

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 *Polypropylene*

*Polypropylene* merupakan salah satu polimer yang termasuk dalam kelompok termoplastik poliolefin. Produksi *polypropylene* dilakukan dengan polimerisasi koordinasi menggunakan katalisator Ziegler-Natta. Namun, dalam spesifikasi tertentu *polypropylene* juga dapat dibuat sebagai fiber. Secara umum *polypropylene* mempunyai suhu pelelehan lebih tinggi daripada polietilen. *Polypropylene* bisa tahan sampai suhu 165°C. Oleh karenanya beberapa produk rumah tangga seperti piring plastik dibuat dari *polypropylene*. Sebagai fiber, polipropilen banyak dimanfaatkan untuk karpet dalam rumah maupun sebagai rumput sintetis untuk pelatihan olahraga golf misalnya

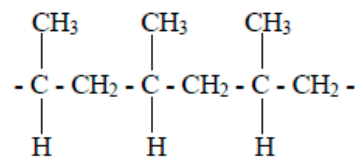
Teknologi pembuatan *polypropylene* mirip dengan teknologi pembuatan polietilen yaitu menggunakan reaktor double-loop dengan katalisator Ziegler-Natta atau gabungan beberapa katalisator (*metallocene catalyst*)



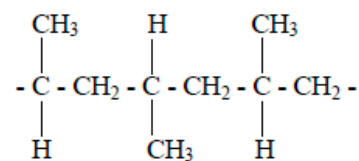
Gambar II. 1 Pembentukan *Polypropylene* dari *Propylene*

Sifat penting dari polimer adalah kristalinitas. Kristalinitas merupakan rangkaian molekul yang saling berikatan secara teratur. Pada polimer *polypropylene*, rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin (molekul tersusun teratur) dan bagian lain membentuk daerah amorf (molekul tersusun secara tidak teratur). Teknologi produksi *polypropylene* memiliki keunikan yaitu dapat dilakukan variasi *tacticity* dalam struktur molekulnya. *Tacticity* meningkatkan derajat kristalinitas pada suatu polimer. Struktur isotaktik mempunyai ciri bahwa cabang (grup metil) berada di satu sisi saja. Dalam struktur polimer atom-atom karbon terikat secara tetrahedral dengan

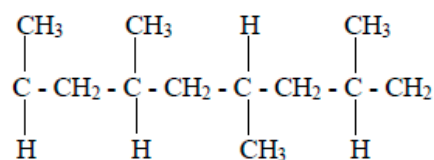
sudut antara ikatan C-C 109,5°C dan membentuk rantai zigzag planar. Untuk *polypropylene* struktur zigzag planar tiga dimensi dapat berlangsung melalui 3 cara yang berlainan tergantung pada tempat gugus metilnya. Ini menghasilkan struktur isotaktik, sindiotaktik atau taktik. Ketiga struktur *polypropylene* tersebut pada pokoknya secara kimia berbeda. Pada *polypropylene* isotaktik semua gugus metil (CH) berada pada belahan yang sama dari rantai utama karbonnya, pada sindiotaktik gugus metil terletak arah berlawanan selang-seling, sedangkan yang ataktik gugus metilnya acak seperti gambar dibawah ini



(a)



(b)



(c)

Gambar II. 2 Struktur *polypropylene* (a) isotactic; (b) syndiotactic; (c) atactic

## II.2 Polimerisasi *Polypropylene*

Proses produksi *polypropylene* dapat dilakukan dengan bermacam-macam metode. Berikut merupakan proses polimerisasi *polypropylene* berdasarkan fase polimerisasi:

### 1. Proses *Slurry (Inert Diluent)*

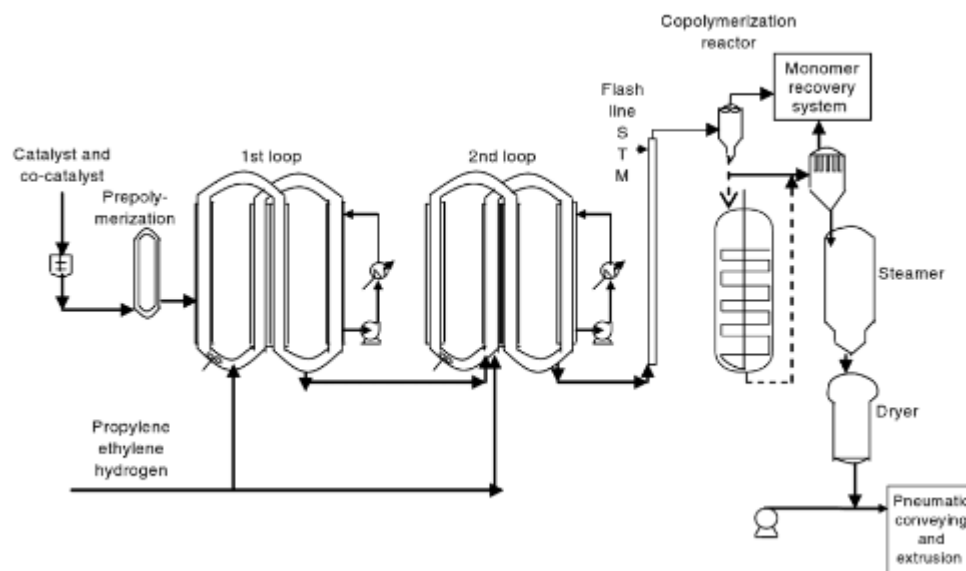
Proses dasar manufaktur *polypropylene* dengan proses ini meliputi serangkaian CSTR dan polimerisasi berlangsung dalam pengencer inert. Pada awal 1970-an, banyak perkembangan variasi yang berbeda dari proses *slurry*. Rancangan proses ditentukan oleh katalis yang tersedia pada saat itu, yang biasanya memiliki aktivitas rendah dan menghasilkan polimer dengan isotaktisitas rendah. Karena aktivitas katalis rendah, serangkaian reaktor diperlukan untuk mendorong reaksi hingga selesai. Tidak jarang reaksi ini dilakukan dengan lima reaktor secara seri, dan beberapa bahkan dengan tujuh reaktor secara seri, yang dirancang pada hari-hari sebelumnya. *Deashing* diperlukan untuk menghilangkan residu katalis tingkat tinggi dari produk langkah penghilangan polipropilena ataktik juga diperlukan. Variasi yang berbeda dari proses *slurry* termasuk penggunaan pengencer mulai dari hidrokarbon C<sub>6</sub> hingga C<sub>12</sub>.

Proses *diluent slurry* untuk *polypropylene* mahal untuk dibuat dan dijalankan karena banyaknya peralatan yang terlibat. Mereka sebagian besar telah digantikan oleh proses fase bulk dan gas yang lebih efisien. Sebagian besar pabrik *diluent slurry* yang tersisa di dunia sekarang berfokus pada produksi polimer khusus, karena proses *slurry* pengencer memang menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan proses bulk dan fase gas lainnya. Contohnya adalah produksi *high-crystallinity polypropylene* (HCPP), di mana sebagian besar polimer ataktik dilarutkan dalam pengencer dan dihilangkan dari produk akhir, meningkatkan kristalinitas dan kekakuan polimer yang dihasilkan.

### 2. *Liquid Propylene Process*

Dalam jenis proses ini, polimerisasi terjadi dalam *propylene* cair tanpa menggunakan pengencer inert. Ini adalah penyederhanaan yang signifikan atas proses *diluent slurry*, karena *propylene* dapat dipisahkan dari polimer dengan mem-flash (menurunkan tekanan), dan tidak diperlukan sistem pemulihan pengencer yang ekstensif. Proses dominan di segmen pasar ini adalah proses Spheripol oleh Basell. Mirip dengan dominasi yang dicapai oleh proses

Phillips di HDPE, kira-kira sepertiga dari *polypropylene* dunia diproduksi menggunakan proses Spheripol. Proses Spheripol menggunakan reaktor loop. Reaktor loop kecil digunakan untuk prapolimerisasi katalis: polimerisasi utama, untuk homopolimer atau kopolimer acak, berlangsung dalam satu atau dua reaktor loop. Untuk produksi kopolimer impact, reaktor fase gas diperlukan setelah reaktor loop karena terbatasnya kelarutan etilena dalam propilena cair. Sebuah diagram aliran khas dari proses Spheripol ditunjukkan pada Gambar II.3.

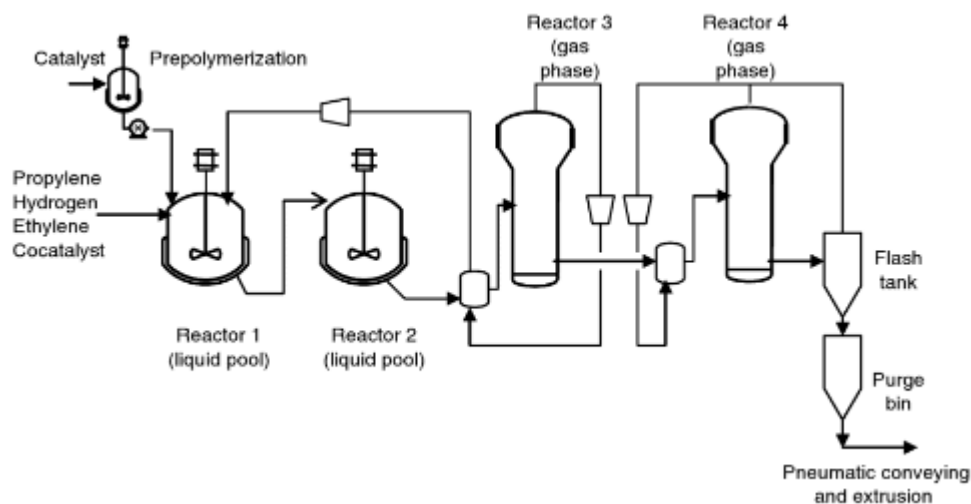


Gambar II. 3 Proses Spheripol

Basell baru-baru ini mengembangkan proses Spherizone menggunakan reaktor unggun sirkulasi. Selain konfigurasi reaktor yang berbeda, proses Spherizone pada dasarnya sama dengan proses Spheripol, Proses *bulk propylene* lainnya yang bersaing termasuk proses Mitsui Hypol dan berbagai cabang proses El Paso untuk Resene). Pada tahun 2005, ExxonMobil mengumumkan bahwa mereka melisensikan proses massal *propylene* berdasarkan reaktor loop. Proses Exxon Mobil mirip dengan proses Spheripol dengan loop tunggal atau ganda, tetapi reaktor fase gas *fluidized bed*.

Proses Mitsui Hypol didasarkan pada dua reaktor *autoclave* berpengaduk diikuti oleh dua reaktor fase gas unggun terfluidisasi (Gambar II.3). Reaktor

fasa gas juga digunakan dalam homopolimerisasi, memungkinkan pembuatan polimer dengan sifat yang lebih baik. Dalam proses Hypol 11 yang lebih mutakhir, otoklaf berpengaduk digantikan oleh reaktor loop yang memberikan throughput lebih tinggi dan selanjutnya mengurangi biaya modal. Proses El Paso menggunakan reaktor *autoclave* berpengaduk tunggal yang besar untuk produksi homopolimer. Untuk kopolimer tumbukan, digunakan reaktor fase gas berpengaduk horizontal kedua.



Gambar II. 4 Proses Mitsui Hypol

### 3. Fasa Gas

Ada beberapa proses fase gas yang berbeda untuk polimerisasi propilena, dengan konfigurasi reaktor yang berbeda sebagai berikut:

#### a. Proses Unipol

Proses ini awalnya dikembangkan untuk produksi polietilen, kemudian diperluas ke pembuatan polipropilen. Prosesnya terdiri dari reaktor fase gas unggun terfluidisasi besar untuk produksi homopolimer dan kopolimer acak, dan reaktor kedua yang lebih kecil untuk produksi kopolimer impak. Reaktor kedua lebih kecil dari yang pertama karena hanya 20% produksi yang berasal dari reaktor kedua. Reaktor ini biasanya memiliki peringkat tekanan yang lebih rendah karena kopolimerisasi biasanya dilakukan pada suhu dan tekanan yang lebih rendah. Operasi mode terkondensasi digunakan dalam reaktor homopolimer tetapi pengencer inert tidak

diperlukan karena propilena sebagian diumpankan sebagai cairan. Reaktor kopolimerisasi dioperasikan murni dalam fase gas. Proses Unipol memiliki sistem pelepasan produk yang unik dan kompleks yang memungkinkan pemulihan monomer yang tidak bereaksi dengan sangat efisien, tetapi hal ini menambah kompleksitas dan biaya modal untuk proses tersebut,

b. Proses Novolen

Proses ini dilisensikan oleh Novolen Technology Holdings (NTH), menggunakan reaktor berpengaduk vertikal untuk polimerisasi propilena. Proses dasarnya mirip dengan proses Unipol tetapi dengan sistem pelepasan polimer yang lebih sederhana. Novolen mengklaim proses ini membutuhkan investasi modal paling rendah di kelasnya dan memiliki biaya operasional yang rendah.

c. Innovene 179

Proses ini dikembangkan oleh Amoco (yang menjadi BP dan sekarang Ineos) menggunakan reaktor berpengaduk horizontal. Keuntungan dari proses ini adalah sifat polimer yang ditingkatkan dengan karakteristik reaktor aliran plug dan transisi kelas yang cepat, tetapi kompleksitas reaktor (terutama impeler horizontalnya) meningkatkan biaya modal.

Baik teknologi NTH dan Innovene memerlukan dua reaktor secara seri untuk menghasilkan resin polipropilena yang baik. Tabel II.1 merangkum karakteristik paling penting dari proses fasa gas ini untuk produksi polipropilena.

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Produksi Polypropylene

Process	Reactor type		Mode of operation	Reactor temperature (°C)	Reactor pressure (bar)	Residence time (h)
	Homopolymer	Impact copolymer				
Slurry	Series of autoclaves	Series of autoclaves	Slurry	65–75	8–12	Up to 5
Spheripol	Loop	Stirred gas	Liquid pool (bulk)/gas	65–75	30–35	~2
Hypol	Stirred autoclave (Hypol I)	Fluidized bed gas	Bulk/gas	65–75	30–35	~2
	Loop (Hypol II)	Fluidized bed gas				
Unipol	Fluidized bed gas	Fluidized bed gas	Condensed gas phase/gas	60–70	25–30	~1
NTH	Vertical stirred gas	Vertical stirred gas	Gas/gas (non-condensed)	80–85	30–35	~1
Innovene	Horizontal stirred gas	Horizontal stirred gas	Gas/gas	60–70	25–30	~1