah. Karena itu, ramalan karakteristik polimer yang terplastisasi dapat dilakukan dengan variasi komposisi pemlastis (Yusmarlela, 2009).

Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat affinitas kedua komponen, jika affinitas polimer-pemlastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemlastis hanya terdistribusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur. Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat, maka molekul pemlastis akan terdifusi kedalam rantai polimer menghasilkan plastisasi infrastruktur intra bundle. Dalam

hal ini molekul pemlastis akan berada diantara rantai polimer dan mempengaruhi mobilitas rantai yang dapat meningkatkan plastisasi sampai batas kompatibilitas rantai yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistem yang heterogen dan plastisasi berlebihan, sehingga plastisasi tidak efisien lagi (Wirjosentono, 1995).

H. Karakterisasi

1. *Spectrofotometry Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spectrofotometry FTIR merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} . Radiasi elektromagnetik dikemukakan pertama kali oleh *James Clark Maxwell*, yang menyatakan bahwa cahaya secara fisis merupakan gelombang elektromagnetik, artinya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik yang keduanya saling tegak lurus dengan arah rambatan.

Pada dasarnya Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah sama dengan Spektrofotometer IR dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistim optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh. Dasar pemikiran dari Spektrofotometer FTIR adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis.

Pada sistem optik FTIR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*Tetra Glycerine Sulphate*) atau MCT (*Mercury Cadmium Telluride*). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi infra merah.

Vibrasi yang digunakan untuk identifikasi adalah vibrasi tekuk, khususnya vibrasi *rocking* (goyangan), yaitu yang berada di daerah bilangan gelombang 2000 – 400 cm^{-1} . Karena di daerah antara 4000 – 2000 cm^{-1} merupakan daerah yang khusus yang berguna untuk identifikasi gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh vibrasi regangan. Sedangkan daerah antara 2000 – 400 cm^{-1} seringkali sangat rumit, karena vibrasi regangan maupun bengkokan mengakibatkan absorpsi pada daerah tersebut. Dalam daerah 2000 – 400 cm^{-1} tiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik, sehingga daerah tersebut sering juga disebut sebagai daerah sidik jari (*fingerprint region*). Meskipun pada daerah 4000 – 2000 cm^{-1} menunjukkan absorpsi yang sama, pada daerah 2000 – 400 cm^{-1} juga harus menunjukkan pola yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa dua senyawa adalah sama.

Secara keseluruhan, analisis menggunakan Spektrofotometer FTIR memiliki dua kelebihan utama dibandingkan metoda konvensional lainnya, yaitu :

1. Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat daripada menggunakan cara sekuensial atau *scanning*.
2. Sensitifitas dari metode Spektrofotometri FTIR lebih besar daripada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistim detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (*slitless*) (Hsu, 1994).

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah suatu instrumen yang menghasilkan seberkas elektron pada permukaan spesimen target dan mengumpulkan serta menampilkan sinyal-sinyal yang diberikan oleh material target. Pada prinsipnya SEM terdiri dari kolom elektron (*electron coloum*), ruang sampel (*specimen chamber*), sistem vakum (*vacum system*). Penggunaan alat SEM dalam morfologi kopolimer telah dikembangkan secara luas. Prinsip analisis menggunakan SEM dengan alat sinyal elektron sekunder.

Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu film konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang digunakan dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk menghasilkan sinyal. Sinyal ini digunakan untuk mengatur intensitas elektron pada suatu tabung televisi yang diarahkan serentak dengan sinar dari mikroskop. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi

elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur dan distribusinya, dan morfologi dari permukaan bahan (Wu dalam Annisa, 2007). Teknik SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Gambar topografi diperoleh dengan penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh specimen.

3. *Difference Scanning Calorimetry (DSC)*

DSC merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisa dan mengukur perbedaan kalor yang masuk ke dalam sampel dan referensi sebagai pembandingnya. Teknik DSC merupakan ukuran panas dan suhu peralihan dan paling berguna dari segi termodinamika kimia karena semua perubahan kimia atau fisik melibatkan entalpi dan entropi yang merupakan satu fungsi keadaan. Teknik DSC dengan aliran panas dari sampel tertentu adalah ukuran sebagai fungsi suhu atau massa.

Di dalam alat DSC terdapat dua *heater*, dimana di atasnya diletakkan wadah sampel yang diisi dengan sampel dalam wadah kosong. Wadah tersebut biasanya terbuat dari aluminium. Komputer akan memerintahkan *heater* untuk meningkatkan suhu dengan kecepatan tertentu, biasanya 10°C per menit. Komputer juga memastikan bahwa peningkatan suhu pada kedua *heater* berjalan bersamaan (Widiarto, 2005).

Analisa DSC digunakan untuk mempelajari transisi fase, seperti *melting*, suhu *transisi glass* (T_g), atau dekomposisi eksotermik, serta untuk menganalisa kestabilan terhadap oksidasi dan kapasitas panas suatu bahan. Temperatur *transisi glass* (T_g) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur *transisi glassnya* maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet (Widiarto, 2005).