



BAB II

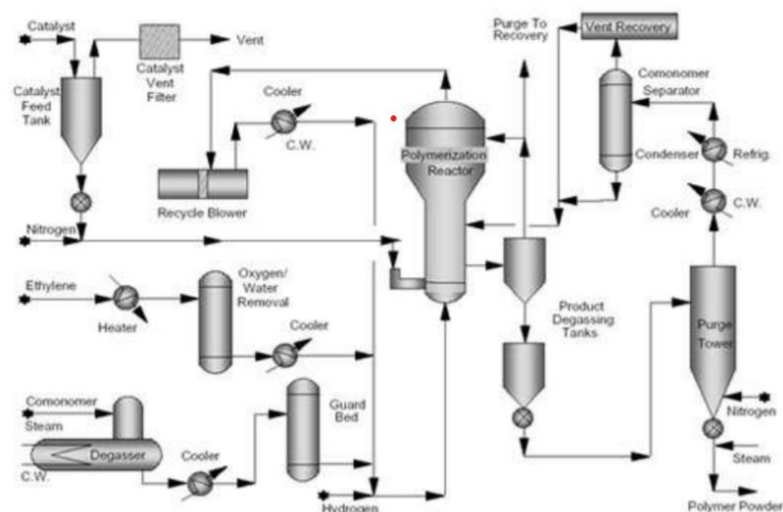
URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Ada beberapa cara atau proses yang dapat dilakukan untuk mendapatkan Linear low density polyethylene (LLDPE). Beberapa cara diantaranya adalah *Linear low density polyethylene* (LLDPE), proses utamanya yaitu fase gas (*gas phase*), polimerisasi larutan (*solution polymerization*), dan polimerisasi suspensi (*Slurry Polymerization*).

1. Fase Gas (*Gas Phase*)

Proses pembuatan polietilen menggunakan fase gas yang biasa dikenal ialah proses Unipol dari Union Carbide Corporation. Pada proses ini, tipe reaktor yang digunakan adalah fluidized bed reactor. Kondisi reaksi dalam fluidized bed reactor diatur pada temperatur 80-100 °C, tergantung pada densitas produk yang diinginkan. Sedangkan untuk tekanan proses berkisar antara 0,7 sampai 2 MPa. Banyak reaktor fluidized bed yang telah dibuat sebagai dual-purpose plants 19 yang mampu memproduksi baik LLDPE maupun HDPE tergantung permintaan pasar.

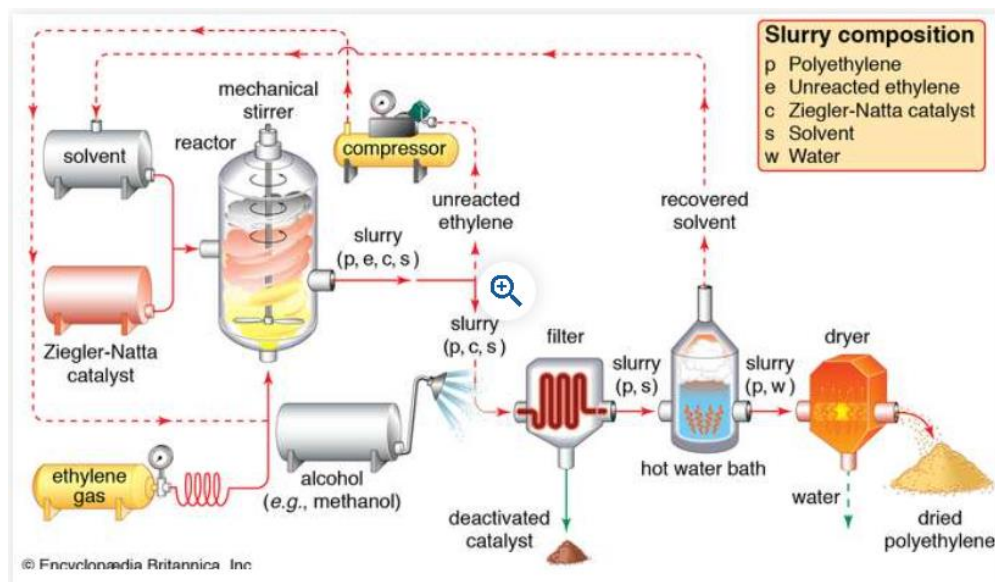


Gambar II.1 *Gas Phase Process*

2. Polimerisasi Larutan (*solution polymerization*)



Solution process ini telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan seperti Du Pont, Dow, DSM dan Mitsui untuk memproduksi HDPE dan LLDPE. Salah satu proses yang terkenal adalah proses Sclairtech dari Du Pont Kanada pada tahun 1960. Temperatur reaksi pada reaktor ialah sekitar 200-300 °C dengan tekanan reaktor 10 MPa. Sebelum diumpankan ke dalam reaktor, ethylene dilarutkan pada diluent seperti cyclohexane kemudian diumpankan ke reaktor dengan komposisi 25% ethylene. Di dalam reaktor, konversi reaksinya adalah sebesar 95% dengan waktu tinggal reaktan sekitar 2 menit. Katalis yang biasa digunakan merupakan katalis campuran VOCl_3 dan TiCl_4 yang diaktifkan oleh aluminium alkil.



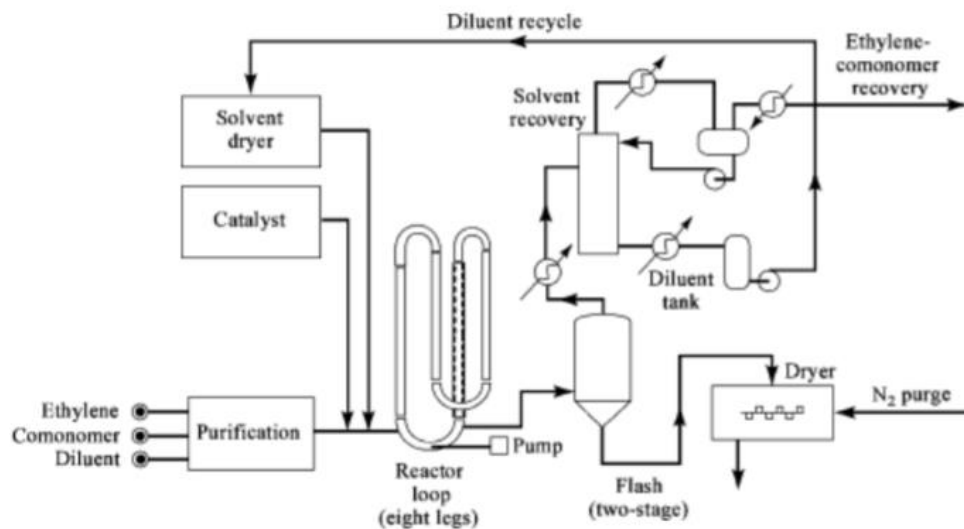
Gambar II.2 *Solution Polymerization Process*

3. Polimerisasi suspense (*Slurry Polymerization*)

Pada proses ini, polyethylene disuspensikan dalam diluent hidrokarbon untuk mempermudah proses. Terdapat 2 macam proses suspension (slurry), yaitu autoclave process dan loop reactor process. Pada autoclave process, reaksi pembentukan polyethylene dalam reaktor terjadi pada tekanan antara 0,5 dan 1 MPa dengan temperatur 80-90 °C. Diluent yang digunakan adalah hidrokarbon yang memiliki titik didih rendah seperti heksana. Katalis, aluminium alkil serta diluent akan dicampur didalam mixing vessel untuk membentuk slurry sebelum diumpankan ke dalam reaktor. Terdapat bermacam-macam konsentrasi slurry



yang digunakan mulai dari 15% sampai 45%. Proses selanjutnya ialah loop reactor process yang dijalankan pada temperatur 100 °C dan tekanan 3-4 MPa, sesuai dengan kebutuhan katalis berbasis Chromium dan produktivitas yang diinginkan. Diluen yang digunakan dalam proses ini adalah isobutena.



Gambar II.3 *Slurry Polymerization process*

II.2 Seleksi Proses

Ada beberapa proses yang dapat dilakukan dalam pembuatan LLDPE, diantaranya adalah fase gas (*gas phase*), Polimerisasi Larutan (*solution polymerization*), dan Polimerisasi suspensi (*Slurry Polymerization*). Berikut merupakan perbandingan antara ketiga proses tersebut:



Tabel II. 1 Sleksi Proses Pembuatan *Linear low density polyethylene* (LLDPE)

Jenis Parameter	Fase Gas	Suspensi	Polimerisasi Larutan
Tekanan Operasi	300 psig	400 psig	15000-18000 psig
Temperatur Operasi °C	80-100	90-110	220-260
Densitas(g/cm ³)	0.910-0.970	0.930-0.970	0.910-0.955
Konversi Reaksi	95 %	-	90 %
Jenis Reaktor	Fluidized Bed	Loop reactor, autoclave reactor	Stirred reactor
Diluent	-	Isobutane, hexane	Cyclohexane
Katalis	Ziegler-Natta	Chromium	Ziegler-Natta
Melt Index	<0.01-200	<0.01-80	0.80-100



Tabel II. 2 Perbandinagn biaya dari beberapa jenis proses pembuatan LLDPE

Technology:	High-pres autoclave	High-pres tubular	Solution	Gas phase	Gas phase	Slurry loop	Slurry CSTR
Product:	LDPE	LDPE	LLDPE	LLDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Cost, millions of US dollars							
Inside battery limits	231.6	130.1	126.4	93.8	94.7	114.1	126.8
Outside battery limits	142.3	118.4	115.3	102.6	102.7	117.7	116.4
Other project costs	<u>160.5</u>	<u>125.1</u>	<u>131.3</u>	<u>116.5</u>	<u>114.2</u>	<u>123.9</u>	<u>127.3</u>
Total investment	534.4	373.6	373	313	312	352	371
Specific investment, USD/tonne poly	1320	934	933	782	779	879	926

Technology:	High-pres autoclave	High-pres tubular	Solution	Gas phase	Gas phase	Slurry loop	Slurry CSTR
Product:	LDPE	LDPE	LLDPE	LLDPE	HDPE	HDPE	HDPE
Cost, US dollars/tonne							
Ethylene	1354	1347	1223	1222	1326	1324	1334
Comonomer	0	0	176	159	25	24	25
Catalysts & chemicals	8	5	47	14	27	42	22
Additives	14	14	13	15	18	18	18
Total raw materials	1376	1366	1459	1410	1396	1408	1399
Power	51	58	15	22	25	30	26
Steam	0	-34	16	2	2	6	13
Other utilities	9	7	8	10	6	11	8
Total utilities	60	31	39	34	33	47	47
Operating cost	1436	1397	1498	1444	1429	1455	1446
Direct cash cost	22	14	14	12	12	14	14
Allocated cash cost	27	18	17	15	15	16	17
Total fixed cost	49	32	31	27	27	30	31
Total cash cost	1485	1429	1529	1471	1456	1485	1477

(Aries, 1995)

Dari perbandingan tabel diatas, maka kami memilih proses pembuatan LLDPE dengan menggunakan fase gas. Berikut merupakan beberapa pertimbangan dari kami :



1. Pengoperasiannya mudah karena proses yang sederhana dan biaya operasinya yang rendah.
2. Prosesnya menggunakan fase gas dan tidak adanya solvent, yang kemungkinan terjadinya aglomerasi lebih kecil.
3. Memiliki kemurnian yang tinggi dan produk yang dihasilkan seragam.
4. Kondisi operasi berlangsung pada suhu dan tekanan yang rendah (80-100 °C dan 0,7-2 MPa) dimana proses operasi relatif aman.
5. Konversi reaksi yang diperoleh mencapai 95% sehingga secara ekonomis proses ini layak dibuat dalam skala pabrik.

II.3 Deskripsi Proses

1. Persiapan Hidrogen

Gas hidrogen disimpan didalam tangki penyimpanan hidrogen pada suhu 25°C dan tekanan 15 atm. Dan kemudian akan dipompa menuju ke mixer (M-101) untuk bercampur dengan monomer dan ko-monomer.

2. Persiapan Etilen

Etilen yang berwujud gas dengan kemurnian 99,95% disimpan didalam tangki penyimpanan pada kondisi suhu 25°C dan tekanan 15 atm. Kemudian etilen akan dipompa menuju mixer (M-101) untuk bercampur dengan hidrogen dan 1-butane.

3. Persiapan 1-Butane

1-Butene yang berwujud cair dengan kemurnian 99,7% disimpan dalam tangki penyimpanan 1-Butene pada kondisi suhu 25°C dan tekanan 15 atm. Dari tangki penyimpanan, 1-Butene dipompa menuju mixer (M-101) untuk bercampur dengan hidrogen dan etilen.

4. Persiapan Katalis dan Ko-Katalis

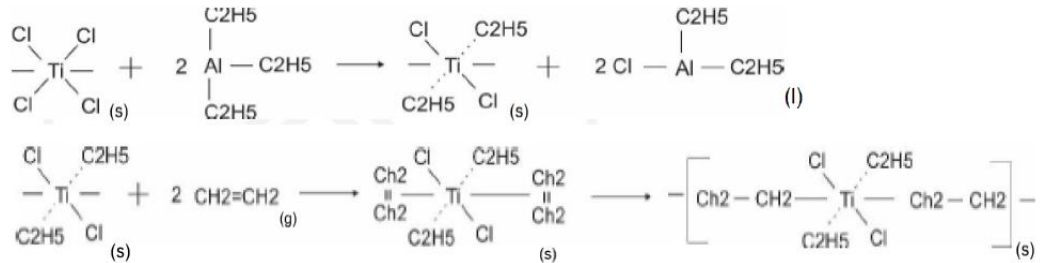
Katalis $TiCl_4.MgCl_2$ dan $Al(C_2H_5)_3$ yang disimpan didalam silo pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm akan diumpangkan menuju reactor fluidized bed menggunakan screw conveyor (J-101). Penggunaan katalis ini dilakukan selama enam bulan sekali untuk dimasukkan ke dalam reactor.



5. Tahap Reaksi Polimerisasi

Reaksi polimerisasi :

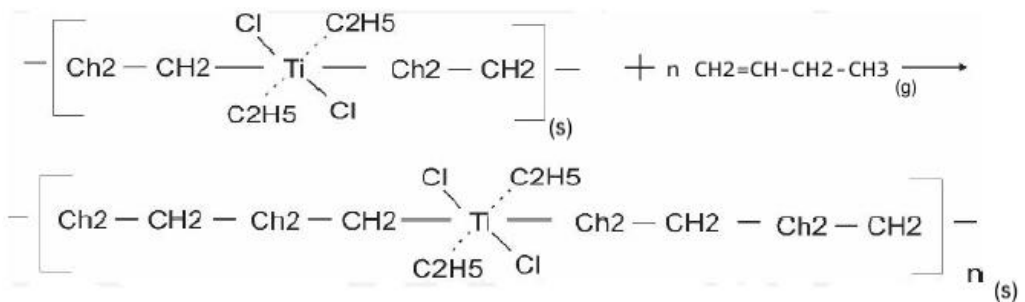
a) Inisiasi



Gambar II. 1 Reaksi Inisiasi

Pada tahap inisiasi, monomer etilen berkoordinasi pada sisi aktif katalis sampai terbentuk kompleks dengan gugus alkil dan menjadi gugus etil. Molekul monomer ini terikat di dalam kompleks aktif dengan memutuskan ikatan Ti, hingga terbentuknya polietilen.

b) Propagasi

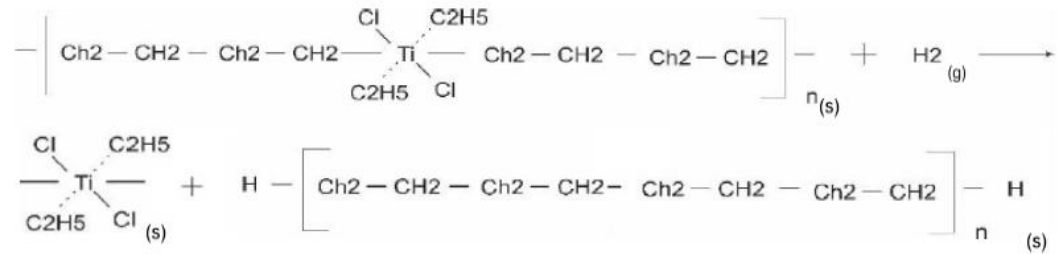


Gambar II. 2 Reaksi Propagasi

Pada tahap ini, monomer 1-butene melakukan kontak dengan katalis sehingga mengalami penambahan rantai secara terus menerus hingga terbentuk rantai polimer panjang yang mengalami kontrol densitas. Tahap propagasi akan terus berlangsung hingga terbentuk polimer dengan densitas yang diinginkan.



c) Terminasi



Gambar II. 3 Reaksi Terminasi

Tahap terakhir pada proses polimerisasi adalah terminasi. Pada tahap ini dilakukan penambahan hidrogen yang berperan sebagai agen terminator. Hidrogen berfungsi untuk memutu ikatan antara Ti dan C sehingga terbentuk ikatan antara Ti dengan H pada rantai polimer. Hal tersebut yang menyebabkan tahap ini menjadi tahap terakhir dari proses polimerisasi, karena penambahan hidrogen dapat menyebabkan terhentinya proses polimerisasi (Malpass,2010).

Reaksi polimerisasi etilen terjadi di reaktor tipe fluidized bed dengan menggunakan bantuan katalis $\text{TiCl}_4.\text{MgCl}_2$ untuk menghasilkan polietilen. Reaktor yang digunakan ialah reaktor jenis fluidized bed yang beroperasi pada temperatur 80°C dengan tekanan 15 atm (UNIPOL). Campuran gas etilen, 1-Butene, dan hidrogen akan diumpankan melalui bagian bawah reaktor sedangkan katalis akan dispray melalui bagian atas reaktor. Etilen akan berikatan dengan pusat aktif katalis secara terus menerus sehingga terbentuk rantai polimer yang panjang. Kemudian hidrogen akan menghentikan reaksi polimerisasi dengan cara memutuskan ikatan Ti dan C pada polimer hingga terbentuk ikatan antara Ti dan H. Di dalam reaktor, gas 1-Butene berfungsi untuk mengatur densitas polietilen. Hasil dari poses reaksi nantinya akan keluar melalui samping atas reactor yang kemudian memasuki tahap pemisahan dicyclone.

6. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk keluaran reaktor berupa serbuk padatan polietilen berukuran $\pm 825,5 \mu\text{m}$ beserta gas etilen yang nantinya akan diricycle kembali dimana selanjutnya akan masuk melalui bagian bag filter setelah dilakukan pemisahan dicyclone. Dari keluaran cyclone dan bag filter nantinya serbuk padatan



polietilen akan dicampur dimixer (M-203). Sementara untuk gas etilen akan diricycle menuju ke mixer (M-202). Selanjutnya produk keluaran mixer (M-203) akan masuk ke dalam Extruder untuk dipanaskan hingga temperatur lelehnya (150°C). Setelah dipanaskan, polietilen akan meleleh dan melewati die hole sehingga proses pemanasan ini disertai oleh proses pencetakan polietilen. Lelehan polietilen selanjutnya akan melalui bak pendingin untuk dikontrakkan secara mendadak menggunakan air proses untuk menurunkan suhunya menjadi 30°C. Polietilen ini kemudian akan masuk ke pelletizer untuk dipotong-potong menjadi pellet berukuran ukuran 3 mm. Polietilen keluaran pelletizer selanjutnya akan memasuki rotary dryer yang berfungsi untuk menghilangkan kadar air yang terkandung pada polietilen akibat proses pendinginan sebelumnya. Pengurangan kadar air ini dilakukan dengan mengontakkan pellet polietilen dengan udara pengering bersuhu 110,11°C. Kemudian polietilen akan masuk ke dalam Screener dimana produk polietilen yang ukurannya tidak sesuai dengan standar pasaran yaitu dengan ukuran dibawah 3 mm (produk offspek) akan direcycle ke extruder untuk dilelehkan kembali. Produk onspek keluaran dari screener selanjutnya diangkut oleh screw conveyor dan bucket elevator untuk dimasukkan ke dalam silo penyimpanan. Produk yang telah disimpan didalam silo ini merupakan produk final yang siap untuk dipasar.



II.4 Blok Diagram Proses

