



**PRARANCANGAN PABRIK LINEAR LOW DENSITY
POLYETHYLENE (LLDPE) DENGAN PROSES
POLIMERISASI GAS KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata Satu (S-1)
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Kimia**

Oleh

Waliyuddin Sammadikun

NIM. 5213415035

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Waliyuddin Sammadikun

NIM : 5213415035

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik *Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)*
Dengan Proses Polimerisasi Fase Gas Kapasitas 200.000
Ton/Tahun

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke panitia ujian skripsi
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Juli 2019

Pembimbing ,



Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.
NIP. 198711192014042002

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Prarancangan Pabrik *Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)* Dengan Proses Polimerisasi Fase Gas Kapasitas 200.000 Ton/Tahun telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal Juli 2019

Oleh

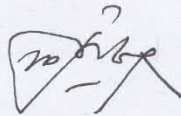
Nama : Waliyuddin Sammadikun

NIM. : 5213415035

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Panitia

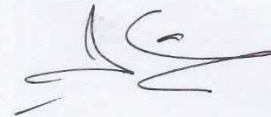
Ketua Panitia



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T.,M.T.

NIP.197405191999032001

Sekretaris



Dr. Megawati, S.T.,M.T.

NIP.197211062006042001

Penguji I



Dr. Ratna Dewi K.,S.T.,M.T.
NIP.197603112000122001

Penguji II



Irene Nindita P,S.T.M.Sc.
NIP 199004272017092255

Pembimbing



Radenrara Dewi A P, S.T., M.T.
NIP 198711192014042002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Oudus, M.T., IPM.
NIP.196911301994031001

LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor) baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukkan Tim Penguji
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya yang dipublikasikan oleh orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam penguasaan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Waliyuddin Sammadikun

NIM. 5213415035

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Hidup ini seperti sepeda, agat seimbang kamu harus terus bergerak”
(Albert Einstein)

PERSEMBAHAN

Karya ini kami persembahkan untuk :

1. Allah SWT.
2. Orang tua
3. Keluarga
4. Dosen Pembimbing Kami, Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.
5. Sahabat-sahabat
6. Teman seperjuangan Teknik Kimia 2015

RINGKASAN

Waliyuddin Sammadikun, 2019. Prarancang Pabrik *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE) dengan proses polimerisasi fase gas kapasitas 200000 ton/tahun, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Pabrik *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE) dengan menggunakan proses polimerisasi fase gas ini dirancang dengan kapasitas sebesar 200000 ton/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan adalah etilen sebesar 182421 Ton/tahun, butene sebesar 18239 Ton/tahun, katalis Ziegler natta sebesar 10,100 ton/tahun, dan kokatalis TEAL sebesar 304,017 ton/tahun.. Pada prarancangan ini, pabeik direcanakan akan didirikan di kawasan PT. Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC). Pabrik ini direncanakan akan beroperasi 24 jam selama 330 hari per tahun. Peralatan proses yang digunakan adalah tangki penyimpanan bahan baku etilen, 1-butena, ziegler-natta, dan kokatalis, reaktor, pompa, kompresor, *heat exchanger* yakni *heater*, *cooler*, *mixer*, *degasser*, *extruder*, *pelletizer*, dan silo untuk penyimpanan produk.

Keyword : Polimer, LLDPE, Fase Gas

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT, hanya karena rahmat dan ridho-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Prancangan Pabrik Linier Low Density Polyethylene (LLDPE) dengan Proses Polimerisasi Fase Gas Kapasitas 200.000 Ton/Tahun**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata I (S1) Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Ibu Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S. T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Ibu Rr. Artanti P, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Ibu Dr. Ratna Dewi K, S.T., M.T., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi
5. Ibu Irene Nindita Pradnya S.T., M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
6. Kedua Orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
7. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2015 serta semua pihak yang telah memberikan semangat sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan saran untuk menyempurnakannya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca yang membutuhkan informasi mengenai masalah yang dibahas dalam skripsi ini, khususnya terkait bidang Teknik Kimia.

Semarang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR KEASLIAN KARYA.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 LLDPE	6
2.2 Perbandingan Proses LLDPE	6
2.3 Uraian Proses	12
2.4 Dasar Reaksi.....	15
2.5 Tinjauan Termodinamika	16
2.6 Tinjauan Kinetika	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Rancangan Penelitian	19
3.2 Perhitungan Reaktan	20
3.3 Desain Alat Proses	20

BAB 4 HASIL PENELITIAN	21
4.1 Menghitung Kebutuhan Reaktan	21
4.2 Diagram Alir Proses Produksi LLDPE	24
4.3 Desain Alat Proses	25
BAB 5 PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jenis-Jenis Polietilena	2
Tabel 1.2 Daftar Perusahaan Pengguna LLDPE di Indonesia	4
Tabel 1.3 Statistik Ketenagakerjaan Kota Cilegon	5
Tabel 1.4 Statistik Geografi dan Iklim Kota Cilegon	7
Tabel 1.7 Data Ketersediaan Bahan Baku	11
Tabel 2.1 Analisis Perbandingan Proses	18
Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan LLDPE	19
Tabel 2.3 Kondisi Operasi Polimerisasi LLDPE	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Distribusi Pemakaian Listrik PLN Kota Cilegon Tahun 2016.....	6
Gambar 1.2. Lokasi pendirian pabrik.....	8
Gambar 1.3. Grafik Impor LLDPE	9
Gambar 1.4. Polimerisasi Larutan DuPont	13
Gambar 1.5. Skema Proses Produksi LLDPE Chevron	15
Gambar 1.6. Polimerisasi Fase Gas dengan 3 Bagian.....	16
Gambar 1.7. Polimerisasi Fase Gas dengan Stirrer.....	17
Gambar 1.8. Polimerisasi Fase Gas UNIPOL.....	17
Gambar 1.9. Mekanisme Polimerisasi dengan Katalis ZieglerNatta	22
Gambar 1.10. Struktur Etilen	23
Gambar 2.1. Diagram Alir Neraca Massa.....	30
Gambar 4.1. Gambar 4.1. Diagram Alir Proses Produksi LLDPE.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

Polimer adalah salah satu produk kimia yang diproduksi sekitar 80% di seluruh dunia (Singh, 2012). Bahan baku polimer dapat diolah lebih lanjut menjadi produk plastik. Plastik memiliki sifat yang ringan, kuat dan mudah dibentuk. Plastik diaplikasikan pada berbagai jenis produk untuk menambah nilai gunanya seperti industri pengemasan, transportasi, dan elektronik.

Pasar terbesar plastik ada di bidang pengemasan yang banyak digunakan untuk mengemas bahan pangan dan non pangan (Geyer *et al.*, 2017). Di bidang pangan, kemasan plastik melindungi produk dari kontaminasi lingkungan luar dan mikroorganisme sehingga mengurangi jumlah bahan pengawet agar pangan tersebut tetap segar. Di bidang non pangan, plastik melindungi barang dari potensi kerusakan akibat bersentuhan dengan barang lain.

Salah satu produk polimer sintesis yang besar penggunaannya adalah polietilena. Berdasarkan laporan dari *Zion Market Research*, pasar polietilena secara global memiliki valuasi sebesar 163 miliar USD pada tahun 2017 dan diperkirakan akan meningkat 4% pada tahun 2024 menjadi 215 miliar USD. Total permintaan global polietilena tahun 2018 diperkirakan mencapai 99.6 juta ton dengan kenaikan rata-rata 4% (www.pgjonline.com, 2014). Polietilena semakin tinggi permintaannya karena kemudahan proses, biaya pembuatan murah, dan dapat didaur ulang. Pengaplikasian polietilena sangat luas mulai dari bidang pengemasan, otomotif hingga elektronik.

Proses polietilena menjadi produk jadi ada tiga yakni *injection molding*, *rotational molding*, *compression molding*, *casting* dan *ekstruder* (Khanam dan AlMaadeed, 2015). Pemanfaatan polietilena bergantung pada jenis polietilena.

Terdapat berbagai jenis polietilena, tiga besar diantaranya adalah *High Density Polyethylene (HDPE)*, *Low Density Polyethylene (LDPE)*, dan *Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)*. Tiap-tiap jenis polietilena memiliki sifat dan aplikasinya seperti yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Jenis-Jenis Polietilena

Jenis PE	Densitas	Aplikasi
HDPE	0.94-0.97	Botol deterjen, botol susu, drum, pipa, kontainer bahan kimia
LDPE	0.91-0.94	Lapisan pengemas, isolasi bahan pelapis, <i>trash bag</i> , pembungkus makanan
LLDPE	0.9-0.94	Tutup kemasan, pembungkus kabel, film, tong sampah, karung

(Peacock, 2000)

Pendirian pabrik *linier low density polyethylene (LLDPE)* di Indonesia akan memiliki dampak positif diantaranya adalah:

1. Memenuhi kebutuhan polimer di Indonesia sehingga tidak bergantung kepada impor dari negara lain
2. Membuka lapangan kerja di era bonus demografi yang akan dihadapi oleh Indonesia

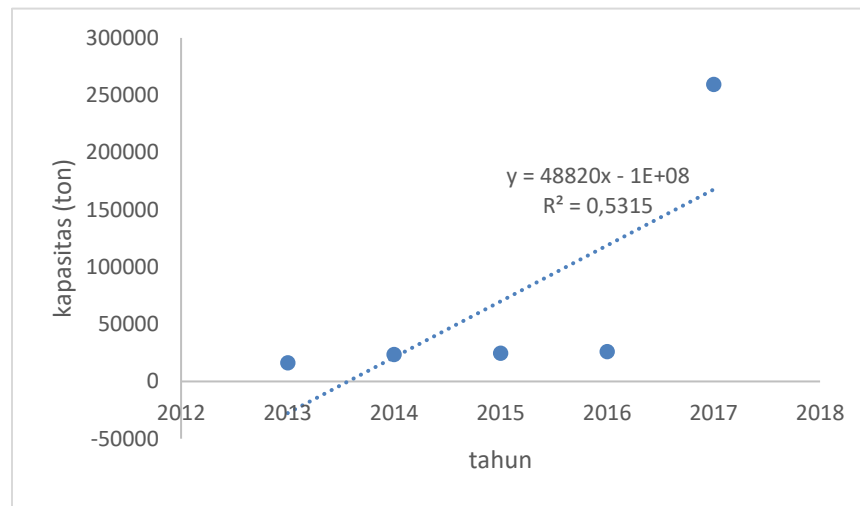
Dengan berkurangnya impor, cadangan devisa negara akan kuat di tengah nilai tukar rupiah yang masih lemah.

Penentuan kapasitas produksi suatu industri dapat dilakukan dengan memperhatikan segi teknis, keuangan, ekonomis dan kapasitas minimal. Dari segi teknis, industri polimer khususnya LLDPE direncanakan dengan memperhatikan peluang pasar, segi ketersediaan, dan keberlangsungan bahan baku. Selain itu, untuk penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan.

Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas pabrik polimer LLDPE yaitu:

1. Perkiraan Kebutuhan Polimer LLDPE di Indonesia

Dari segi ekonomis pendirian industri polimer LLDPE harus memperhatikan probabilitas selain modal yang harus disediakan. Berdasarkan Tabel 1.2 kebutuhan polimer LLDPE di Indonesia cenderung semakin meningkat yang ditunjukkan nilai impor semakin tinggi. Perkembangan impor polimer LLDPE di Indonesia selama periode 2013 – 2017 adalah sebagai berikut:



Dari grafik diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 48820x - 1E+08 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

Y = kebutuhan (ton)

X = tahun

Hasil regresi linier menunjukkan bahwa data impor LLDPE Indonesia tidak dapat digunakan sebagai acuan kapasitas. Model regresi linier tidak optimal untuk digunakan pada data tersebut. Penentuan kapasitas berdasarkan impor dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Peluang kapasitas} = \frac{(\text{Nilai impor tertinggi} - \text{Nilai impor terendah})}{\sqrt{2}} + \text{Nilai terendah}$$

..... (2)

$$= \frac{(259277,9 \text{ ton} - 16295,81 \text{ ton})}{\sqrt{2}} + 16295,81 \text{ ton}$$

$$= 188074,7 \text{ ton}$$

Berdasarkan Tabel 1.1 kebutuhan polimer LLDPE dari tahun 2013-2017 mengalami kenaikan tiap tahunnya. Kenaikan impor tersebut disebabkan oleh tingginya permintaan dari industri pengemasan, transportasi, dan elektronik. LLDPE akan terus meningkat penjualannya karena keserbagunaannya, kemudahan proses, biaya murah dan dapat didaur ulang. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka peluang kapasitas produksi LLDPE adalah 200.000 ton/tahun. Kapasitas produksi ini akan mengurangi impor LLDPE dan berpotensi untuk ekspor ke luar negeri.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa kebutuhan reaktan yang diperlukan untuk memproduksi LLDPE dengan kapasitas 200.000 ton/tahun.
2. Bagaimana bentuk diagram alir proses produksi LLDPE.
3. Bagaimana desain tiap alat proses produksi LLDPE

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kebutuhan reaktan untuk memproduksi LLDPE dengan kapasitas 200.000 ton/tahun
2. Mengetahui bentuk diagram alir LLDPE
3. Mengetahui desain tiap alat proses

1.4. Manfaat Penelitian

1. Menjadi referensi perancangan alat proses pabrik LLDPE
2. Menjadi acuan pendirian pabrik LLDPE
3. Menjadi peluang pendirian pabrik baru di Indonesia

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LLDPE

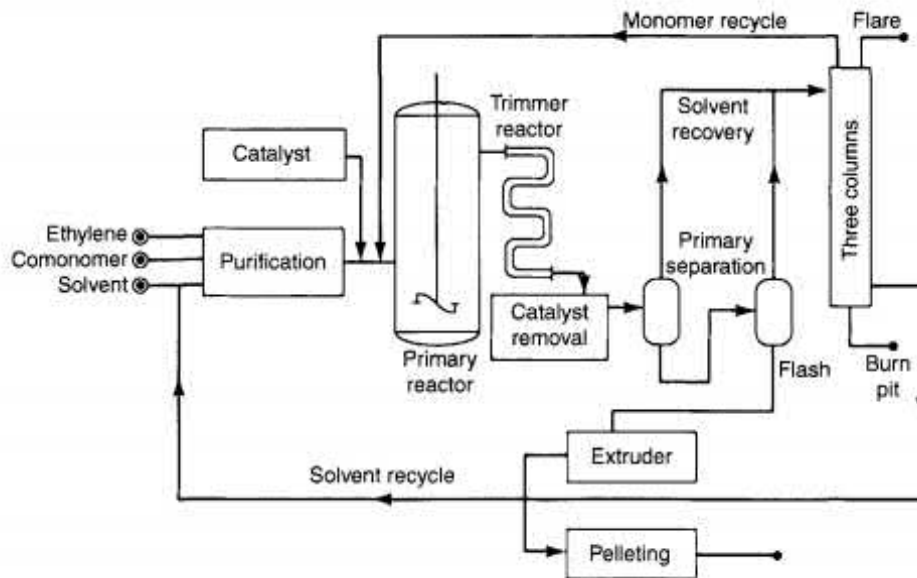
LLDPE merupakan jenis polietilena yang sering digunakan sebagai bahan baku berbagai macam kantong plastik, mulai dari plastik untuk produk makanan sampai plastik tebal untuk beban berat. Polietilena merupakan salah satu polimer dengan struktur molekul paling sederhana, bersifat termoplastik dari polimerisasi etilen.

2.2. Perbandingan Proses LLDPE

Linier low density polyethylene di dapat dari proses polimerisasi etilen yang dapat diproduksi melalui tiga proses utama yang biasa digunakan untuk mengubah etilen menjadi *linier low density polyethylene*, yaitu proses *solution polymerization*, *suspension*, dan fase gas. Perbandingan masing-masing proses tersebut adalah:

a. Solution Polimerization

Proses *Solution* pertama kali diinisiasi oleh perusahaan DuPont Canada pada tahun 1960. Katalis yang digunakan adalah Ziegler-Natta dengan logam titanium dan vanadium yang harus stabil pada suhu tinggi. Polimerisasi terjadi di atas titik leleh LLDPE (122°C) yaitu pada suhu 160-220 °C. Sedangkan tekanan adalah 500-5000 psig. Pada keadaan ini polimer larut dalam solven hidrokarbon seperti siklohexane yang inert (Malpas, 2010). Reaktor yang digunakan berjenis *Continuous Stirred Tank* dengan *residence time* sekitar 2-6 menit (Nowlin, 2014).



Gambar 2.1. Proses Polimerisasi Larutan Du-Pont Canada (Meyers, 2004)

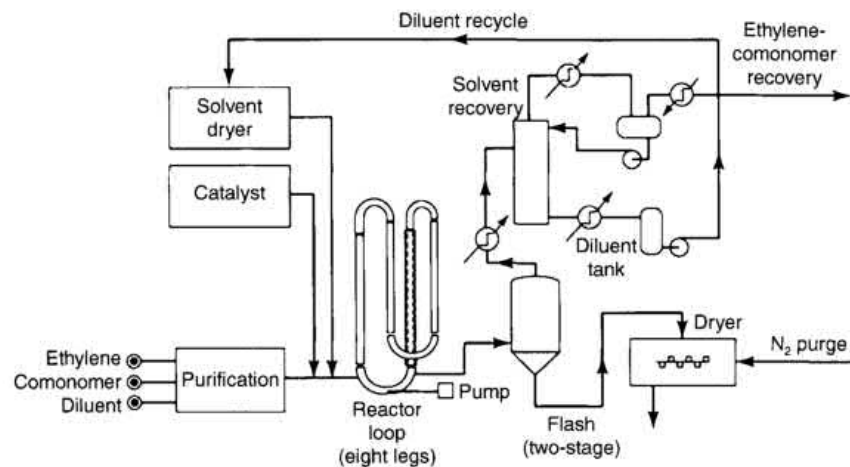
Proses *solution* digunakan untuk meningkatkan kualitas LLDPE melalui penambahan comonomer berat seperti hexena atau oktena. *Comonomer* tersebut kompatibel dengan pelarut hidrokarbon (C6-C9) (www.ec.europe.eu, 2006). Apabila comonomer atau pelarutnya memiliki titik didih rendah akan meningkatkan tekanan operasi pada reaktor sehingga dibutuhkan lebih banyak energi untuk menghindari terjadinya pemisahan fasa dalam reaktor. Selain itu dibutuhkan sistem kondensasi dan *recovery* yang kompleks (www.wiki.zero-emissions, 2013).

b. *Suspension*

Polimerisasi suspensi melibatkan proses dispersi monomer secara mekanis dalam suatu diluent. Hasil polimerisasi yakni polietilen yang tidak larut di dalam

reaktor. *Diluent* yang biasanya digunakan adalah propana, isobutana dan hexana karena bersifat inert terhadap katalis (Malpas, 2010). Proses ini dijalankan di reaktor jenis *continuous stirred tank reactor*. Monomer terdispersi dalam suspensi setelah proses agitasi yang berkelanjutan dan penambahan zat penstabil seperti polivinil alkohol dan metil selulosa (Kent, 2012). Polimer yang dihasilkan berupa butiran dengan cara difiltrasi atau dengan menyemprotkan ke dalam suatu wadah yang dipanaskan. Pada proses ini transfer panas sangat efisien sehingga reaksinya lebih mudah dikontrol.

Perusahaan yang menggunakan teknologi polimerisasi suspensi adalah Chevron Philips. Skema proses pembuatan LLDPE ditunjukkan pada gambar 1.6.

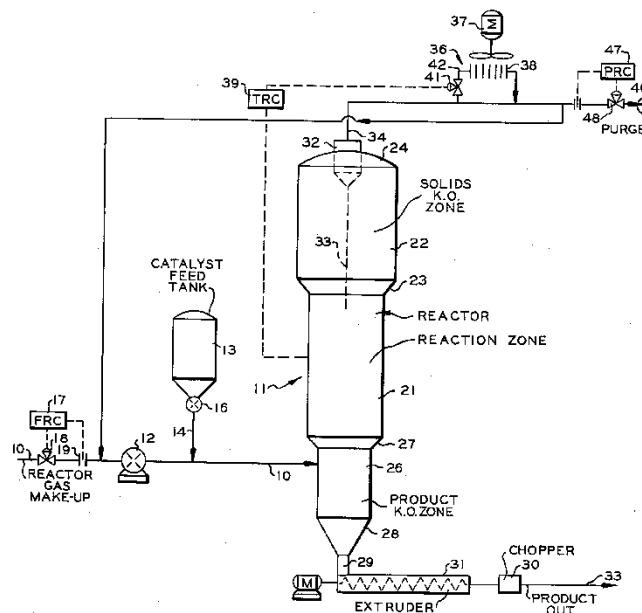


Gambar 2.2. Skema Proses Produksi LLDPE Chevron Philips.

(Malpas, 2010).

c. Fase gas

Proses polimerisasi fase gas pertama kali dilakukan oleh Dye (1962). Reaktornya terdiri dari tiga bagian *concentric superimposed vertical*. Partikel polimer keluar melalui sebuah ekstruder yang terhubung dengan bagian bawah reaktor.



Gambar 2.3. Polimerisasi Fase Gas dengan 3 bagian *Concentric Superimposed Vertical* (Dye, 1962)

Polimerisasi dijalankan pada suhu 100°C dan tekanan 30 atm dengan bantuan katalis kromium oksida. Teknologi ini kemudian digunakan oleh perusahaan Conoco Philip. Penemuan selanjutnya dilakukan oleh Schmid *et al.* (1967) yang menambahkan alat di dalam reaktor sebuah pengaduk. Pada konfigurasi ini, partikel

polimer dipindahkan searah dengan putaran pengaduk. Penghilangan panas reaksi sebagian melalui dinding reaktor dan sisanya terbawa oleh aliran gas. Pada proses ini polimerisasi dijalankan pada suhu 95°C dan tekanan 36 atm dan rasio antara diameter tabung dengan tingginya sebesar 1:5. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah kromium oksida yang disupport oleh aluminium silikat. Teknologi ini dipakai oleh perusahaan BASF. Hal yang membedakan dari proses lainnya adalah polimerisasi fase gas tidak menggunakan bahan berupa liquid. Polimerisasi terjadi di antarmuka katalis dan monomer penyusun polimer. Polimerisasi fase gas disebut juga dengan *dry polimerization* (Dormenval *et al.*, 1975).

Tabel 2.1. Analisis Perbandingan Proses

Keterangan	<i>Solution</i>	<i>Suspension</i>	Fase Gas
	<i>Polimerization</i>		
Temperatur	160-220 °C	80-110 °C	80-110 °C
Tekanan	500-5000 Psig	200-500 Psig	200-500 Psig
<i>Residence time</i>	2-6 Menit	1 Jam	2-6 Jam
Jenis Reaktor	<i>Continuos Srirred tank</i>	<i>Continuous Stirred Tank Reactor</i> atau <i>Tubular Reactor</i>	<i>Concentric Superimposed Vertical Reactor</i> <i>Fluidized bed</i>

			<i>reactor</i>
Solven	Hidrokarbon	Propana, Isobutana, hexana	-
Katalis	Ziegler-Natta	Chromium	Ziegler-Natta

Tabel 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan LLDPE

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Solution Polimerization	<i>Residence time</i> singkat hanya dalam hitungan menit Penambahan jenis komonomer lebih luas	Apabila comonomer atau pelarutnya memiliki titik didih rendah akan meningkatkan tekanan operasi pada reaktor sehingga dibutuhkan lebih banyak energi. Selain itu dibutuhkan sistem kondensasi dan <i>recovery</i> yang kompleks.
Suspension	Transfer panas sangat efisien sehingga reaksinya lebih mudah dikontrol.	Pemisahan solven dari polimer sulit dilakukan Sistem kondensasi dan

	Penambahan jenis komonomer	<i>recovery</i> yang kompleks
	lebih luas	
Fase gas	Proses yang sederhana dan mudah	Dapat menimbulkan erosi dan abrasi pada reaktor karena
	memanfaatkkan prinsip fluidisasi	gerakan partikel di dalamnya
	Tidak menggunakan solven	Membutuhkan lebih banyak daya untuk menghasilkan
	sehingga tidak diperlukan pemisahan produk	fluidisasi

Berdasarkan uraian diatas maka dipilih proses gas. Dimana memiliki proses yang sederhana serta optimasi produk lebih optimal dengan adanya kontak antar komponen yang lebih seragam dan transfer massa yang tinggi.

2.3. Uraian Proses

2.4.1. Proses Produksi Polietilena

Proses produksi polietilen menurut PT. Lotte Chemical Titan Nusantara. Tahapan proses produksi polietilena terdiri dari *Catalyst Injection Unit*, *Polimerisation Unit*, *Degassing Unit*, *Pelletizing Unit*, dan *Product Storage and Bagging Unit*. Berikut ini merupakan penjelasan tentang tahapan proses:

1. *Catalyst Injection Unit*

Katalis disimpan dalam *tote bin* sebelum dipindahkan *dosing valve*. *Dosing valve* berfungsi untuk menakar jumlah katalis yang akan diinjeksikan terukur. Powder katalis memasuki *dosing valve*, dimana pada *dosing valve* ini terhubung dengan *high pressure nitrogen drum* yang siap menginjeksikan katalis langsung ke reaktor polimerisasi.

2. *Polymerisation Unit (PU)*

Etilen, hidrogen, nitrogen dan 1-butena masuk ke dalam reaktor fluidisasi melalui bagian bawah, yang sebelumnya melewati *final cooler* dengan tujuan mengkondisikan umpan agar sesuai dengan kondisi operasi di dalam reaktor. Sedangkan katalis di injeksikan dengan bantuan N₂ high pressure dengan tekanan 30 barg. Katalis yang digunakan adalah *Ziegler Natta* dengan menggunakan kokatalis trietilaluminium (TEA). Kokatalis TEA ini berfungsi sebagai penghilang impurities pada katalis sehingga dapat menjaga keaktifan katalis, namun kelebihan Aliran *cycle gas* akan membentuk fluidisasi dengan bantuan *compressor* dengan tekanan 22 bar. Gelembung gas yang terbentuk akan naik keatas dengan ukuran yang makin besar dan akan membawa partikel – partikel padat. Pada proses ini akan terjadi penghomogenisasian bed. Partikel-partikel besar akan jatuh turun kebawah sehingga diharapkan terjadi reaksi polimerisasi menghasilkan resin polietilena. Gas hidrokarbon yang keluar dari atas reactor masuk kedalam *Gas cyclone*. Sedangkan, gas bersuhu 86 °C akan dikontakkan dengan 1-butena cair dengan tujuan untuk merubah fasa 1-butena menjadi gas. Gas yang telah bercampur dengan 1-butena ini kemudian masuk ke

Primary Cooler untuk didinginkan suhunya dari 86 °C ke 54 °C. Primary Cooler ini merupakan heat exchanger berjenis shell and tube dengan bagian tube berisi gas dan bagian shellnya berisi air pendingin. Jika *finer* tidak dipisahkan dari gas di Gas cyclone tadi, maka dikhawatirkan akan membentuk kerak pada tube.

Setelah gas keluar dari Primary Cooler, gas kembali dicampurkan dengan bahan baku sesuai dengan kebutuhan dan masuk kedalam Main kompresor. Kompresor ini berfungsi untuk menaikkan tekanan gas sampai 2 bar diatas tekanan reaktor. Main Compressor ini juga berfungsi menyediakan flowrate gas (LLDPE) dan tekanan sebesar 24 bar. Aliran keluaran dari Main Compressor ini dapat masuk ke reaktor karena tekanan sedikit lebih tinggi.

Dalam final cooler ini, laju alir air dingin yang divariasikan untuk memberikan suhu gas yang dibutuhkan dalam reaksi polimerisasi. Setelah suhu, tekanan dan laju alir gas memenuhi kondisi operasi, maka gas akan kembali masuk ke reaktor polimerisasi.

3. *Degassing Unit*

Powder polimer keluar dari reaktor polimerisasi bersamaan dengan gas hidrokarbon dan dikeluarkan menuju unit *Primary Degasser*. Pada *Primary Degasser* ini, gas hidrokarbon dipisahkan dari *powder*. Gas sisa ini akan dibuang ke udara. Powder yang telah dihilangkan hidrokarbonnya kemudian ditransfer ke Mixer. Pada unit ini dialirkan steam dan nitrogen sebagai udara pembawa yang berfungsi untuk deaktivasi katalis.

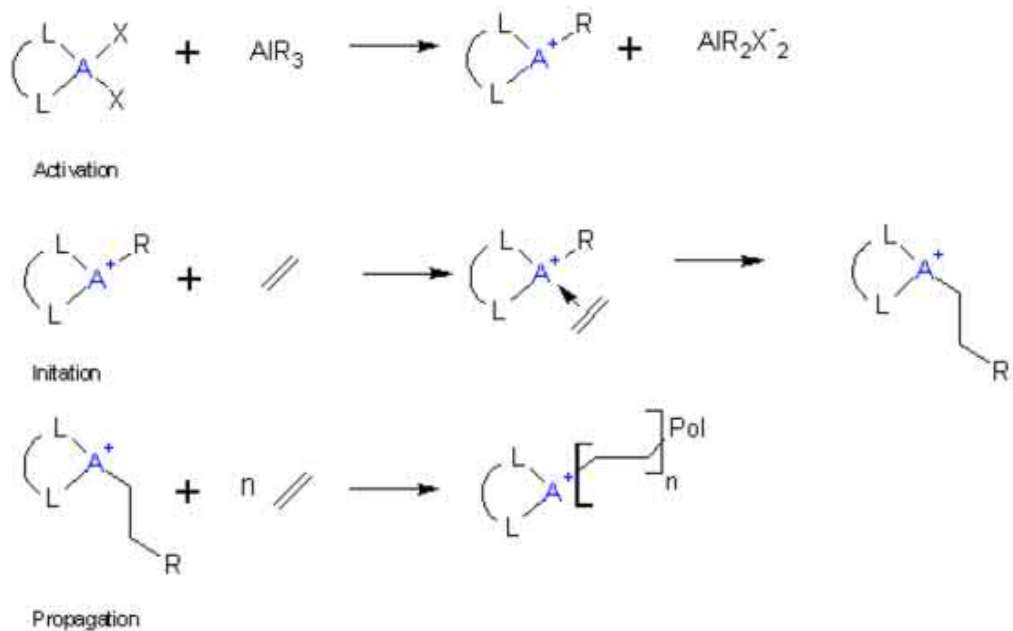
4. *Pelletizing*

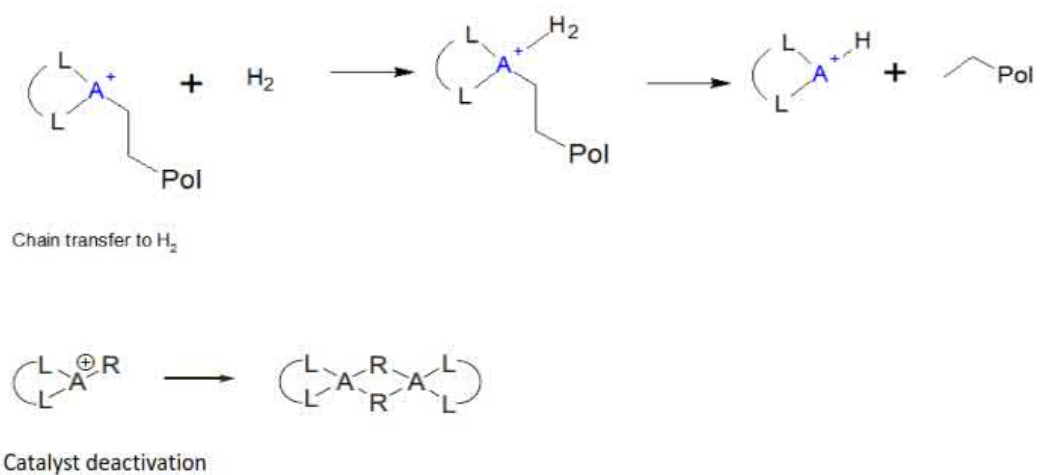
Powder dari *Degassing Unit* sebagian akan dimasukkan menuju ke *Ekstruder*. Pada *Ekstruder* ini akan terjadi proses homogenisasi dan pembentukan adonan selama bergerak sepanjang ekstruder. Semua umpan yang telah masuk ke ekstruder dilelehkan hingga suhu 220°C. Suhu pemotongan ini berada pada 60 °C. Fungsi air pendingin ini adalah sebagai pembeku lelehan pelet yang telah dipotong-potong.

5. *Product Storage And Bagging Unit (PBU)*

Product Storage and Bagging Unit ini merupakan unit yang bertujuan sebagai tempat penyimpanan produk pelet polietilen yang telah terbentuk yang kemudian akan dilanjutkan dengan proses pengepakan.

2.4. Dasar Reaksi





Gambar 2.2. Mekanisme Polimerisasi dengan Katalis Ziegler-Natta (Meyers, 2004)

2.6. Tinjauan Termodinamika

Termodinamika merupakan salah satu aspek penting berkaitan dengan energi. Secara umum reaksi dibagi menjadi reversibel dan irreversibel serta eksotermis dan endotermis. Penentuan suatu reaksi reversibel atau irreversibel dapat dilihat dari konstanta kesetimbangan reaksi. Apabila konstanta kesetimbangan lebih dari 1, maka reaksi tersebut irreversibel dan sebaliknya. Reaksi dikatakan eksotermis apabila saat proses pembentukan produk menghasilkan panas yang ditandai oleh nilai negatif entalpi reaksi. Reaksi dikatakan endotermis apabila menyerap sejumlah panas.

Reaksi polimerisasi etilena memiliki nilai entalpi dan entropi sebesar -109 kJ/mol dan -155 J/mol.K (Stevens, 1989). Dari nilai entalpi yang negatif menunjukkan bahwa proses tersebut berjalan secara eksotermis. Proses polimerisasi ini termasuk proses irreversible karena memiliki nilai konstanta kesetimbangan lebih dari 1.

Nilai energi Gibbs polimerisasi etilena adalah sebagai berikut

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T\Delta S \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta G_p = -109.000 - 259 \times (-155)$$

$$\Delta G_p = -53.355 \frac{kJ}{mol}$$

Untuk mencari konstanta kesetimbangan digunakan persamaan sebagai berikut

$$\Delta G = -RT \ln K \dots\dots\dots (5)$$

$$-53.355 = -8.314 \times 359 \times \ln K$$

$$K = 7,5 \times 10^{17}$$

Keterangan

ΔG : Energi Gibbs (kJ/mol)

ΔH : Entalpi (kJ.mol)

ΔS : Entropi (J/mol.K)

T : Suhu (K)

R : Tetapan Gas (8.314 J/mol.K)

K : Konstanta Kesetimbangan

2.6. Tinjauan Kinetika

Reaksi polimerisasi LLDPE termasuk adisi koordinasi. Mekanisme tersebut membutuhkan suatu katalis logam transisi dan kokatalis untuk aktivasi. Katalis yang digunakan adalah Ziegler-Natta dan kokatalisnya adalah TEAL yang mengandung alkilaluminium. Sisi aktif katalis yakni atom logam (Mt) dikelilingi oleh suatu ligan (X) yang membentuk ikatan kovalen koordinasi (Mt-X). Polimerisasi LLDPE

berjalan dengan ikatan kovalen dengan logam aktif katalis. Kecepatan reaksi dari katalis pada mulanya adalah nol. Aktivitas katalis akan muncul ketika kokatalis mencapai logam aktif.

Kecepatan polimerisasi alkena dengan katalis Ziegler-Natta sebanding dengan konsentrasi katalis (M_tX_n) dan monomer namun tidak bergantung kepada konsentrasi kokatalis (TEAL). Persamaan kinetika polimerisasinya adalah sebagai berikut.

$$R_p = k_p [M_tX_n]^1 [M]^1 [A]^0 \dots\dots\dots (6)$$

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Prarancang pabrik LLDPE dengan kapasitas 200000 ton/tahun polimerisasi fase gas pada suhu 86°C. Bahan baku yang dibutuhkan etilen sebesar 182421 ton/tahun, 1-butene sebesar 18239 ton/tahun, sedangkan katalis Ziegler-natta sebesar 10,100 ton/tahun, dan kokatalis TEAL sebesar 304,01712 ton/tahun.
2. Diagram alir proses pabrik LLDPE dimulai dari tangki penyimpanan bahan yakni etilen, 1-butena, katalis, kokatalis dan suplai gas hidrogen dan nitrogen. Kemudian masuk ke unit penukar panas untuk mengubah suhu reaktan sebelum masuk reaktor. Setelah proses polimerisasi, powder LLDPE dibawa ke degasser, mixer, ekstruder dan terakhir disimpan di silo.
3. Desain alat proses produksi LLDPE terdiri atas tangki etilen, tangki 1-butena, tangki katalis, tangki kokatalis, heater, cooler, kompresor, pompa, reaktor, cyclone, degasser, mixer, ekstruder, dan silo. Masing-masing alat didesain untuk memenuhi kapasitas produksi LLDPE 200.000 ton/tahun.

5.2. Saran

1. Diperlukan optimasi alat lebih lanjut agar dimensi alat proses bisa diminimalisir
2. Penambahan integrasi panas bisa ditambahkan untuk mengurangi beban panas alat proses

DAFTAR PUSTAKA

- American boiler manufactures association.
<https://www.capsulefilms.be/5861/standar-operasional-steam.html>.
 Melalui, [21/11/18]
- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill International Book Company. New York
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Brown, George G. 1950. *Unit Operation*. CBS Publisher. New Delhi.
- Brydson J.A. 1999. *Plastic Materials*. Oxford : Butterworth-Heinemann
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 2002. *Chemical Engineering, Vol. 2nd*. Butterworth Heinemann : Boston
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 2005 *Chemical Engineering, Vol. 6th*. Allyn and Bacon Inc. Massachusetts
- Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc. USA.
- Hesse, Herman C, 1959, *Process Equipment Design*, 7th Edition, D van Nostrand, Co, New York.
- Hicplates. 2018. "SA537 Class 2 Carbon Steel. <http://www.hicplates.com/sa537-class-2-carbon-steel-plates-supplier-stockist.html>. Melalui [02/1/19]
- Hougen, Olaf A. , at al. 1961. *Chemical Process Principle Part 1 Material and Energy Balance*. Charles E. Tuttle Company : Tokyo.
- Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Tokyo.
- Kunii, D. & Octave, L. 1990. *Fluidization Engineering*. USA : Red Publishing.
- Mc Cabe, et al. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering Fifth Edition*. McGraw Hill Inc. : Singapore.
- McKetta, J.J. 1976. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design Volume 3*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- McKetta, John J. 1993. *Chemical Processing Handbook*. Marcell Dekker, Inc. New York.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/II/1990. Syarat-syarat dan pengawasan kualitas air.
- Perry, R.H and Green, D.W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7th edition. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Peters, Max. S, Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Rase, H.F., and Holmes, J. R., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Severn, W.H., H.E. Degler, and J.C. Miles, 1959, *Steam, Air, and Gas Power*, 5th edition, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons Inc., New York

- Smith, J.M, Van Ness, H.C, Abbott, M.M. 2001. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Sinnot, R.K. 2005. Coulson and Richardson's: Chemical Engineering Design, Vol 6 4th ed. Elsevier Ltd. Oxford.
- Ullmann, 2003. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th Edition, vol.25, Wiley-VCH.
- Ulrich, G.D., 1978, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic, John Wiley and Sons Co, New York.
- Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E., 1959, Chemical Engineering Plant Design, 4th edition, McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo
- Villaluenga J.P.G., & Seoane B. 2001. Experimental Estimation of Gas-Transport Properties of Linear Low Density Polyethylene Membranes by an Integral Permeation Method. J. Applied Polymer Science. 3013-3021.
- Vlachopoulos J. 2011. Computational Analysis and Design of Single Screw Extruder Having Screws of Complex Geometry with Mixing Elements. McMaster University
- Wallas, Stanley M. 1990. Chemical Process Equipment: Selection and Design. Butterworth-Heinemann. Washington.
- White, Frank M. 2009. Fluid Mechanics, 4th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.