

BAB II

URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

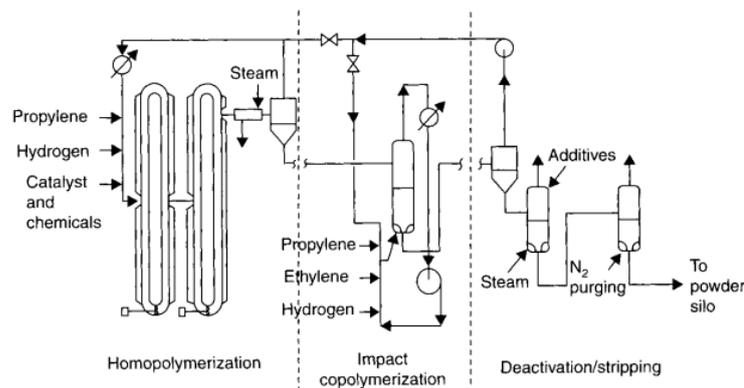
II.1 Jenis-Jenis Proses

Pada pembuatan polipropilen dikenal beberapa macam proses yaitu :

1. Polimerisasi fase cair dan gas (hybrid) (proses spheripol)
2. Polimerisasi fase gas (Proses Unipol)
3. Polimerisasi Bulk (proses EL PASO or Liquid Pool)

II.1.1 Proses Spheripol

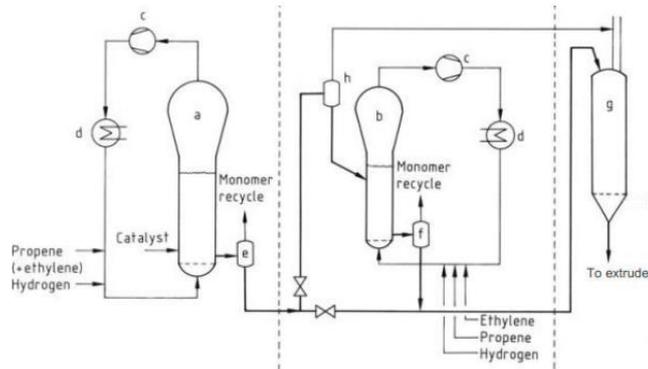
Polimerisasi hybrid atau disebut juga proses spheripol merupakan proses dimana polimerisasi dilakukan di dua reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor slurry yang dioperasikan secara looping seperti gambar II.1 dan reaktor gas . kondisi operasi pada reaktor loop 60°C - 80°C dan 35-50 atm. Reaksi polimerisasi berjalan pada kondisi eksotermis. Panas reaksi yang dihasilkan akan diserap melalui jaket pendingin yang mengelilingi reaktor. Polimer yang terbentuk kemudian dipisahkan dari monomer sisa reaksi melalui flash line heater. Bubuk polimer yang dihasilkan kemudian akan melewati proses finishing dengan mengubahnya menjadi pellet (Malpass & Elliot, 2012)



Gambar II. 1 Proses Polimerisasi dengan proses Spheripol

II.1.2 Proses Unipol

Proses unipol merupakan proses polimerisasi polipropilene dalam fase gas. Reaktro yang digunakan adalah reaktor fluidized bed yang memiliki unggun dari serbuk polipropilen. Fluidized bed dipertahankan dengan memperkenalkan gas propilen melalui plate distributor di bagian bawah reaktor. Laju aliran yang sangat tinggi dan propilen yang berfungsi baik sebagai monomer dan gas pendingin untuk menghilangkan panas dari polimerisasi. Reaktan dan katalis yang digunakan dalam proses unipol akan dimasukkan langsung ke dalam reaktor dengan kondisi operasi 60-80 °C dan tekanan 17-30 atm (Malpass & Elliot, 2012).



Gambar II.2 Proses Polimerisasi dengan proses Unipol

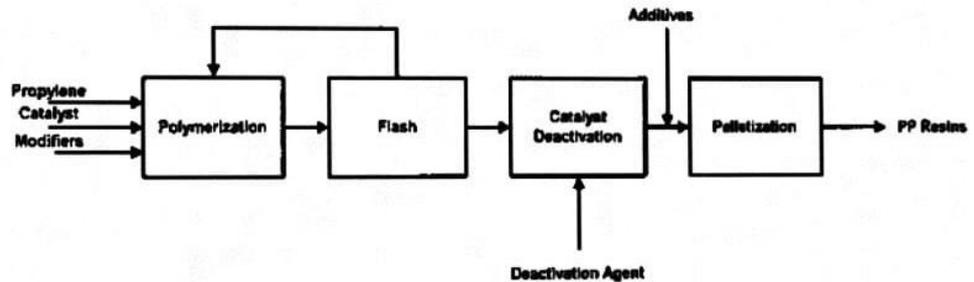
II.1.3 Proses El Paso atau Bulk polimerisasi

Bulk polimerisasi adalah proses polimerisasi yang tanpa menggunakan solvent seperti hexane dan heptane. Polimerisasi dilakukan dikeadaan cair dengan cara propylene sebagai monomer dicairkan terlebih dahulu pada tekanan yang tinggi. Proses bulk polimerisasi atau El Paso merupakan proses generasi kedua, karena dibutuhkan hanya sedikit alat yang diperlukan. Kondisi operasi reaktor nya adalah 50-80°C dan mempunyai tekanan sekitar 250-550 psig.

(Sumitomo, 2019)



PRA RANCANGAN PABRIK
”PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN DENGAN PROSES
EL PASO KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN”



Gambar II.3 Proses Polimerisasi El Paso Bulk Polimerisasi

II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian ketiga proses diatas, maka dipilih proses bulk polimerisasi atau proses el paso. Pemilihan ketiga proses tersebut dilakukan berdasarkan perbandingan berbagai parameter meliputi teknik, ekonomi, dan lingkungan. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Polimerisasi Polipropilen

| Parameter | Proses Spheripol | Proses Unipol | Proses Elpaso |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Bahan Baku | Propilen, hidrogen | Propilen, Hidrogen | Propilen, hidrogen |
| Solvent | Hexane | - | - |
| Jenis Reaktor | Loop tubular | Fluidized Bed | CSTR |
| Fase reaksi | Cair, Gas | Gas | Cair |
| Temperatur | 50-80°C | 60-80°C | 45-80°C |
| Tekanan | 100-400 psig | 200-600 psig | 250-550 psig |

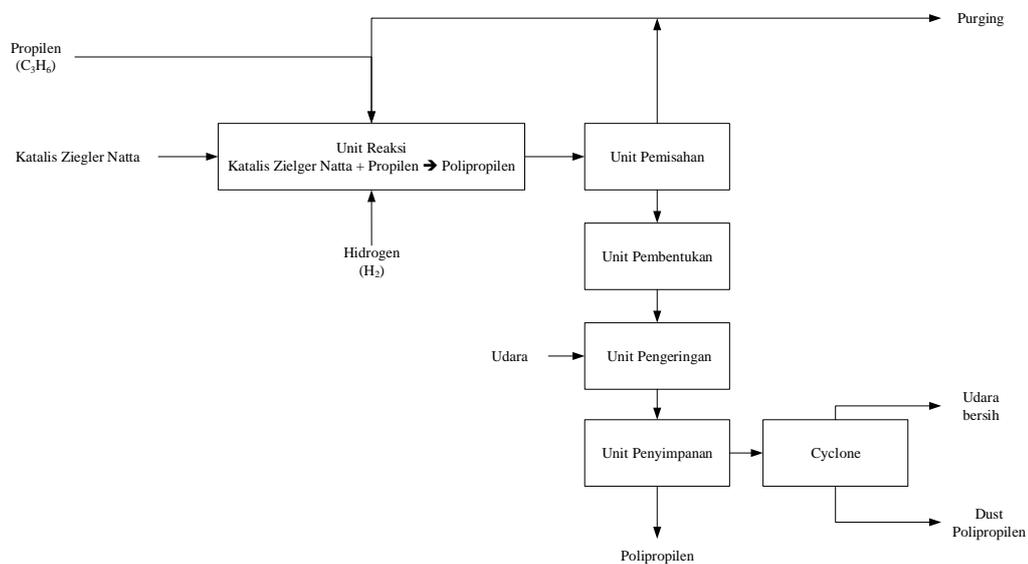
Berdasarkan gambar di atas , maka proses yang dipilih adalah proses EL PASO, menimbang dari tidak dibutuhkan solvent dalam proses pembuatan polimernya, sehingga tidak memerlukan pemisahan yang rumit. selain itu, Proses EL-PASO tidak memerlukan *solvent* sehingga dapat mengurangi biaya produksi pada pabrik. Proses EL-PASO dilakukan dalam keadaan cair/slurry sehingga



PRA RANCANGAN PABRIK
"PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILLEN DENGAN PROSES
EL PASO KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN"

pengendalian proses produksi lebih mudah dari pada dijalankan didalam fase gas. fase gas membutuhkan design reaktor yang besar sehingga akan mempengaruhi *cost* dari proses produksi, serta dalam bentuk cair mempunyai pertukaran panas yang lebih efisien daripada dalam bentuk gas.

II.3 Uraian Proses



Gambar II.4 Proses Polimerisasi El Paso Bulk Polimerisasi

Alur proses :

1. Persiapan propilen

Propilen yang dipasok oleh PT Chandra Asri memiliki komposisi 99,85% propilen dan 0,15 % propana. Propilen akan disimpan dalam bentuk liquid pada suhu 30°C dan tekanan 12 atm pada tangki (F-110). Oleh karena itu, sebelum diumpankan ke dalam reaktor, propilen akan dialirkan menuju pompa lalu masuk ke reaktor (R-210) bersamaan dengan aliran recycle propilen.



2. Persiapan Hidrogen

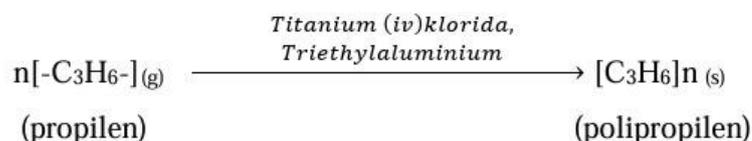
Hidrogen didapatkan melalui pipa-pipa yang didapatkan dari PT Air Linde, kemudian hidrogen dialirkan menuju reaktor (R-210). Laju hidrogen diatur berdasarkan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana MFI atau melt flow rate adalah ukuran kecepatan ekstruksi dari material termoplastik yang melewati *die* dengan temperatur dan beban yang ditentukan. $\alpha = 13,42$, $\beta = 1,948$ dan $\gamma = -3,756$, T adalah suhu reaktor ($^{\circ}\text{C}$). dan X adalah rasio antara hidrogen dengan propilen (Varshouee, 2019).

II.3.1 Reaksi

Reaksi polimerisasi polipropilen dilakukan di dalam CSTR (R-210) pada tekanan 30 atm dan suhu 70°C . Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :

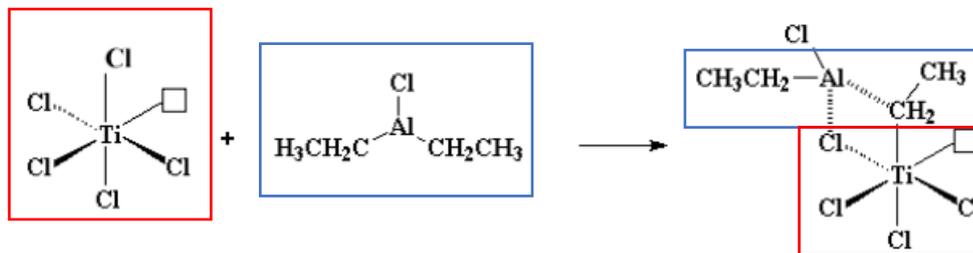


Gambar II.5 Reaksi Proses Polimerisasi El Paso

Reaksi yang terjadi terdiri dari tiga tahapan reaksi yaitu tahap inisiasi, tahap propagasi dan tahap terminasi. Reaksi berjalan secara eksotermis dan untuk menjaga agar suhu reaktor tetap konstan maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin.

1. Inisiasi (Aktivasi Katalis)

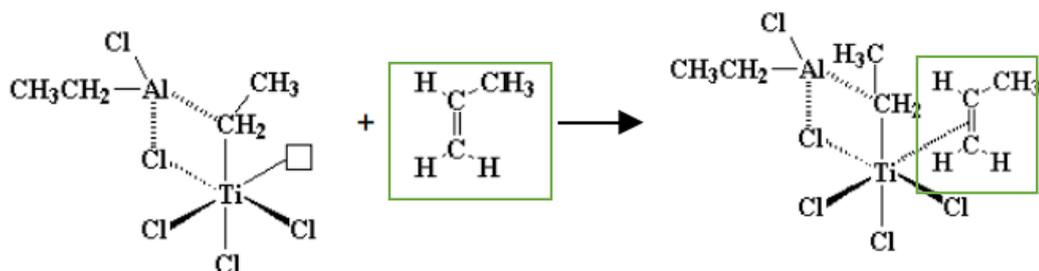
Pada tahap ini, katalis yang sudah diaktivasi digunakan untuk membentuk suatu senyawa kompleks logam transisi. Senyawa kompleks ini memiliki ikatan koordinasi dengan satu sisi yang aktif .



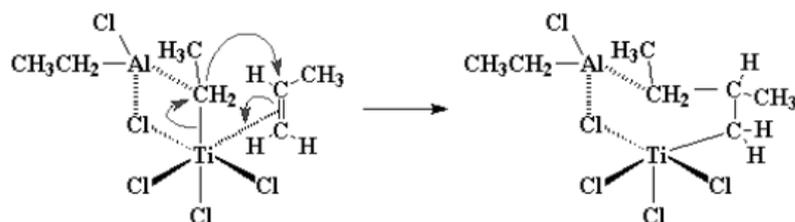
Gambar II.6 Tahap Inisiasi kalatalis TiCl_4 dan Kokatalis $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$

Setelah katalis diaktifkan oleh kokatalis, monomer akan berinteraksi dengan bagian aktif ini dan membentuk ikatan koordinasi dengan logam transisi. Kemudian, terjadi penyisipan antara metil dan grup alkil, yang menghasilkan pembentukan radikal bebas baru. Proses reaksi ini berlanjut dan menghasilkan radikal bebas selama proses polimerisasi.

2. Propagasi (Pembentukan Rantai)



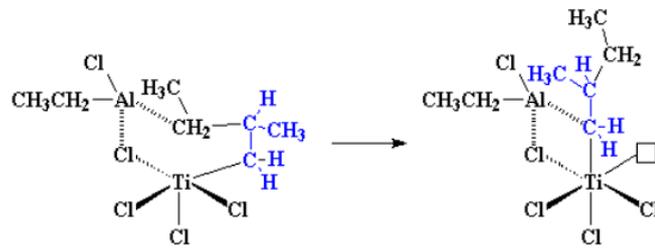
Namun bangun kompleks tersebut tidak stabil oleh karena terdapat perpindahan elektron hingga membentuk struktur baru sebagai berikut.



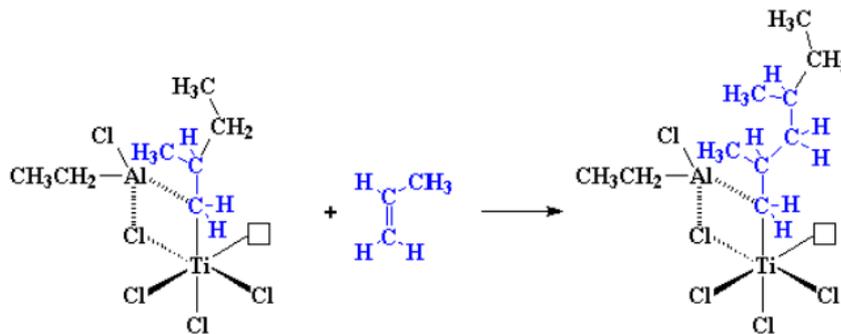
Selanjutnya terjadi migrasi dimana berakibat terdapat orbit kosong pada atom titanium.



PRA RANCANGAN PABRIK
"PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILLEN DENGAN PROSES
EL PASO KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN"



Manakala senyawa tersebut bertemu dengan monomer propilen maka akan terbentuk senyawa baru dengan orbit kosong. Demikian seterusnya hingga terbentuk polipropilen isotaktik.

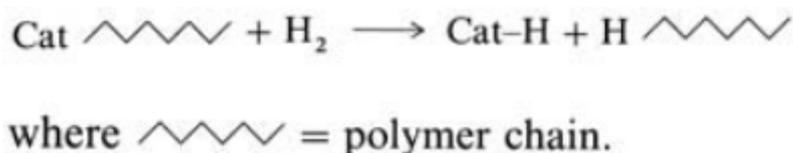


Gambar II.7 Tahap Propagasi

Radikal bebas propilen yang terbentuk akan terus menerus menyerang monomer propilen lainnya dan membentuk rantai polimer yang panjang. Pada tahap ini, tidak ada pengakhiran yang terjadi, sehingga proses polimerisasi berlanjut sampai tidak ada lagi gugus fungsi yang tersedia untuk bereaksi.



3. Terminasi (Pemutusan Rantai)



Gambar II.8 Tahap Terminasi Pembuatan Polipropilene karena adanya Hidrogen

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghentikan reaksi adalah melalui penghentian ujung atau dengan menggunakan salah satu monomer secara berlebihan. Dalam penghentian ujung, terjadi reaksi hidrogenasi dimana hidrogen berfungsi sebagai terminator yang bergabung dengan sisi aktif katalis. Hal ini mengakibatkan pemotongan rantai radikal polimer, membentuk senyawa polimer dan senyawa hidrid. Selanjutnya, senyawa hidrid akan bergabung kembali dengan monomer propilen lainnya, membentuk polimer yang baru.

(Billmeyer,1984)

II.3.2 Tinjauan Kinetika

Mekanisme reaksi polimerisasi adisi koordinasi sendiri sangat kompleks dan sulit untuk diketahui dengan pasti. Karena rumitnya polimerisasi Ziegler Natta, tidak ada skema kinetik terpadu atau komprehensif yang muncul, yang memperhatikan dengan cukup serapan permukaan, interaksi katalis-kokatalis, penurunan aktifitas katalis, morfologi katalis, ukuran partikel dan lain-lain sehingga kecepatan transfer massa antar monomer dan katalis dapat diabaikan terhadap laju reaksi (Stevens,2001).

Reaksi inisiasi dan reaksi terminasi berlangsung spontan atau sangat cepat sehingga laju reaksi inisiasi dan terminasi dapat diabaikan terhadap laju reaksi propagasi. Reaksi propagasi berlangsung lebih lambat sehingga mengkontol reaksi keseluruhan.



Jika reaksi hanya dilihat sebagai pertumbuhan rantai polimer (reaksi propagasi) maka laju reaksi polimerisasi overall dapat ditulis dengan persamaan (Kirk Othmer, 1997).

$$R_p = k_p (C^*)(M) \dots \dots \dots (2.1)$$

- Dengan = R_p : laju kecepatan polimerisasi overall
 k_p : konstanta kecepatan polimerisasi overall
(C^*) : konsentrasi bagian aktif katalis
(M) : Konsentrasi Monomer

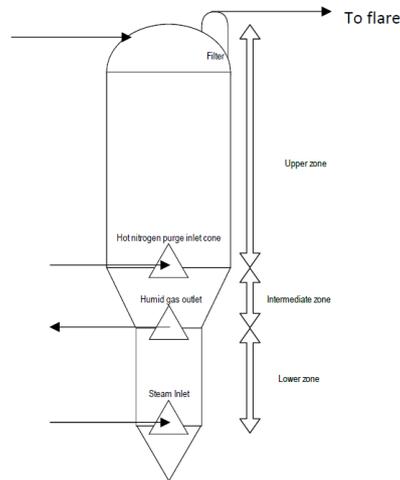
Untuk sistem reaksi :

- k_p : 800 $\text{dm}^3/\text{mol s}$
 C^* : 42 mmol/mol Ti

Konversi menurut (styker et al, 1972) adalah 50-60% agar kontrol panas lebih baik dan distribusi berat molekul yang lebih merata.

II.3.3 Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk yang dihasilkan dari reaktor terdiri dari flake polipropilen dan monomer propilen yang tersisa dari reaksi. Selanjutnya, dilakukan proses pemulihan monomer propilen yang tersisa dengan menggunakan metode pemisahan menggunakan cyclone (H-310) pada tekanan 1 atm. Hasil yang diperoleh dari bagian atas cyclone adalah gas monomer propilen beserta impuritisnya, seperti propana, sedangkan hasil dari bagian bawahnya adalah resin polipropilen yang memiliki sisa monomer 1,5%. Resin polipropilen kemudian dialirkan ke resin degassing colum (H-320) untuk membersihkan sisa katalis dan monomer di dalam polipropilen. Adapun gambar dari resin degassing column adalah sebagai berikut :



Gambar II. 9 Sistem Resin Degassing Column

Resin Degassing Column terdiri atas tiga zona yakni upper zone untuk memisahkan resin dengan residu monomer, intermediate zone yang menghubungkan dua zona lain, dan lower zone untuk deaktivasi katalis dan kokatalis. Upper zone memiliki diameter 1,5 kali lebih besar dibandingkan lower zone (US Patent 4,758,654). Resin yang terbentuk di reaktor dialirkan ke dalam Resin Chamber untuk kemudian dialirkan ke dalam Resin Degassing Column. Dalam upper zone, aliran resin dan gas akan dikontakkan dengan gas inert nitrogen untuk purging dan menghasilkan aliran keluar atas kolom yang mengandung gas inert sebagai purging gas, conveying gas, dan gas-gas monomer. Aliran resin kemudian akan melewati intermediate zone dan lower zone. Pada *lower zone*, aliran resin dan gas akan dikontakkan dengan steam untuk deaktivasi katalis sehingga menghasilkan aliran gas mengandung steam, conveying gas dan sedikit gas monomer yang dikeluarkan dari kolom pada intermediate zone melewati collection cone vent untuk kemudian dibuang ke flare.

II.3.4 Sistem Finishing dan Recovery

Resin polipropilen kemudian ditambahkan zat aditif IRGANOX @1010 untuk pencegahan proses oksidasi pada polipropilen dan mempermudah proses



PRA RANCANGAN PABRIK
"PABRIK POLIPROPILEN DARI PROPILEN DENGAN PROSES
EL PASO KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN"

pelletizing. Kemudian campuran diolah menjadi bentuk pellet menggunakan alat *Extruder-Pelletizer* (EX-350). Pellet polipropilen selanjutnya ditansfer ke dalam rotary dryer untuk dilakukan proses pengeringan. Setelah itu polipropilen di masukkan di gudang penyimpanan (F-370) . Sedangkan, Gas monomer propilen sisa dicairkan kembali dengan meningkatkan tekanan menggunakan kompressor hingga mencapai 30 atm. Selanjutnya, suhunya diturunkan menggunakan kondensor dengan fluida dingin hingga mencapai suhu 30°C. Setelah itu, gas monomer propilen dicampur dengan propilen segar yang masuk, dan sebagian lainnya di tampung di tangki penyimpanan sementara.