

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

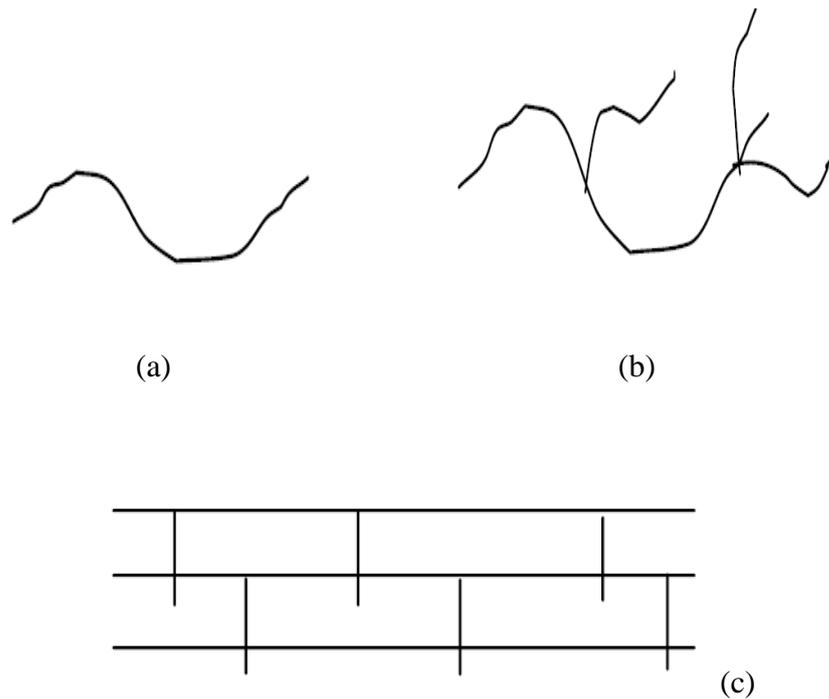
Jika pengulangan kesatuan berulang itu lurus (seperti rantai) maka molekul-molekul polimer seringkali digambarkan sebagai molekul rantai atau rantai polimer, seperti diperlihatkan pada Gambar 1(a) .

(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 lentur (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) 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 atau penghentian ujung rantai.

B. Plastik

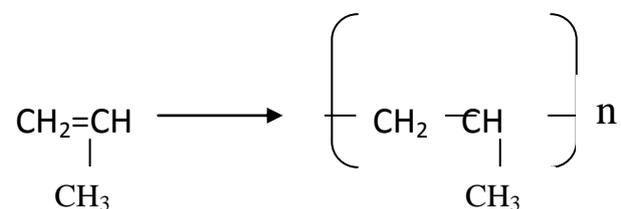
Plastik merupakan bahan polimer kimia yang berfungsi sebagai kemasan yang selalu digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar, karena sifatnya yang ringan dan mudah digunakan. Masalah yang timbul dari plastik yang tidak 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: polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorida (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. Polipropilena (PP)

Polimer didefinisikan sebagai suatu molekul yang besar yang terdiri atas susunan ulang unit kimia yang kecil dan sederhana yang disebut monomer. Monomer polipropilena ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$) diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. Polipropilena ($(\text{CH}_2-\text{CHCH}_3)_n$) merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan (Billmeyer, 1971). Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk kedalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Struktur molekul propilena disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur polipropilen

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90-0,92, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilena memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*)

walaupun pada temperatur tinggi. Kerapuhan polipropilen di bawah 0 °C dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi (Gachter, 1990). Karakteristik sifat fisik dari polipropilen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik polipropilen

Sifat Fisik	Nilai
Indeks bias	1,49
<i>Tensile Strenght</i> (psi)	4300-5500
<i>Elongation</i> (%)	200-700
<i>Impact strength</i> (ft-lb)	0,5-2,0
Densitas (g/cm ³)	0,855
Titik leleh (°C)	160

Sumber : (Matthias, 2007).

Plastik polipropilen merupakan salah satu plastik konvensional (*non biodegradable*) yang paling sering digunakan saat ini. Hal ini dikarenakan selain harganya yang relatif murah dan proses produksi yang relatif mudah. Plastik polipropilen ini juga memiliki kesetimbangan sifat mekanik dan termal yang cukup baik. Plastik jenis ini memiliki permukaan yang tidak rata, seringkali lebih kaku daripada beberapa plastik yang lain dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan baik. Plastik polipropilen memiliki permukaan bening tapi tidak setransparan plastik polistirena, akrilik maupun plastik tertentu lainnya (Cowd, 1991).

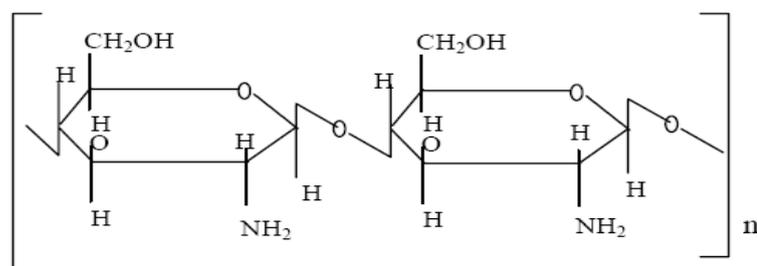
D. Kitosan

Kitosan merupakan salah satu material yang mempunyai karakter dan fungsi yang signifikan secara kimia. Kitosan berasal dari kitin yang bersal dari kulit-kulit *crustaceae*. Pada *crustaceae* seperti kulit udang mengandung 20 – 30% kitin dan kulit kepiting mengandung 15 – 20% kitin (Alimuniar dan Zainuddin, 1992) dan juga kulit cumi-cumi 97,20% (Agusnar, 2006).

Kitosan adalah suatu biopolimer dari D-glukosamin yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin dengan menggunakan alkali kuat (Kurita, 1998). Oligomer kitosan merupakan produk termahal yang dihasilkan dengan iradiasi *sonic*, *hydrodynamic shearing*, dan hidrolisis secara kimia. Akan tetapi cara-cara tersebut menghasilkan oligomer dengan derajat polimerisasi yang rendah.

Kitosan merupakan biopolimer yang bersifat hidrophilik dengan gugus aktif amina dan hidroksida yang berpotensi untuk berikatan dengan senyawa lain.

Berdasarkan pembuatannya kitosan berasal dari sebagian besar gugus asetil dan amida pada kitin yang disubtitusi oleh hidrogen dengan penambahan larutan basa kuat konsentrasi tinggi menjadi amino (Somashekar and Josep, 1996).



Gambar 3. Struktur Kitosan

Kitosan berbentuk serat atau seperti lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, dan tidak berbau. Kitosan dapat larut dalam larutan asam seperti asam asetat dan menjadi polimer kationik karena protonasi gugus amino pada cincin piranosa yang terletak pada atom C-2. Kitosan juga larut dalam asam format, sitrat, piruvat, dan laktat, tetapi tidak larut dalam air, larutan basa kuat, asam sulfat, dan beberapa pelarut organik, seperti alkohol, aseton, dimetilformida, dan dimetilsulfoksida (Peter, 1995). Kitosan merupakan biopolimer yang bersifat hidrofilik dengan gugus aktif amin dan hidroksida yang berpotensi untuk berikatan dengan senyawa lain (Don *et al.*, 2002), polisakarida bermuatan positif dengan nilai pKa sekitar 6,3– 7. Kitosan mempunyai berat molekul $1,2 \times 10^5$. Sifat biologi kitosan adalah biocompatible, yaitu tidak mempunyai akibat samping, tidak beracun, tidak dapat dicerna, dan mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*), dapat berikatan dengan sel mamalia dan mikroba secara agresif, mampu meningkatkan pembentukan yang berperan dalam pembentukan tulang, bersifat hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolestrol, dan bersifat sebagai depresan pada sistem saraf pusat (Mekawati dkk, 2000). Selain itu juga, kitosan banyak digunakan di berbagai industri kimia, antara lain dipakai sebagai koagulan dalam pengolahan limbah air, bahan pelembab, pelapis benih yang akan ditanam, adsorben ion logam, komponen tambahan pakan ternak, sebagai lensa kontak, pelarut lemak, dan pengawet makanan (Majeti, 2000). Kitin yang terkandung dalam cangkang *crustacea* tersebut dapat diproses lebih lanjut menghasilkan kitosan yang mempunyai banyak manfaat di bidang industri.

Isolasi kitosan meliputi tiga tahap, yaitu: deproteinasi yang merupakan proses pemisahan protein dari cangkang rajungan, demineralisasi yang merupakan proses pemisahan mineral, depigmentasi yang merupakan proses penghilangan warna pada kitin yang terdiri atas karotenoid dan astakantin, dan kitin merupakan prekursor kitosan yang dapat diperoleh melalui proses deasetilasi yang merupakan proses penghilangan gugus asetil dari kitin menjadi kitosan.

1. Deproteinasi

Deproteinasi adalah tahap penghilangan protein. Dengan perlakuan ini, protein yang merupakan salah satu penyusun cangkang rajungan yang terikat secara kovalen dengan kitin akan terlepas dan membentuk Na-proteinat yang dapat larut (Suhardi, 1992).

2. Demineralisasi

Mineral utama yang terkandung dalam cangkang rajungan adalah kalsium karbonat (CaCO_3) yang berikatan secara fisik dengan kitin. Cangkang rajungan mengandung mineral yang beratnya mencapai 40-60% berat kering. Maka, dalam proses pemurnian kitin, demineralisasi penting untuk dilakukan. Demineralisasi dapat dilakukan dengan mudah melalui perlakuan dalam asam klorida (HCl) encer pada suhu kamar (Suhardi, 1992).

3. Depigmentasi

Depigmentasi merupakan tahap penghilangan warna yang sebenarnya telah mulai hilang pada pencucian yang dilakukan setelah proses deproteinasi dan

demineralisasi. Proses ini dilakukan dengan penambahan etanol. Etanol dapat mereduksi karotenoid dan astakantin dari kitin. Dapat juga dilakukan proses pemutihan (*bleaching*) menggunakan agen pemutih berupa natrium hipoklorit (NaOCl) atau peroksida (Suhardi, 1992), jika diinginkan penambahan warna putih.

4. Deasetilasi

Deasetilasi kitin merupakan proses penghilangan gugus asetil dari kitin menjadi kitosan. Perlakuan yang diberikan adalah pemberian larutan NaOH konsentrasi tinggi pada suhu tinggi, yang dapat menghasilkan produk yang hampir seluruhnya mengalami deasetilasi. Kitosan secara komersial diproduksi secara kimiawi dengan melarutkan kitin dalam 60% larutan NaOH (Hirano, 1986).

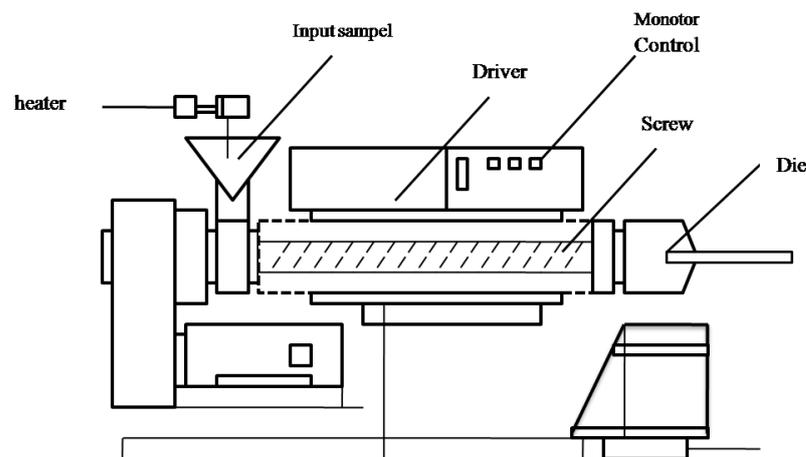
E. Gliserol

Gliserol adalah salah satu senyawa alkil trihidroksi (Propa -1, 2, 3-triol) $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Gliserol banyak ditemui hampir disemua lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliserin dari asam palmitat, oleat, stearat dan asam lemak lainnya (Austin, 1985). 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, pemnuatan parfum, tinta, kosmetik, makanan dan minuman lainnya (Yusmarlela, 2009).

F. Extruder

Ekstrusi adalah proses pada pelelehan material plastik akibat panas dari luar/panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke *die* oleh *screw* yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Proses ekstrusi adalah proses kontinu yang menghasilkan beberapa produk seperti, film plastik, tali rafia, pipa, peletan, lembaran plastik, fiber, filamen, selubung kabel dan beberapa produk dapat juga dibentuk (Hartomo, 1993). *Extruder* adalah mesin yang terdiri dari *hopper*, *barrel screw* dan *die*. Gambar *extruder* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Komponen *Extruder* (Rowendal, 2000).

Dalam ekstruder *Pellet plastic* atau serpihan (resin) yang berasal dari sepanjang *hopper* dimasukkan kedalam *screw* melalui *barrel chamber*. Resin bergerak sepanjang barrel yang berputar, hal ini memberikan gesekan, tekanan dan daerah panas. Hasilnya resin akan meleleh dan selanjutnya akan keluar melalui *screw* yang berfungsi untuk mencampurkan lelehan yang menjadi homogen. Lelehan

akan memasuki ruang yang dirancang untuk memastikan aliran merata yang mengalir pada *die*. Pada *die* juga terdapat filter yang berfungsi mencegah partikel atau benda asing melalui *die*. Pada ekstruder untuk melelehkan serpihan plastik digunakan pemanas atau *heater* yang memiliki suhu ± 230 °C (Rowendal, 2000).

Bagian-bagian dari mesin Extruder:

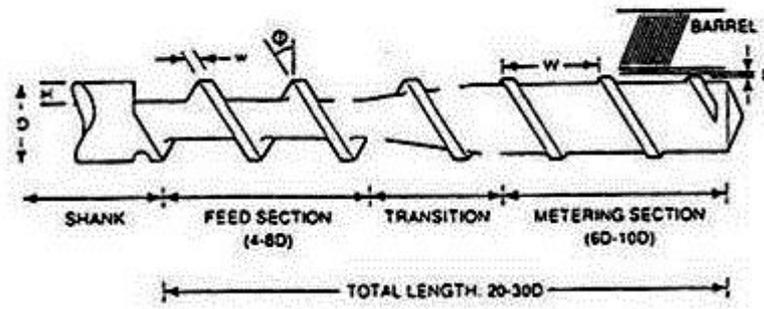
1. *Hopper*

Semua *extruder* pasti mempunyai masukan untuk bahan biji/pellet plastik yang melalui lubang yang nantinya mengalir dalam dinding *extruder* tersebut, *hopper* biasanya terbuat dari lembaran baja atau stainless steel yang berbentuk untuk menampung sejumlah bahan pelet plastik untuk stock beberapa jam pemrosesan.

Hopper ada yang disediakan pemanas awal jika diperlukan proses pellet yang memerlukan pemanasan awal sebelum pellet memasuki *extruder*.

2. *Screw*

Screw adalah jantungnya *extruder*, *screw* mengalirkan polimer yang telah meleleh ke kepala *die* setelah mengalami proses pencampuran dan homogenisasi pada lelehan polimer tersebut.



Gambar 5. Parameter *Screw* (Rowendal, 2000).

Ada beberapa pertimbangan dalam mendesign sebuah untuk *screw* jenis material tertentu, yang paling penting adalah *depth of chanel* (kedalaman kanal).

Meskipun *screw* itu mempunyai fungsi sama secara umum, alangkah baiknya merancang disesuaikan dengan tipe material yang dipakai untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

3. *Type Screw Barrier* (2 ulir)

Pada kasus-kasus tertentu atau permintaan design khusus, *screw* tidak dapat menyelesaikan proses leleh secara sempurna. Jadi dalam kasus tertentu *extruder* berisi material plastik yang belum leleh, ini dapat di cegah dengan membuat *screw* ulir kedua (*barrier*) pada kanal. *Barrier* ini dapat memotong dan memaksa hanya plastik yang leleh bisa lewat.



Gambar 6. Tipe *Srew Barrier* (Rowendal, 2000).

4. Kepala *Mixing*

Daerah metering pada *screw* standar tidak mempunyai pencampuran yang baik.

Aliran lapisan-lapisan halus plastik berjalan secara tetap pada dalam *screw*.

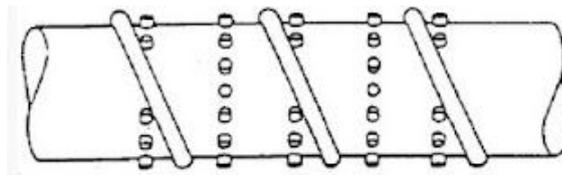
Sehingga jika ada lapisan yang tidak sama tidak akan bercampur dengan baik,

kepala *mixer* dibuat pada *screw* agar dapat mencampur antar lapisan tersebut

sehingga lebih merata dan homogen. *Pin mixer (dupon mixer)* adalah sampel

mixer yang menggunakan pin dengan gesekan rendah, alat ini mudah di pasang

pada *screw* yang ada untuk meningkatkan *performance* dari *screw*.



Gambar 7. *Dupon Mixer* (Rowendal, 2000).

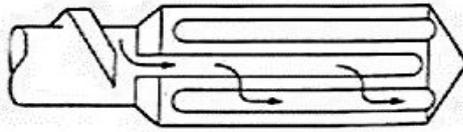
Mixer adalah *maddock (Union Carbide) dam egan*, *mixer* jenis ini beroperasi pada

lelehan material dengan gaya gesek tinggi sehingga dapat lebih sempurna

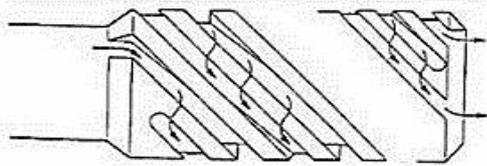
percampurannya. *Mixer maddock* cara kerja operasi seperti *screw type barrier*,

putarannya mengakibatkan material bergerak maju dan tertekan sehingga

membantu material lebih homogen.



Gambar 8. *Maddock Mixer* (Rowendal, 2000).



Gambar 9. *Egan Mixer* (Rowendal, 2000).

5. *Breaker Plate/Screen Park* (saringan)

Breker plate dengan saringan dimasukkan kedalam adapter, yang mana menghubungkan antara ujung *extruder* dan pangkal *die*. Peralatan ini mempunyai Beberapa fungsi sebagai berikut :

- a. Meredam putaran rotasional lelehan dan dirubah menjadi searah
- b. Memperbaiki homogenisasi dengan memecah dan menggabungkan lagi
- c. Memperbaiki *mixing* dengan meningkatnya tekanan balik
- d. Menghilangkan kotoran dan material tidak leleh
- e. Saringan dibuat beberapa lapis dan tiap lapis mempunyai perbedaan mesh, saringan paling kasar sebagai penopang diletakkan menghadap breker plate kemudian ke yang paling halus terakhir

G. Karakterisasi

1. Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektrofotometri Infra Merah 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 sistem 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 frekwensi 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 absorbs 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.

Pada analisis dengan spektrofotometer FTIR diharapkan terlihat pita serapan melebar dengan intensitas kuat pada daerah 3500-3000 cm^{-1} yang menunjukkan karakteristik vibrasi ulur OH, pita serapan diatas 3300 cm^{-1} yang menunjukkan karakteristik vibrasi ulur NH amina. Pita serapan lainnya yang menunjukkan

adanya vibrasi NH amina yaitu pada daerah $1650\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi tekuk NH_2 (amina primer), diharapkan muncul pita serapan pada daerah $1250\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur CN, pita serapan pada daerah $3000\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan karakteristik vibrasi ulur CH, pita serapan lainnya pada daerah $1470\text{-}1350\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi tekuk CH, dan pita serapan pada daerah $1250\text{-}970\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi tekuk C-O.

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 metoda 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. *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 alumunium. Komputer akan memerintahkan *heater* untuk meningkatkan suhu dengan kecepatan tertentu, biasanya 10 °C per mernit. Komputer juga memastikan bahwa peningkatn suhu pada kedua *heater* berjalan bersamaan (Widiarto, 2005).

Analisa DSC digunakan untuk mempelajari transisi fase, seperti melting, suhu transisi glass (Tg), atau dekomposisi eksotermik, serta untuk menganalisa kestabilan terhadap oksidasi dan kapasitas panas suatu bahan. Temperatur transisi gelas (Tg) 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 (Wunderlich, 2005).

3. *Differential Thermal Analysis / Thermogravimetric Analysis (DTA/TGA)*

Differential Thermal Analysis (DTA) adalah suatu teknik analisis termal dimana perubahan material diukur sebagai fungsi temperatur. DTA digunakan untuk mempelajari sifat thermal dan perubahan fasa akibat perubahan entalpi dari suatu material. Selain itu, kurva DTA dapat digunakan sebagai *finger print* material sehingga dapat digunakan untuk analisis kualitatif. Metode ini mempunyai kelebihan antara lain instrument dapat digunakan pada suhu tinggi, bentuk dan

volume sampel yang fleksibel, serta dapat menentukan suhu reaksi dan suhu transisi sampel (Steven, 2001).

Prinsip analisis DTA adalah pengukuran perbedaan temperatur yang terjadi antara material sampel dan pembanding sebagai hasil dari reaksi dekomposisi. Sampel adalah material yang akan dianalisis, sedangkan material referensi adalah material dengan substansi yang diketahui dan tidak aktif secara termal. Dengan menggunakan DTA, material akan dipanaskan pada suhu tinggi dan mengalami reaksi dekomposisi. Dekomposisi material ini diamati dalam bentuk kurva DTA sebagai fungsi temperatur yang diplot terhadap waktu. Reaksi dekomposisi dipengaruhi oleh efek spesi lain, rasio ukuran dan volume, serta komposisi materi. Suhu dari sampel dan pembanding pada awalnya sama sampai terdapat kejadian yang mengakibatkan perubahan suhu seperti pelelehan, penguraian, atau perubahan struktur kristal sehingga suhu pada sampel berbeda dengan pembanding. Bila suhu sampel lebih tinggi daripada suhu pembanding maka perubahan yang terjadi adalah eksotermal. Begitu pula sebaliknya, bila suhu sampel lebih rendah daripada suhu pembanding maka perubahan yang terjadi disebut endotermal (Stevens, 2001).

Umumnya, DTA digunakan pada range suhu 190 - 1600 °C. Sampel yang digunakan sedikit, hanya beberapa miligram. Hal ini dilakukan untuk mengurangi masalah gradien termal akibat sampel terlalu banyak yang menyebabkan berkurangnya sensitivitas dan akurasi instrumen.

Thermogravimetric Analysis (TGA) adalah suatu teknik analitik untuk menentukan stabilitas termal suatu material dan fraksi komponen *volatile* dengan

menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan perubahan temperatur. Seperti analisis ketepatan yang tinggi pada tiga pengukuran: berat, temperatur, dan perubahan temperatur. Suatu kurva hilangnya berat dapat digunakan untuk mengetahui titik hilangnya berat (Stevens, 2001).

TGA biasanya digunakan riset dan pengujian untuk menentukan karakteristik material seperti polymer, untuk menentukan penurunan temperatur, kandungan material yang diserap, komponen anorganik dan organik di dalam material, dekomposisi bahan yang mudah meledak, dan residu bahan pelarut. TGA juga sering digunakan untuk kinetika korosi pada oksidasi temperatur tinggi.

Pengukuran TGA dilakukan diudara atau pada atmosfer yang inert, seperti Helium atau Argon, dan berat yang dihasilkan sebagai fungsi dari kenaikan temperatur. Pengukuran dapat juga dilakukan pada atmosfer oksigen (1-5% O₂ di dalam N₂ atau He) untuk melambatkan oksidasi (Stevens, 2001).