

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, pemanfaatan plastik dari berbagai aspek kehidupan mengalami kemajuan yang cukup pesat. Sifat dari plastik itu sendiri yang ringan, tahan panas, tahan korosi, tahan terhadap bahan kimia, dan memiliki gaya elastisitas yang cukup tinggi membuat plastik memiliki daya tarik tersendiri oleh para konsumen untuk digunakan. Plastik sering sekali diaplikasikan dalam bentuk kegiatan, seperti untuk pemipaan, pengemasan barang, peralatan rumah tangga, bahan utama tekstil, pembungkus kabel, mainan anak-anak, dan lain sebagainya yang merupakan bahan dasar plastik.

Perkembangan industri di Indonesia telah mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas. Salah satu bahan baku dari pembuatan plastik adalah polipropilena. Polipropilena merupakan sebuah monomer termoplastik yang merupakan bahan baku dari berbagai macam pembuatan barang plastik. sebagai produk plastik yang sering digunakan setiap tahunnya, maka kebutuhan akan polipropilena ini juga sangat meningkat. Akibatnya, Indonesia pun harus melakukan proses impor polipropilena yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Hal ini terjadi dikarenakan dengan meningkatnya kebutuhan polipropilena yang tidak diimbangi oleh produktivitas yang terjadi dalam negeri.

Saat ini, kebutuhan Polipropilena di Indonesia dipenuhi oleh produksi dalam negeri dan luar negeri. Adapun industri yang melakukan produksi polipropilena di Indonesia antara lain adalah PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang memproduksi Polipropilena 470.000 ton/tahun, PT. Polytama Propoindo yang memproduksi Polipropilena sebesar 180.000 ton/tahun, dan PT. Pertamina (Kilang Plaju) yang memproduksi Polipropilena sebesar 45.000 ton/tahun.

Ketersediaan bahan baku dalam negeri sebagai pembuatan Polipropilena juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam produksinya. Propilena dan Hidrogen merupakan bahan baku yang digunakan untuk memproduksi Polipropilena. Dengan adanya ketersediaan bahan baku dalam negeri, suatu pabrik akan mendapatkan kemudahan dalam melakukan *supply* bahan baku ketika ketersediaannya sudah mulai habis. Adapun ketersediaan bahan baku yang dapat diperoleh di dalam negeri adalah PT. Candra Asri Petrochemical Center dan PT. Pertamina. PT. Candra Asri Petrochemical Center memproduksi bahan baku propilena sebesar 243.000 ton/tahun, sedangkan PT. Pertamina memproduksi bahan baku hidrogen sebesar 80.000 ton/tahun.

Polipropilena merupakan salah satu jenis polimer yang sangat sering digunakan oleh manusia, maka dari itu pasar akan produksi polipropilena memiliki prospek kedepan yang bagus, dan masih teramat luas pasarnya. Kebutuhan polipropilena di dunia dan khususnya di Indonesia terus meningkat dari tahun ketahun. Hal ini dapat diketahui dari kebutuhan impor polipropilena yang terus menerus meningkat setiap tahunnya di Indonesia.

Dengan melihat pertimbangan di atas, maka akan direncanakan pendirian satu pabrik yang memproduksi Polipropilena baru di Indonesia yang bertujuan untuk memenuhi segala kebutuhan pasar dan masyarakat dalam mengkonsumsi polipropilena dalam negeri ini.

1.1.1 Kapasitas Pabrik

Pendirian pabrik polpropilena ini ditentukan atas berdasarkan beberapa pertimbangan antara lain:

a. Kebutuhan Polipropilena Dalam Negeri

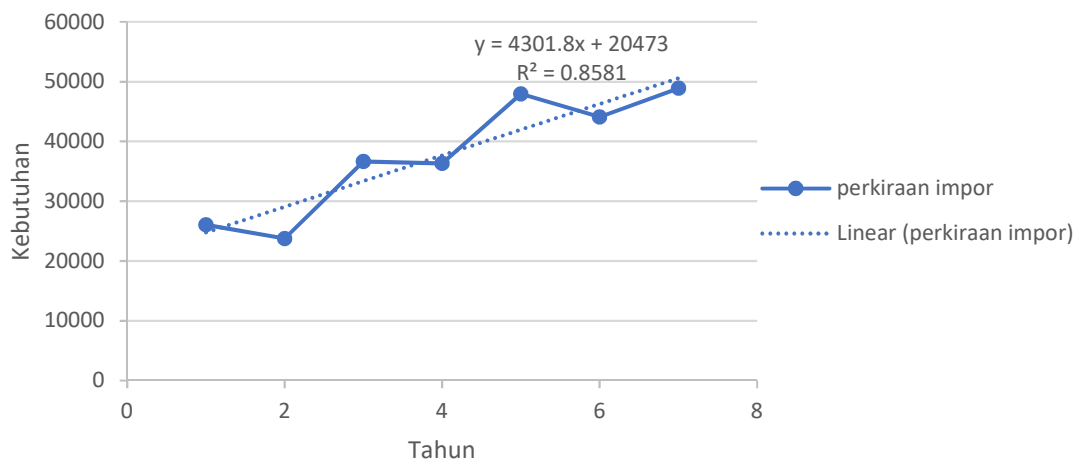
Kebutuhan Polipropilena dalam negeri dapat diketahui melalui data impor Polipropilena di Indonesia. Data tersebut dapat diketahui dari besarnya impor Polipropilena dalam range 7 tahun dari tahun 2010 sampai tahun 2016, sesuai pada Tabel 1.1:

Tabel 1.1 Data Impor Polipropilena Indonesia (BPS 2010-2016)

Tahun	Ton
2010	26035,88
2011	23776,77
2012	36676,57
2013	36346,47
2014	47949,88
2015	44084,70
2016	48890,01

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik di atas (<http://www.bps.go.id>) jumlah impor produk Polipropilena di Indonesia mengalami angka yang fluktuatif dan cenderung meningkat. Kebutuhan Polipropilena di Indonesia masih dipenuhi oleh kebutuhan impor dari luar negeri. Pada tahun 2016 merupakan tahun tertinggi Indonesia dalam impor Polipropilena, yakni sebesar 48.890,01 ton. Pabrik yang akan didirikan ini diharapkan dapat memenuhi dan bahkan menutupi kebutuhan Polipropilena di Indonesia atau setidaknya menghasilkan produk yang nilainya sama dengan impor tahun 2016.

Dari data yang sudah ada di atas, maka kebutuhan impor Polipropilena dapat dihitung dengan menggunakan cara regresi linier. Berikut adalah grafik perkiraan kebutuhan impor Polipropilena di Indonesia:

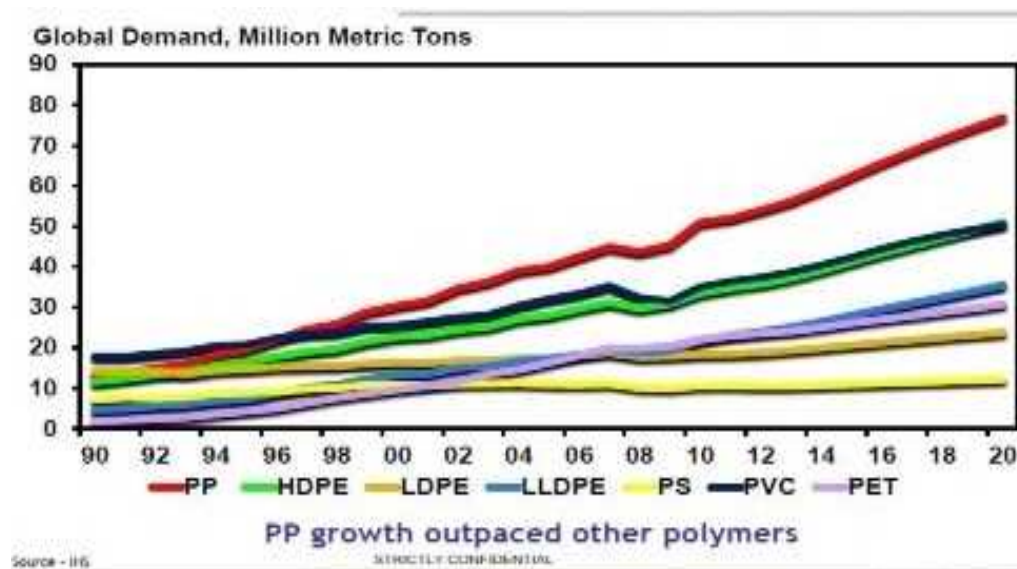


Gambar 1.1 Grafik impor Polipropilena di Indonesia

Dari data impor di atas, yakni dari tahun 2010 sampai tahun 2016 didapatkan persamaan regresi linier $y=4301,8x+20473$. Sehingga dapat diperkirakan pada tahun ke-14, yakni tahun 2023 Indonesia akan mengimpor Polipropilena sebesar 80698 ton. Untuk mengurangi kebutuhan impor di Indonesia, maka direncanakan pendirian pabrik Polipropilena dengan kapasitas 100.000 ton/tahun.

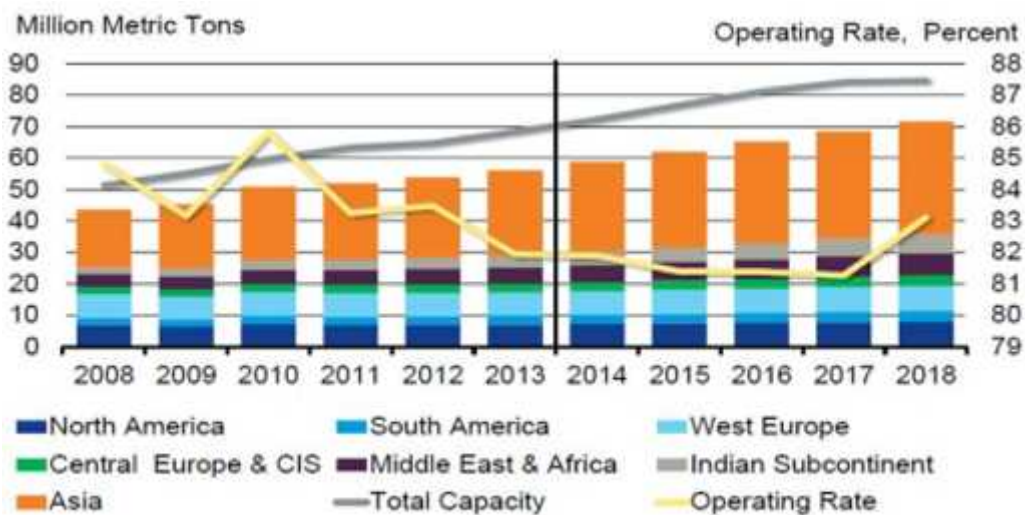
b. Kebutuhan Polipropilena Secara Global

Polipropilena merupakan bahan baku paling banyak peminatnya untuk digunakan sebagai pembuatan plastik di seluruh dunia. Pada saat awal pertama kali Polipropilena ditemukan, kebutuhan akan Polipropilena ini sudah cukup tinggi meskipun kala itu kebutuhannya masih belum mampu menyaingi kebutuhan polimer pembuatan plastik lainnya. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan Polipropilena menjadi terus meningkat dibandingkan dengan jenis polimer plastik lainnya, bahkan posisinya dapat mengalahkan kebutuhan jenis polimer lainnya.



Gambar 1. 2 Perkembangan Kebutuhan Global Polipropilena (*IHS Chemical, 2014*)

Apabila dilihat dari Gambar 1.2 di atas, tahun 2016 merupakan perkembangan kebutuhan Polipropilena yang cukup pesat. Pada tahun 2016 kebutuhan Polipropilena yang digunakan sebagai bahan baku plastic pada skala dunia mencapai 65 MMT (*Million Metric Tons*). Jumlah kebutuhan Polipropilena sebagai bahan baku plastik terus meningkat setiap tahunnya, dan kebutuhan terbesar akan Polipropilena ini paling banyak berasal dari negara-negara di Benua Asia. Kebutuhan akan Polipropilena dapat dilihat dari Gambar 1.3:



Gambar 1. 3 Perkembangan Kebutuhan Global Polipropilena (*IHS Chemical, 2014*)

1.1.2 Perusahaan Podusen Polipropilena di Indonesia

Beberapa industri kimia yang terlibat dalam produksi Polipropilena di Indonesia diantaranya:

a. PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk

merupakan penggabungan antara PT Chandra Asri dengan PT Tri Polyta Indonesia Tbk pada 1 Januari 2011 dan berkantor pusat di Jakarta. PT Chandra Asri Petrochemical (CAP) termasuk di dalam perusahaan petrokimia terbesar dan juga terintegrasi di Indonesia dengan fasilitas yang dimilikinya yang terletak di Ciwandan, cilegon dan Puloampel, Serang provinsi Banten. PT Chandra Asri Petrochemical (CAP) didirikan pada tanggal 2 November 1984, pada saat itu nama yang dimiliki adalah PT. Polyta Indonesia dan baru dapat beroperasi pada tahun 1993. PT Chandra Asri Petrochemical (CAP) merupakan pabrik petrokimia di Indonesia yang memanfaatkan teknologi canggih kelas dunia. Jantung operasi CAP adalah *Lummus Naphta Cracker* yang menghasilkan *Ethylene, Propylene, Mixed C4*, dan *Pyrolysis Gasoline* (Py-Gas) berkualitas tinggi untuk Indonesia serta pasar ekspor regional.

Selain Naphta Cracker, PT Chandra Asri Petrochemical (CAP) juga memproduksi polimer yang lain, yakni Polietilena dan Polipropilena yang diproduksi dengan teknologi berintegrasi tinggi dan kelas dunia. Kapasitas produksi Polipropilena di PT Chandra Asri Petrochemical (CAP) sendiri mencapai 470 ribu ton setiap tahunnya.

b. PT POLYTAMA PROPINDO

PT. Polytama Propindo adalah produsen resin polypropylene (PP) yang andal di Indonesia, dengan nama produk Masplene. PT. Polytama Propindo didirikan pada tahun 1993, dan merupakan salah satu industri petrokimia terkemuka di Indonesia yang

menghasilkan resin Polipropilena, terutama untuk kebutuhan bahan baku plastik dalam negeri.

Pabrik Polytama berlokasi di Balongan, Kecamatan Juntunyuat, Indramayu, Jawa Barat, menggunakan salah satu teknologi proses terbaik dunia, yaitu Teknologi Spheripol dari Montell (sekarang *LyondellBasell*), dengan kapasitas awal terpasang 100.000 ton per-tahun.

Kemudian, pada bulan juli tahun 1995, PT Polytama Propindo memulai produksi lagi dengan nama produk: *Masplene*, pasokan bahan baku gas propilena dengan kemurnian tinggi diperoleh dari PERTAMINA refinery UP-VI (sekarang RU-VI) Balongan. Satu tahun kemudian pada tahun 1996 kapasitas pabrik ditingkatkan menjadi 180.000 ton/tahun.

c. PT. PERTAMINA (PERSERO) RU III

Plaju Pertamina Refinery Unit III merupakan salah satu dari 6 (enam) Refinery Unit Pertamina dengan kegiatan bisnis utamanya adalah mengolah minyak mentah (crude oil) dan intermediate product (*Alkylfeed, HSDC, slop oil, LOMC, Long residue, Raw PP*) menjadi produk jadi, diantaranya BBM (Premium, *Kerosene, Solar & Fuel Oil*), NBBM (*LPG, Musicool, HAP, LAWS, SBPX, LSWR*), BBK (*Avtur, Peralite, Pertamina, Pertamina Racing*) dan produk lainnya seperti LSFO dan Polipropilena (Polytama). Kilang Polipropilena Pertamina Plaju dibangun pada tahun 1971 di Plaju Sumatera Selatan. Pertamina Plaju mendapat bahan baku propana, propilena dari kilang FCCUS, Sungai Gerong, Sumatera Selatan.

Produk yang dihasilkan Pertamina Plaju adalah Polytama / Pelet Polipropilena (biji plastik) yang di produksi melalui proses polimerisasi gas propylene dengan modifikasi beberapa aditif yaitu antioksidan, *stabilizer*, *lubricant*, *antiblock agent* dan *slip agent*. Kapasitas produksi Polipropilena: 45.000 ton per tahun.

Hingga saat ini, sudah terdapat beberapa industri Polipropilena yang berada di seluruh dunia. Setiap negara memiliki sejumlah pabrik yang menghasilkan Polipropilena dengan kapasitas produk yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan negaranya masing-masing. Beberapa perusahaan penghasil Polipropilena yang terdapat di luar daerah negara Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2:

Tabel 1. 2 Perusahaan Penghasil Polipropilena di Dunia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (KiloTon)
1	Ningxia Baofeng Energy	Ningxia Hui,China	2500
2	Total Petrochemicals	La Porte, TX, USA	1227
3	IBN ZAHR Saudi- European Petrochemical Company	Al Jubail ,Saudi Arabia	1140
4	Lotte Chemical	Daesan, Korea Selatan	1100
5	Reliance	Jamnagar, India	900
6	Braskem	Triunfo, Brazil	875
7	Borouge	Ruwais, Abu Dhabi	800
8	Prime Polymer	Sakai, Jepang	800
9	Polyolein	Jurong Island, Singapura	750
10	Siam Cement Group (The Polypropylene)	Rayong, Thailand	720

Adapun alasan dalam pertimbangan-pertimbangan mendirikan pabrik polipropilena antara lain:

- a. Polipropilena merupakan suatu polimer yang banyak digunakan sebagai bahan pembuatan plastik di Indonesia.
- b. Kebutuhan akan Polipropilena mengalami peningkatan disetiap tahunnya, sementara hal itu tidak diimbangi dengan produksi Polipropilena di dalam negeri. Hal itu yang menyebabkan kebutuhan akan Polipropilena di dalam negeri terus melakukan aktivitas impor dari beberapa negara.
- c. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor Polipropilena dari luar negeri, sehingga hal itu akan dapat menghemat devisa negara.
- d. Pendirian pabrik ini juga diharapkan dapat mengurangi pengangguran di Indonesia. Dengan memanfaatkan tenaga kerja dari dalam negeri, diharapkan pendirian pabrik ini dapat membantu dan meminimalisir pengangguran yang ada serta meningkatkan perekonomian masyarakat.
- e. Tersedianya bahan baku di dalam negeri, membuat proses produksi Polipropilena yang dilakukan akan relatif lebih murah serta dapat mengoptimalkan bahan baku yang ada di Indonesia.

Dengan memperhatikan hal-hal di atas, yang mana belum mencukupinya bahan Polipropilena di Indonesia, maka pendirian pabrik Polipropilena di Indonesia ini merupakan salah satu gagasan yang perlu

diperhitungkan dan dikaji lebih lanjut sebagai suatu investasi yang menguntungkan Indonesia dimasa yang akan datang.

1.1.3 Kegunaan Polipropilena

Pada dasarnya, Polipropilena yang diproduksi secara komersial terdiri dari tiga jenis, yakni Homopolimer, Kopolimer Random, dan Kopolimer Impak.

Homopolimer adalah polimer yang terbentuk dari bahan bakunya berasal dari satu macam monomer, yaitu propilena. Untuk membuat Homopolimer, cukup dengan menggunakan satu reaktor. Sifat polimer ini antara lain: memiliki berat jenis paling ringan, daya tahan panas paling tinggi, permukaan kristal yang halus, dan mempunyai daya tahan yang bagus terhadap tumbukan, kelembaban, abrasi dan gesekan. Homopolimer ini cocok digunakan dalam berbagai aplikasi seperti *film, injection, sheet thermoforming, yarn, dan fiber multifilament*.

Kopolimer random mengandung etilen yang bereaksi bersama propilena dalam pembentukan rantai polimer. Kopolimer ini juga langsung dihasilkan dalam satu reaktor. Dibandingkan dengan homopolimer, polimer ini memiliki sifat pengkristalan yang lebih rendah dan memiliki butiran sperulit yang lebih kecil.

Kopolimer impak/blok merupakan campuran antara homopolimer dengan fasa karet etilen-propilena. Kopolimer ini memiliki titik leleh paling tinggi dengan dua atau lebih fasa lelehan, memiliki kekakuan dan kekerasan lebih rendah daripada homopolimer, ketahanan terhadap tumbukan pada temperatur rendah cukup baik, dan tidak tembus cahaya. Kopolimer ini dihasilkan secara bertahap melalui pembentukan

homopolimer pada reaktor pertama dan diikuti dengan pembuatan fasa karet etilen-propilena pada reaktor kedua.

Produk yang dihasilkan tersebut dapat digunakan pada berbagai aplikasi. Aplikasi dari berbagai spesifikasi produk tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain:

a. BOPP (Bioxially Oriented Polipropylene) Film

Jenis ini merupakan resin dengan berat molekul tertinggi yang diproduksi. Penggunaannya antara lain untuk bahan kemasan makanan, rokok, plastik laminating, plastik dekorasi.

b. Yarn.

Banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan karung bahan kimia, juga untuk bagian bawah karpet, dan tali rafia. Sifatnya kuat, licin dan tidak menyerap air.

c. IPP (Inflation Polypropylene) Film

Resin ini paling banyak diproduksi dan digunakan untuk kemasan makanan, kantong plastik bagian dalam dan pembungkus tekstil.

d. Injection Molding

Resin ini banyak digunakan untuk keperluan peralatan rumah tangga seperti botol, kursi, peralatan dapur dan juga untuk keperluan otomotif.

e. Fiber

Jenis ini digunakan untuk karpet, benang dan karpet pelapis.

f. Thermoforming

1.2.1 Macam-macam proses pembuatan Polipropilena

1.2.1.1 Pembuatan Polipropilena berdasarkan fase

Berdasarkan fasenya, proses pembuatan Polipropilena dapat dibedakan menjadi 3 fase, yakni fase *slurry*, fase *liquid*, dan fase gas.

a. Proses Polimerisasi Solvent (fase *slurry*)

Partikel-partikel PP tersebar dalam bentuk *slurry* dalam pelarut dengan polimerisasi *solvent*, sehingga proses ini dapat disebut juga sebagai proses polimerisasi *slurry*. Polimerisasi *solvent* menggunakan autoclave dan juga agitator untuk reaktor, dan kondisi suhu saat beroperasi sebesar 50-80°C, serta tekanan sekitar 1 MPa. Hal ini dilakukan dengan menggunakan heksana, heptana atau pelarut hidrokarbon inert lainnya, dimana polimerisasi telah dieliminasi.

Partikel-partikel PP diperoleh setelah melalui pemisahan dan pemulihan propilena yang tidak bereaksi, *deashing* (dekomposisi dan eliminasi katalis menggunakan alkohol), pencucian dengan air, pemisahan sentrifugal dan pengeringan untuk proses penanganan lebih lanjut. Selain itu, proses untuk memisahkan AP (polimer bentuk non-kristalin dimana kelompok metil dari unit propilena yang tersusun pada rantai tidak normal), yang terproduksi sebagai produk sekunder pada 10% dari jumlah polimerisasi diperlukan pada suatu waktu, dan oleh karena itu, AP dipisahkan menggunakan kelarutannya dalam pelarut polimerisasi. Tidak hanya proses ini rumit, tetapi juga beban biaya juga besar karena pemisahan dan pemurnian alkohol dan air dalam jumlah sangat besar digunakan dalam *deashing* dari pelarut yang dipulihkan.

b. Proses Polimerisasi Bulk (fase liquid)

Proses polimerisasi bulk juga disebut juga proses polimerisasi massa, dan pelarut-pelarut seperti heksana dan heptana tidak digunakan. Proses ini merupakan polimerisasi dari propilena cair. Proses ini bertujuan untuk menyederhanakan proses dengan juga menggunakan monomer propilena sebagai pelarut. Oleh karena tidak ada pelarut lain selain propilena cair yang digunakan, biaya energi untuk uap, listrik, dll, yang diperlukan untuk memulihkan pelarut dapat sangat berkurang. Kondisi operasi yang digunakan dalam proses polimerisasi *bulk* adalah suhu antara 50-80 °C dan tekanan yang kira-kira mendekati tekanan uap propilena. Tekanan ini dapat berubah-ubah tergantung suhu, tetapi ada dikisaran 2-4 MPa. Oleh karena propilena cair digunakan untuk pelarut, reaksi polimerisasi berlangsung cepat, dan waktu retensi dipersingkat. Oleh karena efisiensi volumetrik sangat meningkat, ukuran reaktor untuk mendapatkan kapasitas produksi yang sama bisa lebih kecil daripada secara konvensional. Namun, meskipun ada produktivitas yang tinggi, luas permukaan penghilangan panas tidak cukup untuk menghilangkan panas polimerisasi jika ukuran reaktor berkurang. Sehingga, dalam kasus reaktor tangki berpengaduk, terdapat alat penukar panas eksternal khusus.

c. Proses Polimerisasi Vapor (fase gas)

Pada polimerisasi fase uap ini sebenarnya mirip dengan proses polimerisasi bulk, keduanya hanya dilakukan dengan monomer. Akan tetapi, polimerisasi yang terjadi pada fase gas ialah polimerisasi propilena dalam wujud gas, bukan propilena

dalam wujud cair, sehingga itu yang menjadi pembeda dari polimerisasi *bulk* konvensional.

Polimerisasi fase uap lebih rendah dalam segi kualitas karena tidak ada proses untuk memisahkan produk sekunder AP yang berjumlah banyak, dan produknya terbatas pada aplikasi khusus.

Tabel 1. 1 Perbandingan Proses berdasarkan fasenya.

Fase slurry	Fase Cair	Fase Gas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengurangi kompleksitas dan konsumsi energi dalam produksi polipropilena 2. Katalis yang digunakan sedikit 3. Beban biaya sangat besar 4. Konversi 30-40% 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pertukaran panas lebih efisien daripada polimerisasi fase gas yaitu 50 - 80°C 2. Kualitas produk tinggi dan konsisten karena pencampuran monomer lebih sempurna 3. Kontrol proses lebih mudah 4. Range produk tidak terbatas 5. Konversi antara 50-60% 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produk yang dihasilkan lebih uniform 2. Investasi alat lebih murah 3. Hemat energi 4. Range produk tidak terbatas 5. Konversi 20 %

1.2.1.2 Macam-macam Proses Pembuatan Polipropilena

Berbagai macam proses pembuatan Polipropilena sebenarnya sudah sejak lama dilakukan dan mengalami perkembangan teknologi yang cukup pesat.

Berikut merupakan berbagai macam proses polimerisasi pembuatan Propilena:

a. Proses Hercules

Pada proses Hercules ini merupakan proses kontinu pertama dalam teknologi produksi Polipropilena. Reaksi polimerisasi dilakukan dalam reaktor tangki

berpengaduk yang tersusun seri. Pada proses ini katalis yang digunakan TiCl_4 , kokatalis $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$, dan pelarut kerosin. Tahap polimerisasi dilakukan pada tekanan 5 bar dan temperatur yang digunakan antara $60\text{-}80^\circ\text{C}$. Setelah proses polimerisasi dan *degassing*, *slurry* polimer dikontakkan dengan alcohol untuk mendeaktivasi dan melarutkan sisa katalis yang tidak bereaksi. Selanjutnya, proses penetralan *slurry* polimer dengan larutan NaOH yang bertujuan untuk menetralkan HCl yang terbentuk pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, terbentuk fasa terlarut dan fasa hidrokarbon. Fasa terlarut diumpankan ke kolom distilasi untuk memisahkan air dan alcohol, sedangkan fasa hidrokarbon diumpankan ke filter untuk memisahkan polipropilena isotaktik dari pelarut dan polipropilena ataktik. *Suspense* polimer isotaktik lalu diumpankan ke kolom *steam distillation* untuk menghilangkan pelarut kerosin yang masih ada. Setelah itu, *suspense* disentrifugasi untuk menghilangkan steam dan kerosin yang terbawa. Polimer kemudian dikerjakan menggunakan gas nitrogen.

b. Proses Spheripol

Pada proses spheripol ini, polimerisasi dilakukan di dalam *loop tubular reactor*. Katalis yang digunakan pada proses Spheripol ini adalah TiCl_4 dengan penyangga MgCl_2 . Kondisi operasi yang terjadi pada proses Spheripol ini pada umumnya terjadi pada temperatur $65\text{-}75^\circ\text{C}$ dan tekanan 30-35 bar. Polimer yang terbentuk di dalam reaktor dipisahkan dengan cara *flashing*, yakni penurunan tekanan yang berlangsung secara tiba-tiba, sehingga monomer propilena cair akan menguap, lalu uap propilena kemudian dikondensasikan dan dikembalikan ke dalam reaktor.

c. Proses Unipol

Pada proses Unipol, reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed reactor* yang telah disusun secara seri. Temperatur operasi yang terjadi pada proses Unipol ini pada umumnya sebesar 60-70°C dengan tekanan 25-30 bar pada reaktor homopolimer, dan tekanan 20 bar pada reaktor kopolimer. Panas reaksi yang terjadi dipindahkan dengan cara mendinginkan gas *recycle* dengan alat penukar panas. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah TiCl₄ dengan penyangga MgCl₂, kokatalis *Al-trialkyl*, ditambah donor elektron berupa *alkylphthalate* dan *alkoxysilanes*.

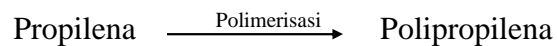
Dari data yang telah disebutkan di atas, maka dipilih proses pembuatan Polipropilena dengan fase cair dan dengan teknologi spheripol. Adapun alasan dalam pemilihan proses tersebut antara lain:

-) Proses berlangsung tidak terlalu rumit
-) Tidak dihasilkan produk samping
-) Pada *loop tubular reactor* menawarkan biaya yang lebih rendah
-) Dapat mempertahankan distribusi temperatur, tekanan, dan katalis yang seragam
-) Tidak diperlukan pemakaian pelarut
-) Pada proses spheripol, reaktor yang digunakan hanya satu, sehingga biaya yang dikeluarkan lebih murah

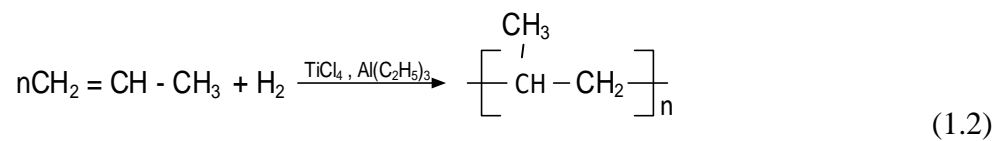
1.2.2 Konsep Reaksi

1.2.2.1 Dasar Reaksi

Secara umum, dasar reaksi polimerisasi Polipropilena adalah sebagai berikut:



Reaksi molekulernya dapat ditulis sebagai berikut (Kirk & Othmer, 1997):



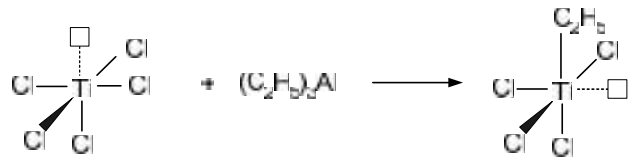
(H_{298}) sebesar -89,1 kJ/mol

1.2.2.2 Mekanisme Reaksi

Polimerisasi polipropilena adalah reaksi polimerisasi adisi koordinasi kompleks. Reaksi yang terjadi ini terbagi atas dua bagian, yaitu pembentukan kompleks koordinasi katalis – kokatalis dilanjutkan dengan polimerisasi pertumbuhan rantai (adisi). Reaksi terdiri dari 3 tahapan, yakni inisiasi, propagasi, dan terminasi.

1. Reaksi Inisiasi

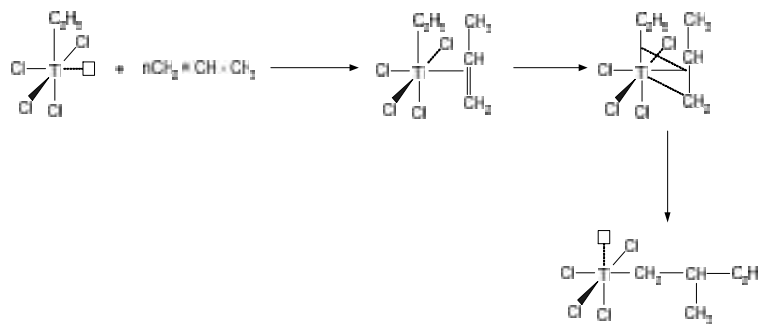
Tahap ini dengan proses pengaktifan katalis oleh kokatalis membentuk suatu senyawa kompleks logam transisi yang mempunyai ikatan koordinasi dengan satu sisi aktif. Katalis yang digunakan adalah TiCl_4 dan kokatalis $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$



(1.3)

Setelah katalis diaktifkan oleh kokatalis, monomer akan menyerang bagian aktif ini dan berkoordinasi dengan logam transisi, selanjutnya menyisip antara metil dan grup alkil, membentuk radikal bebas baru. Reaksi ini terus berlangsung menghasilkan radikal bebas selama polimerisasi.

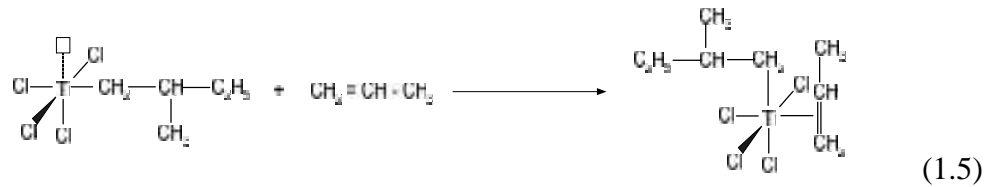
Mekanisme monologam dari kompleks Ziegler-Natta:



(1.4)

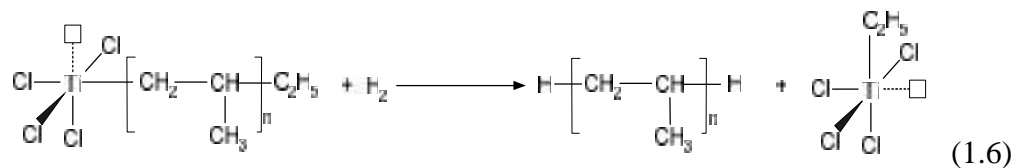
2. Reaksi Propagasi

Radikal bebas propilena terbentuk akan menyerang monomer propilena lainnya terus menerus dan membentuk radikal polimer yang panjang. Pada tahap ini tidak terjadi pengakhiran, polimerisasi terus berlangsung sampai tidak ada lagi gugus fungsi yang tersedia untuk bereaksi.



3. Reaksi Terminasi

Cara penghentian reaksi yang biasa dikenal adalah dengan penghentian ujung atau dengan menggunakan salah satu monomer secara berlebihan. Pada penghentian ujung, terjadi reaksi hidrogenasi. Hidrogen sebagai terminator akan bergabung dengan sisi aktif katalis sehingga terjadi pemotongan radikal polimer menjadi senyawa polimer dan senyawa hidrid. Senyawa hidrid akan bergabung kembali dengan monomer propilena lainnya untuk membentuk rantai polimer yang baru.



1.2.2.3 Kondisi Operasi

Reaksi yang terjadi berlangsung dalam fase cair. Propilena yang masuk kedalam reaktor berwujud cair. Katalis dan kokatalis masuk reaktor berwujud *slurry*, sedangkan hidrogen yang masuk kedalam reaktor berwujud gas. Reaktor beroperasi pada tekanan 30 atm dengan temperatur 70 °C. adapun alasan pemilihan kondisi operasi adalah sebagai berikut (Kirk & Othmer, 1997):

1. Untuk menjaga propilena agar tetap dalam fase cair.

2. Untuk menghilangkan kebutuhan akan pelarut. Adanya pelarut menyebabkan dibutuhkan proses pemisahan pelarut dari produk.
3. Katalis dan kokatalis bekerja secara optimal pada suhu 70 °C

Reaksi polimerisasi pembentukan polipropilena merupakan reaksi yang bersifat irreversibel dan eksotermis, karena itu reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin untuk menjaga suhu operasi. Panas reaksi pada keadaan standar (H_{298}) sebesar -89,1 kJ/mol.