



BAB II

URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Jenis-Jenis Proses

Dalam pembuatan HDPE digunakan beberapa macam proses, yaitu :

1. Proses Tekanan Tinggi

Pada proses tekanan tinggi, dibagi menjadi dua proses, yaitu :

- a. Proses Tekanan Tinggi *Autoclave*
- h. Proses Tekanan Tinggi Turbular

2. Proses Slurry

3. Proses Fase Gas

4. Proses Fase Larutan

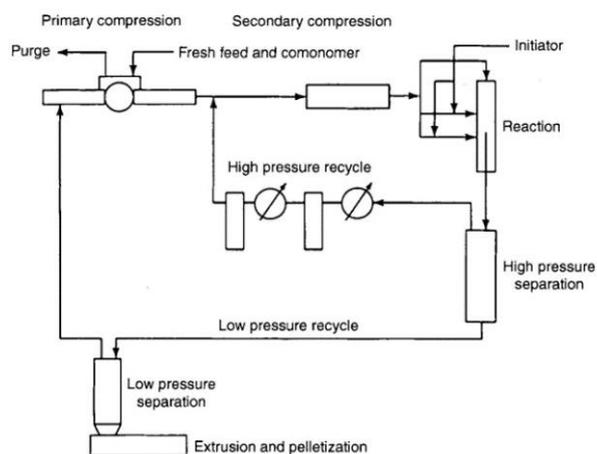
II.1.1 Proses Tekanan Tinggi

Dalam industri produksi polietilena, proses polimerisasi radikal bebas biasanya dilakukan dalam kondisi ekstrem, yakni pada suhu di atas 200°C dan tekanan antara 15.000 hingga 45.000 psig. Polimerisasi ini berlangsung secara adiabatik di dalam reaktor autoclave atau tabung berdinding tebal. Pada suhu tinggi tersebut, etilena mengalami polimerisasi dalam bentuk "larutan" polimer dengan kelebihan monomer, sehingga tidak memerlukan pelarut tambahan. Setelah reaksi selesai dan campuran didinginkan, partikel polietilena mengendap dari kelebihan monomer. Sekitar tahun 1960, ExxonMobil mulai memproduksi HDPE dengan menggabungkan proses autoclave dan tubular pada kondisi tekanan tinggi. Dalam proses bertekanan tinggi, aspek keselamatan menjadi prioritas utama. Meskipun penanganan peroksida organik memiliki risiko tersendiri, perhatian utama terletak pada potensi penguraian etilena di dalam reaktor. Oleh karena itu, sistem dalam proses ini harus dirancang untuk dapat melepaskan tekanan secara cepat guna mencegah kemungkinan ledakan. Mirra dari Polimer Europa menyatakan bahwa sistem keselamatan reaktor dirancang untuk melepaskan gas panas secara otomatis apabila terjadi penguraian etilena.

a. Proses Tekanan Tinggi *Autoclave*



Proses awal pembuatan polietilena bertekanan tinggi menggunakan autoclave bertekanan tinggi dan awalnya memanfaatkan udara untuk memasukkan radikal bebas yang cukup guna memulai polimerisasi etilena. Namun, penggunaan udara ini kini sebagian besar telah digantikan oleh peroksida organik. Peroksida organik disuntikkan pada beberapa titik di dalam autoclave untuk memicu polimerisasi radikal bebas. Kondisi operasional proses ini berkisar pada suhu 180-300°C dengan tekanan antara 15.000 hingga 30.000 psig. Alat yang digunakan adalah reaktor tangki pengaduk kontinu (CSTR) dengan agitator serta multiple reactor. Waktu tinggal material dalam reaktor sangat singkat, hanya beberapa detik bahkan kurang dari satu detik. Etilena berlebih yang dihasilkan dalam proses ini berfungsi membantu dalam pembuangan panas. Secara umum, proses bertekanan tinggi ini tidak memerlukan pemurnian etilena monomer. Berbeda dengan proses yang menggunakan katalis logam transisi, proses bertekanan tinggi ini lebih toleran terhadap kandungan air dalam jumlah kecil. Polimerisasi berlangsung dalam larutan, dan peroksida organik digunakan sebagai inisiator dalam autoclave. Polimer yang dihasilkan memiliki cabang yang lebih sedikit namun lebih panjang dibandingkan dengan proses tubular. Berikut adalah diagram alir proses tekanan tinggi menggunakan autoclave.

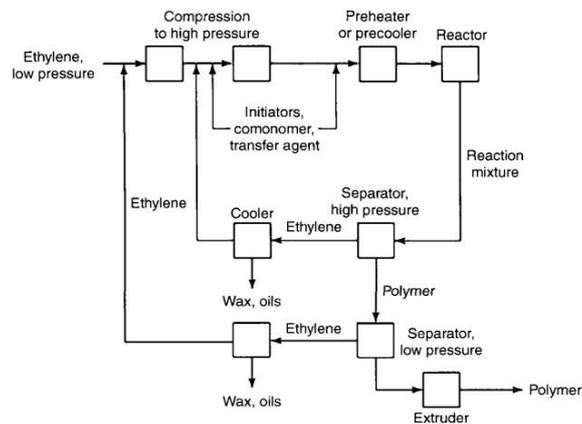


Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Tekanan Tinggi

b. Proses Tekanan Tinggi Turbular



Proses tekanan tinggi tipe tubular untuk produksi HDPE menggunakan reaktor aliran sumbat (plug flow reactor). Pada proses autoclave bertekanan tinggi, peroksida organik sebagai inisiator disuntikkan di beberapa titik sepanjang pipa. Panjang pipa yang digunakan berkisar antara 1000 hingga 2000 meter dengan diameter dalam sekitar 25-50 mm (0,1-0,2 inci). Produk dari proses tubular ini memiliki berat molekul yang lebih tinggi, dengan jumlah cabang lebih banyak dan rantai polimer yang lebih pendek dibandingkan produk dari proses autoclave. Kondisi operasi pada proses ini meliputi suhu antara 150-300°C dan tekanan sekitar 30.000-35.000 psig. Polimerisasi berlangsung dalam larutan. Berikut ini adalah diagram alir dari proses tekanan tinggi tipe tubular.



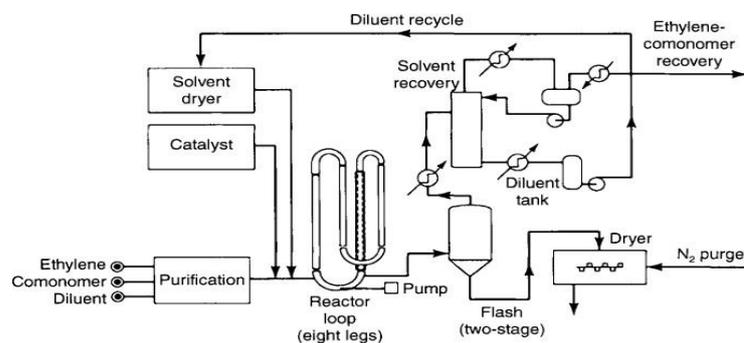
Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Tekanan Tinggi Turbular

II.1.2 Proses Slurry

Polimerisasi dapat dilakukan dalam media pengencer di mana polietilen tidak larut pada suhu proses, yang dikenal sebagai proses slurry (suspensi). Pengencer yang digunakan harus inert terhadap sistem katalis dan umumnya berupa hidrokarbon jenuh seperti propana, isobutana, atau heksana. Proses slurry beroperasi pada suhu antara 80-110°C dan tekanan 200-500 psig. Saat polietilen terbentuk, ia mengendap sehingga membentuk suspensi polimer dalam pengencer. Katalis yang digunakan dalam proses slurry biasanya berupa kromium pada silika atau katalis Ziegler-Natta. Polimerisasi dengan katalis kromium dilakukan menggunakan proses slurry yang awalnya dikembangkan oleh Phillips Petroleum (sekarang Chevron Phillips). Waktu tinggal katalis dalam proses Phillips loop slurry



adalah sekitar satu jam. Chevron Phillips menyebut proses ini sebagai “putaran pembentukan partikel” dan “reaktor slurry loop” untuk produksi HDPE. Komonomer 1-heksana sering dipakai dalam proses Phillips untuk HDPE. Proses slurry juga dikembangkan oleh Hoechst di Jerman pada pertengahan 1950-an. Hoechst merupakan pemegang lisensi pertama yang menggunakan katalis dan proses yang dikembangkan oleh Karl Ziegler untuk menghasilkan polietilen linier bertekanan rendah pada tahun 1955. Perusahaan Hoechst kemudian berubah menjadi LyondellBasell saat ini. Proses slurry Hoechst terus diperbaiki hingga berkembang menjadi proses Hostalen, yaitu proses slurry berjenjang (cascade) yang mampu menghasilkan HDPE dengan berbagai distribusi berat molekul. Proses Hostalen modern menggunakan dua reaktor CSTR yang dapat dijalankan secara seri atau paralel untuk menghasilkan produk HDPE unimodal dan bimodal. Berikut ini adalah diagram alir proses slurry.

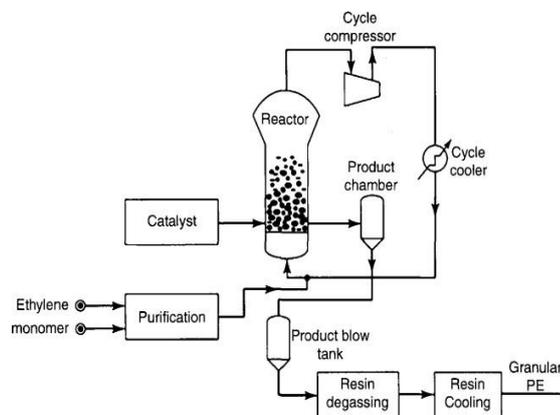


Gambar II. 3 Diagram Alir Proses Slurry

II.1.3 Proses Fase Gas

Polimerisasi etilena dalam fase gas dilakukan di reaktor fluidized bed pada tekanan 200-500 psig dan suhu 80-110°C. Proses polimerisasi fase gas ini awalnya dikembangkan oleh Union Carbide (Dow) dan kemudian oleh Naphtachimie (INEOS). Proses tersebut dikenal sebagai proses Unipol dan Innovene. Katalis utama yang digunakan dalam kedua proses ini adalah Ziegler-Natta, meskipun bahan kimia pembuat katalisnya berbeda. Selain katalis Ziegler-Natta, beberapa proses juga menggunakan katalis kromium dan katalis situs tunggal (single site). Waktu tinggal katalis dalam reaktor berkisar antara 2 hingga 4 jam. Saat ini, proses Unipol telah berlisensi melalui Univation Technologies, sebuah perusahaan

gabungan antara Dow dan ExxonMobil. Secara historis, proses Unipol menjadi yang paling dominan dalam perizinan proses fase gas untuk polietilen linier, namun dalam beberapa tahun terakhir, Innovene berhasil menarik banyak pemegang lisensi. Pada tahun 1990-an, dikembangkan sebuah peningkatan pada proses fase gas yang dikenal sebagai pengoperasian reaktor Unipol dengan “mode kondensasi”. Teknik ini sangat efektif untuk memperbesar kapasitas reaktor fase gas sekaligus mempermudah produksi dengan komonomer α -olefin yang memiliki rantai lebih panjang seperti 1-oktena. Berikut ini adalah diagram alir proses fase gas.

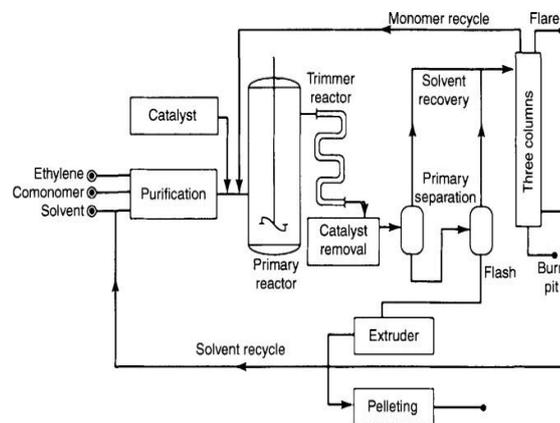


Gambar II. 4 Diagram Alir Proses Fase Gas

II.1.4 Proses Fase Larutan

Pada tahun 1960, DuPont-Canada (Nova) mulai mengkomersialkan yang dikenal sebagai “Proses Larutan” dengan menggunakan katalis Ziegler-Natta berbasis titanium dan vanadium. Perusahaan lain seperti DSM (Stamicarbon) dan Dow juga mengembangkan proses larutan untuk produksi polietilen secara signifikan. Sebagian besar proses ini memakai katalis Ziegler-Natta, dengan waktu tinggal katalis yang sangat singkat, hanya beberapa menit saja. Katalis dan kokatalis yang digunakan harus mampu bekerja efektif pada suhu tinggi. Proses fase larutan ini berlangsung pada rentang suhu 160-220°C dan tekanan antara 500 hingga 5.000 psig. Pada kondisi tersebut, polimer larut dalam pelarut yang biasanya berupa sikloheksana atau hidrokarbon alifatik C_8 . Polimerisasi berlangsung secara homogen dalam larutan pada suhu di atas titik leleh polietilen. Versi modern dari proses larutan DuPont-Canada atau Nova menggunakan reaktor CSTR ganda dan

dikenal dengan nama “Advanced Technology SCLAIRTECH”. Teknologi SCLAIRTECH tingkat lanjut dapat menggunakan baik katalis Ziegler-Natta maupun katalis situs tunggal (single site). Proses ini mampu menghasilkan polietilen dengan berbagai macam berat molekul dan rentang densitas mulai dari VLDPE hingga HDPE. Proses SCLAIRTECH untuk produksi polietilen telah dipaparkan oleh Wiseman. Berikut ini adalah diagram alir proses fase larutan.



Gambar II. 5 Diagram Alir Proses Fase Larutan

(Malpass, 2010)

II.2 Mekanisme Reaksi Polimerisasi

Pada dasarnya asal-usul reaksi polimerisasi ditemukan pada tahun 1930-an oleh para ahli kimia di ICI, kemudian berkembang dari tahun ke tahun dengan adanya penambahan katalis yang menjadi salah satu zat yang memfasilitasi reaksi polimerisasi radikal bebas etilena yang biasa disebut dengan inisiator atau lebih sering dikenal dengan katalis. (Malpass, 2010)

Pada tahap awal polimerisasi resin akrilik, yang disebut inisiasi, terjadi reaksi radikal. Radikal bebas inilah yang memulai proses rantai. Radikal ini kemudian bereaksi dengan molekul lain untuk membentuk radikal monomer baru (Nasriyanti, 2020).

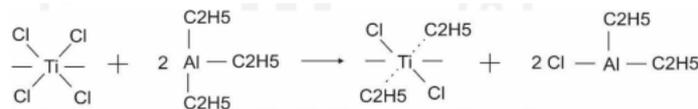
Di dalam reaktor polimerisasi, peroksida organik terurai homolitik untuk menghasilkan radikal bebas. Polimerisasi etilena berlangsung melalui reaksi rantai. Inisiasi terjadi dengan penambahan radikal bebas ke etilena. Propagasi berlanjut dengan penambahan berulang monomer. (Malpass, 2010). Tahap propagasi adalah tahap reaksi yang berlangsung dengan cepat karena radikal yang terbentuk



menyerang molekul lain, membentuk radikal baru. Monomer yang telah bereaksi dengan radikal bebas ini berinteraksi dengan molekul lain, yang mengakibatkan perpanjangan rantai. Pada tahap terminasi, proses pemutusan rantai terjadi. Terminasi terjadi ketika reaksi penggabungan terjadi antara radikal reaktan, membentuk molekul tunggal. polimerisasi adisi berakhir dengan cara disproporsionasi yaitu terbentuk dua produk yang berbeda atau dengan cara kombinasi (Nasriyanti,2020).

Reaksi polimerisasi etilen terjadi melalui polimerisasi adisi koordinasi karena pada proses nya digunakan katalis logam transisi, yaitu $TiCl_4$ dan kokatalis $Al(C_2H_5)_3$. Reaksi polimerisasi akan terus terjadi hingga gugus fungsi tidak dapat bereaksi lagi. Mekanisme reaksi polimerisasi terjadi di dalam reaktor. Sebelum berlangsungnya proses polimerisasi, katalis $TiCl_4$ akan diaktifkan dengan menggunakan kokatalis $Al(C_2H_5)_3$, sehingga akan terbentuk pusat aktif (active center) pada katalis.

$TiCl_4 (s) + 2 Al(C_2H_5)_3 (s) + C_6H_{12} (l) \rightarrow TiCl_2 (C_2H_5)_2 (s) + 2 AlCl_2(C_8H_{17}) (s)$
(Titanium Tetraklorida) (Triethyl aluminium) (Sikloheksana) \rightarrow (Katalis Ziegler Natta) (Radikal bebas)



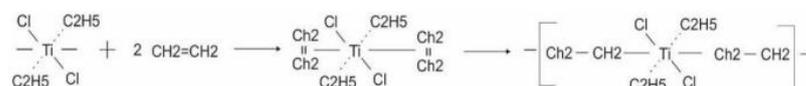
Gambar II. 6 Reaksi Pembentukan Katalis Aktif

Mekanisme reaksi polimerisasi meliputi tiga tahapan reaksi sebagai berikut:

1. Inisiasi

Pada tahap inisiasi, monomer etilen terkoordinasi 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

$TiCl_2 (C_2H_5)_2 (s) + 2 C_2H_4(l) \rightarrow TiCl_2 C_8H_{18}(s)$
(Katalis Ziegler Natta) (monomer Etilen) (Radikal Polimer)

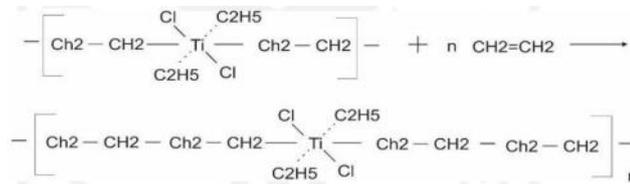
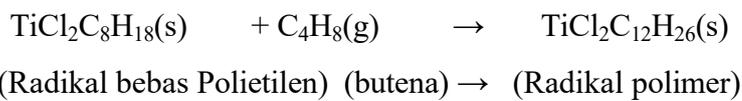




Gambar II. 7 Reaksi Tahap Inisiasi

2. Propagasi

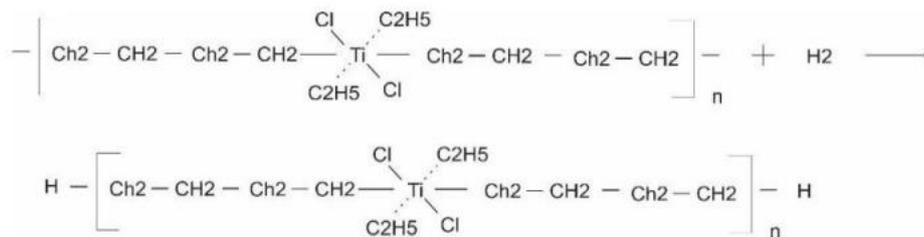
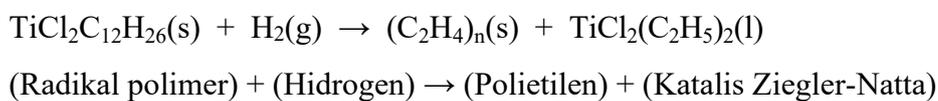
Pada tahap ini, monomer etilen yang telah melakukan kontak dengan katalis akan mengalami penambahan rantai secara terus menerus hingga terbentuk rantai polimer yang panjang. Tahap propagasi akan berlangsung sampai terbentuk polimer dengan densitas yang diinginkan



Gambar II. 8 Reaksi Tahap Propagasi

3. Terminasi

Tahap terakhir pada proses polimerisasi adalah terminasi. Pada tahap ini dilakukan penambahan hidrogen yang berperan sebagai agen terminator. Hidrogen sebagai terminator akan bergabung dengan sisi aktif katalis sehingga terjadi pemotongan radikal polimer menjadi senyawa polimer dengan kata lain berfungsi untuk memutus ikatan antara Ti dan C. Hal tersebut yang menyebabkan tahap ini menjadi tahap terakhir dari proses polimerisasi, karena penambahan hidrogen dapat menyebabkan terhentinya proses polimerisasi



Gambar II. 9 Reaksi Tahap Terminasi



(Wiley, 2004)

II.3 Seleksi Proses

Adapun perbandingan kelima proses pembuatan HDPE dapat dilihat Tabel II.1 dibawah ini.

Tabel II-1 Perbandingan Berbagai Proses

Parameter	Macam – Macam Proses				
	Proses Tekanan Tinggi <i>Autoclave</i>	Proses Tekanan Tinggi Turbular	Proses <i>Slurry</i>	Proses Fase Gas	Proses Fase Larutan
Konversi (%)	95	95	98	99	97
Suhu Operasi (°C)	180-300	150-300	80-110	80-110	160-220
Tekanan (atm)	1021-2041	2041-3062	10,21-30,62	13,61-34	34-340,23
Katalis	Organic Peroxides	Organic Peroxides	Chromium-Silica atau Ziegler Natta	Ziegler-Natta atau Chromium	Ziegler-Natta (berbasis Titanium + co-katalis TEAL)
Waktu Tinggal	30-60 detik	30-60 detik	1 jam	2-4 jam	2 menit
Tipe Reaktor	Autoclave	Turbular	Loop Reactor	Fluidizer bed	CSTR

Tabel II-2 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Proses

Proses	Kelebihan dan Kekurangan
--------	--------------------------



Proses <i>Autoclave</i>	<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none">• Dapat memproduksi HDPE dalam skala besar• Waktu tinggal 30-60 detik <p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none">• Membutuhkan biaya operasi dan energi yang tinggi• Memiliki tekanan dan suhu yang tinggi sehingga membutuhkan keamanan produksi yang tinggi• Limbah yang dihasilkan perlu pengolahan yang rumit
Proses Turbular	<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none">• Waktu tinggal 30-60 detik• Proses pembuatan HDPE singkat• Dapat menghasilkan berbagai jenis HDPE dengan sifat yang berbeda <p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none">• Membutuhkan biaya operasi dan energi yang tinggi• Memiliki tekanan dan suhu yang tinggi sehingga membutuhkan keamanan produksi yang tinggi• Limbah yang dihasilkan perlu pengolahan yang rumit• Kapasitas produksi yang terbatas• Kemurnian produk rendah
Proses <i>Slurry</i>	<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none">• Dapat menggunakan reaktor jenis Loop maupun Autoclave• Menghasilkan High Density Polyethylene dengan



Pra Rencana Pabrik

“ Pabrik High Density Polyethylene (HDPE) Menggunakan Etilena, 1-Butena, Sikloheksana, Dan Hidrogen Dengan Proses *Solution* Kapasitas 65.000 Ton/Tahun”

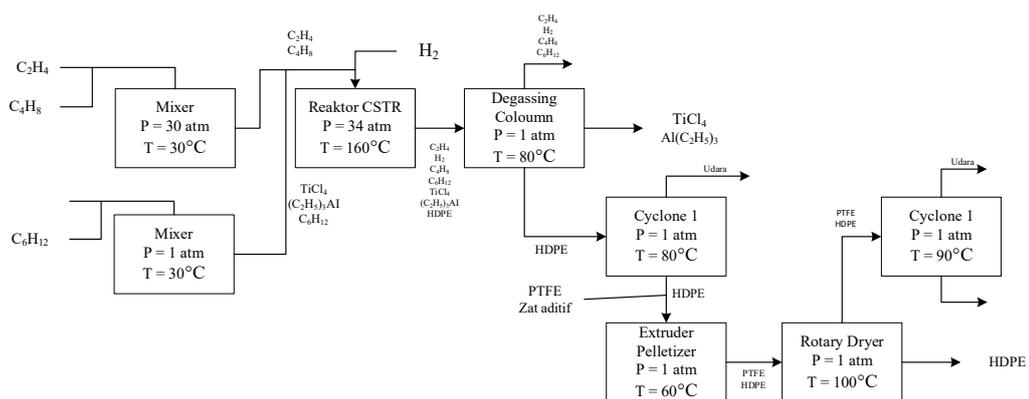
	<p>tingkat kristalinitas yang tinggi, yang menghasilkan sifat mekanis dan termal yang baik.</p> <p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none">• Waktu tinggal 1 jam• Membutuhkan biaya yang mahal dan energi besar• Memiliki tekanan dan suhu yang tinggi sehingga membutuhkan keamanan produksi yang tinggi• Hanya menghasilkan PE jenis High Density Polyethylene dan LLDPE• Membutuhkan tahap pemisahan yang lebih rumit untuk memisahkan produk High Density Polyethylene dari media reaksinya (slurry).
Proses Solution	<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none">• Dapat menggunakan reaktor jenis CSTR ataupun Trimmer• Waktu tinggal 2 menit• Dapat menghasilkan PE jenis High Density Polyethylene, LDPE dan LLDPE, karena berbagai jenis katalis dapat digunakan dalam proses ini, dan pengaturan kondisi reaksi dapat disesuaikan untuk menghasilkan produk dengan sifat yang berbeda <p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none">• Membutuhkan energi lebih tinggi karena reaksi berlangsung dalam larutan dan memerlukan tahap pengeringan yang lebih kompleks untuk memisahkan produk dari pelarut.• Menghasilkan limbah pelarut yang perlu dikelola secara efisien untuk mengurangi dampak lingkungan
Proses Gas	<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none">• Dapat menggunakan reaktor jenis Fluidized bed



<ul style="list-style-type: none">• Proses yang cepat, efisien, dan memungkinkan produksi dalam skala industri yang besar.• Memungkinkan kontrol yang lebih baik atas berat molekul High Density Polyethylene dan distribusi molekulnya.• Tidak perlu memisahkan katalis dengan produk, sehingga dapat mengurangi biaya operasional.• Memiliki tekanan dan temperature yang tidak terlalu tinggi <p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none">• Membutuhkan teknologi yang canggih, sehingga memerlukan biaya operasi yang besar• Menghasilkan limbah yang perlu dikelola dengan baik
--

II.4 Uraian Proses

II.4.1 Proses HDPE



Gambar II. 10 Blok Diagram HDPE

Produksi HDPE dibuat menggunakan proses fase larutan. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan etilen, 1-butena, dan hidrogen dengan bantuan katalis Ziegler-Natta yang berbasis titanium tetraklorida dan TEAL dengan



penambahan pelarut sikloeksana. Pabrik HDPE diproduksi dengan kapasitas 50.000 Ton/Tahun beroperasi selama 24 jam dalam 330 hari. Pada proses ini terdapat 3 tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku

a. Bahan baku etilen

Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk dengan kemurnian 99,94% disimpan dalam tangki penyimpanan (F-110) dalam fase gas pada suhu 30°C dan tekanan 35 atm. Dari tangki penyimpanan, etilen diumpankan menggunakan *reduce valve* menuju *mixer* (M-170).

b. Bahan baku 1-butena

Bahan baku 1-Butena diperoleh PT Pertamina Unit Pengolahan VI dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki (F-120) dalam fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 30 atm. Dari tangki penyimpanan, 1-Butena diumpankan menggunakan pompa centrifugal (L-121) menuju *mixer* (M-170).

c. Bahan Baku hidrogen

Hidrogen diperoleh dari PT Samator Indonesia dengan kemurnian 80% disimpan dalam tangki (F-130) dalam fase liquid pada suhu 30°C dan tekanan 35 atm. Dari tangki penyimpanan, hidrogen diumpankan menggunakan *reduce valve* menuju reaktor tangki berpengaduk (R-210). Laju hidrogen diatur menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Log (MFI)} = \alpha + \beta \log (X) + \gamma \log (T)$$

Melt flow rate (MFI) merupakan ukuran kecepatan parameter yang mengukur kecepatan aliran material termoplastik saat diekstrusi melalui cetakan (die) pada suhu dan tekanan tertentu dengan nilai $\alpha = 13,42$, $\beta = 1,948$ dan $\gamma = -3,756$. T merupakan suhu reaktor (°C) dan X merupakan rasio antara hidrogen dengan polietilen (Varshouee, 2019)

d. Bahan baku sikloheksana

Bahan baku Sikloheksana diimpor dari Heze Sirloong Chemicals dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki (F-140) dalam fase cair pada suhu



30°C dan tekanan 1 atm. Sikloheksana digunakan sebagai pelarut dalam katalis Ziegler-Natta. Dari tangki penyimpanan, sikloheksana diumpankan menggunakan pompa centrifugal (L-141) menuju *mixer* (M-180).

e. Bahan baku katalis *Ziegler-Natta*

Bahan baku katalis *Ziegler-Natta* berupa Titanium Tetraklorida dan TEAL diimpor dari Heze Sirloong Chemicals dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki (F-150) dalam fase padat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan, katalis diumpankan menggunakan *screw conveyor* (L-151) menuju *mixer* (M-180).

2. Tahap Pembentukan Produk

Produk HDPE terbentuk dari proses polimerisasi etilen, 1-butena, hidrogen dengan bantuan katalis Ziegler-Natta berbasis titanium tetraklorida dan TEAL menggunakan pelarut sikloheksana. Polimerisasi terjadi dalam reaktor tangki berpengaduk (R-210). Etilen dan 1-butena dicampurkan dalam *mixer* (M-170) kemudian dipompa lalu dinaikkan suhunya menggunakan *double pipe heat exchanger* (E-172). Katalis Ziegler-Natta yang berbentuk padat dilarutkan menggunakan sikloheksana dalam *mixer* (M-180), selanjutnya dipompa menuju *double pipe heat exchanger* (E-182) dan dinaikkan tekanannya menggunakan *compressor* (G-183). Bahan baku yang telah siap diumpankan kedalam reaktor tangki berpengaduk (R-210) melalui atas pada suhu 160°C dan tekanan 34 atm. Reaksi berjalan secara eksotermis dan untuk menjaga agar suhu dalam reaktor konstan, maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Etilen dan 1-butena akan berikatan dengan sisi aktif katalis secara terus menerus hingga membentuk rantai polimer. Hidrogen dari tangki penyimpanan (F-130) diumpankan menuju reaktor untuk menghentikan pembentukan rantai polimer. Hidrogen tersebut akan memutus ikatan Ti dan C. Rantai C berikatan dengan H yang mengakibatkan berhentinya reaksi polimerisasi. Dalam reaktor terjadi reaksi berantai atau disebut polimerisasi *chain growth*.

3. Tahap Pemisahan Produk

Produk keluaran reaktor terdiri atas flake polietilen dan monomer etilen yang tersisa dari reaksi yang akan diumpankan menuju *expander* (G-211) untuk



menurunkan tekanan menjadi 1 atm dengan suhu 120°C. Hasil keluaran reaktor tersebut belum murni dan masih terdapat katalis. Katalis dalam polietilen dapat dipisahkan dengan cara deaktivasi katalis. Pemisahan katalis dilakukan menggunakan *degassing coloumn* (H-220). Sebelum masuk kedalam *Degassing coloumn*, dilakukan penurunan suhu menjadi 80°C menggunakan *cooler* (E-212) lalu diumpankan menggunakan *screw conveyor* (J-213). Berikut gambar resin *degassing coloumn* :

Gambar II. 11 Resin Degassing Coloumn

Kolom Resin Degassing terdiri dari tiga bagian utama, yaitu zona atas (*upper zone*) yang berfungsi untuk memisahkan resin dari sisa monomer, zona tengah (*intermediate zone*) yang menjadi penghubung antar zona, serta zona bawah (*lower zone*) yang digunakan untuk menonaktifkan katalis dan kokatalis. Bagian atas kolom memiliki diameter 1,5 kali lebih besar dibandingkan bagian bawah (US Patent 4,758,654). Resin hasil reaksi dalam reaktor akan dialirkan terlebih dahulu ke dalam ruang resin (*Resin Chamber*), kemudian diteruskan ke Kolom Resin *Degassing*. Di zona atas, resin dan gas dikontakkan dengan gas inert nitrogen untuk proses purging, menghasilkan aliran gas keluar bagian atas kolom yang terdiri dari gas inert (sebagai gas purging dan conveying) serta gas monomer. Setelah itu, aliran resin melintasi zona tengah menuju zona bawah. Di zona bawah, resin dan gas



Pra Rencana Pabrik

“ Pabrik High Density Polyethylene (HDPE) Menggunakan Etilena, 1-Butena, Sikloheksana, Dan Hidrogen Dengan Proses *Solution* Kapasitas 65.000 Ton/Tahun”

dikontakkan dengan uap air (steam) untuk menonaktifkan katalis, menghasilkan aliran gas yang mengandung steam, gas conveying, dan sedikit gas monomer. Campuran gas ini dialirkan keluar melalui zona tengah melalui collection cone vent dan dibuang ke flare.

II.4.2 Finishing dan Penyimpan Produk

Produk HDPE yang telah dipisahkan dengan katalis kemudian diumpankan menuju *cyclone* (H-230) untuk memisahkan produk dengan impuritisnya seperti gas H₂O kemudian diumpankan menuju *extruder pelletizer* (S-310). Dalam *extruder pelletizer* ditambahkan zat aditif berupa *polytetrafluoroethylene* untuk mempermudah proses *pelletizing*. Pellet HDPE selanjutnya diumpankan menuju *rotary dryer* (B-320) untuk proses pengeringan. Setelah itu, produk HDPE dimasukkan dalam gudang penyimpanan (F-350)

Tabel II-3 Perencanaan Kegiatan Pembangunan Pabrik High Density Polyethylene (HDPE)

Kegiatan	Jul 2	Agst	Sep 2	OKT 2	Nov 2	Jan 2	Feb 2	Mar 2	Apr 2	Mei 2	Jun 2	Jul 2	Agst	Sep 2	OKT 2	Nov 2	Des 2	Jan 2	Feb 2	Mar 2	Apr 2	Mei 2	Jun 2	Jul 2	Agst	Sep 2	OKT 2	Nov 2	Des 2
Survei lokasi pendirian pabrik	■	■																											
Survei harga bahan baku dan alat	■	■																											
Pembelian dan pembebasan lahan			■	■	■																								
Perizinan pembangunan dan usaha					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pembangunan pabrik dan fasilitas pendukung									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pembelian peralatan																													
Instalasi peralatah																													
Pembelian bahan baku																													
Rekrutmen Karyawan																													
Training Office																													
Cek serangkaian proses dari trial I																													
Pengujian Skala Laboratorium																													
Evaluasi dan Perbaikan																													
Trial II																													
Pengujian Skala Laboratorium																													
Evaluasi dan Perbaikan																													
Start Up																													
	2 Bulan	4 Bulan	3 Bulan																										