



## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

### BAB II

#### URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

##### II.1 Macam-macam Proses Polimerisasi PVC Secara Umum

Proses pembuatan PVC dapat dilakukan dengan tiga metode proses polimerisasi yaitu sebagai berikut:

1. Polimerisasi Bulk
2. Polimerisasi Emulsi
3. Polimerisasi Suspensi

##### II.1.1 Polimerisasi Bulk

Polimerisasi Bulk atau polimerisasi massa adalah proses yang paling sederhana yang hanya menggunakan monomer klorida vinil dan inisiator. Proses ini tidak memerlukan persiapan larutan, air, pengeringan, pemisahan, dan pengolahan air limbah. Polimerisasi Bulk merupakan proses yang sangat efisien, karena dapat dijalankan dalam reaktor kecil namun produksi yang dihasilkan yang besar. Proses ini menghasilkan polimer dengan kemurnian tinggi karena formulasi polimerisasi yang sederhana. Proses polimerisasi Bulk memiliki banyak kekurangan :

- Prosesnya sangat eksotermis untuk menghilangkan monomer sisa
- Kesulitan dalam membersihkan gas-gas sisa (uap dan/atau nitrogen) dari monomer sisa
- Keseragaman ukuran polimer yang terbentuk sangat rendah

##### II.1.2 Polimerisasi Emulsi

Polimerisasi emulsi adalah proses utama pembuatan PVC dengan kualitas pasta. Dalam polimerisasi emulsi, campuran *vinyl chloride*, air, emulsifier (misalnya, alkil aril atau alkil sulfonat), dan inisiator dihomogenkan dalam wadah terpisah dan dipompa ke dalam reaktor. Inisiator pada polimerisasi emulsi umumnya berupa *ammonium persulfates* dan *potassium persulfates*. Campuran tersebut kemudian dipanaskan dengan pengadukan ke suhu polimerisasi. Emulsi stabil terbentuk dengan ukuran partikel 0,1-5  $\mu\text{m}$ . Ini berbeda dengan polimerisasi

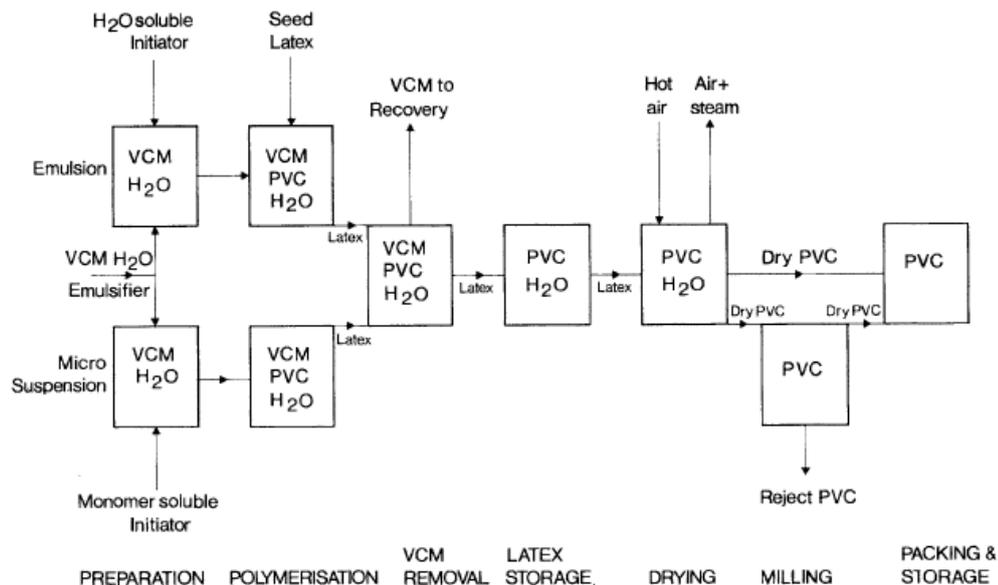


## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

suspensi dan polimerisasi Bulk yang menghasilkan partikel yang jauh lebih besar (100  $\mu\text{m}$ ).

Pabrik yang memproduksi polimer PVC dalam bentuk pasta biasanya memiliki kapasitas yang kecil, namun menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Reaktor polimerisasi emulsi biasanya berukuran 20-80  $\text{m}^3$  dengan suhu reaksi 50-80°C. Selanjutnya produk PVC dilakukan stripping untuk menghilangkan sisa monomer *vinyl chloride* yang tidak terpolimerisasi. Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan *spray dryer* karena ukuran partikel produk PVC hasil polimerisasi yang sangat kecil. Produk PVC dalam bentuk bubuk kemudian dilakukan penyeragaman ukuran lagi sebelum dipasarkan.



(Burgess, 1982)

### II.1.3 Polimerisasi Suspensi

Polimerisasi Suspensi merupakan proses pembentukan senyawa *Poly Vinyl Chloride (PVC)* dari monomer *vinyl chloride* dimana, monomer tersebut tidak larut dalam media polimerisasi yang biasanya berupa air. Proses polimerisasi suspensi menyelesaikan permasalahan yang dialami polimerisasi Bulk yakni prosesnya yang sangat eksotermis dan sulitnya pengendalian suhu reaksi, yang mana dengan terbentuknya suspensi, kontrol suhu pada reaksi lebih mudah dilakukan. Polimerisasi Suspensi melibatkan *suspension agent* sebagai *protective*

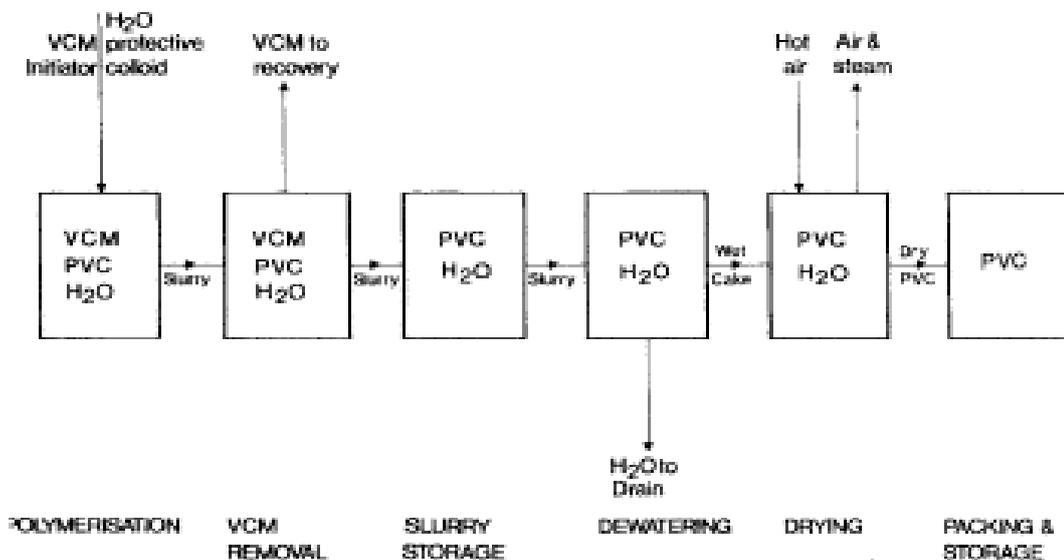


## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

*colloid* yang bertujuan untuk mencegah proses aglomerasi dari droplets monomer *vinyl chloride*. Tanpa suspension agent, produk PVC yang dihasilkan akan menggumpal dan mengganggu keseragaman ukuran produk. Suspension agent yang digunakan biasanya berupa *Poly Vinyl Alcohol (PVA)* dan *hydroxypropyl methylcellulose*. Inisiator pada polimerisasi suspensi biasanya berupa senyawa peroksida organik seperti *Dilaruoyl Peroxide* (Wypych, 2008).

Proses pembentukan polimer terjadi pada reaktor alir tangki berpengaduk dengan ukuran yang besar (mencapai 200 m<sup>3</sup>) dan tertutup karena Vinyl Chloride yang beracun bila berkontak dengan manusia. Untuk proses polimerisasi suspensi meliputi proses polimerisasi yang dilakukan di reaktor alir tangki berpengaduk, selanjutnya dilakukan proses stripping untuk menghilangkan sisa VCM yang terlewat pada proses polimerisasi, selanjutnya PVC akan dilewatkan ke *centrifuge* untuk menghilangkan kandungan air pada produk dan dikeringkan menggunakan *rotary dryer* untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa



(Burgess, 1982)



## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

### II.2 Pemilihan Proses

Perbandingan ketiga metode proses polimerisasi tersebut dapat dilihat dari tabel II.1 berikut :

Tabel II. 1 pemilihan Proses Produksi PVC

Parameter	Metode Polimerisasi		
	Polimerisasi Bulk	Polimerisasi Suspensi	Polimerisasi Emulsi
Bahan Baku Utama	Vinyl Chloride	Vinyl Chloride	Vinyl Chloride
Inisiator	Diacetyl Peroxide (CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Dilaruoyl Peroxide (C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> CO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Pottasium Persulphate (K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )
Temperature Reaksi	60 - 70°C	50 - 72°C	50 - 80°C
Tekanan Reaksi	5 – 12 bar	6,3 bar	6,4 – 10 bar
Konversi	90%	90%	80 - 90%

(Sumber : Burgess. R. H, 1982 ; George Wypych, 2008)

Berdasarkan tiga proses polimerisasi PVC yang diuraikan di tabel II.1 dapat dinyatakan proses yang dipilih dalam perancangan pabrik ini yaitu proses Polimerisasi Suspensi. Pemilihan proses polimerisasi suspensi didasarkan dengan kelebihan yang meliputi :

1. Kemurnian Produk PVC tinggi
2. Proses reaksi tidak membutuhkan suhu yang terlalu tinggi
3. Produk PVC yang dihasilkan lebih seragam
4. Produk PVC dengan metode polimerisasi suspensi paling banyak digunakan di dunia (80% Polimerisasi Suspensi, 12% Polimerisasi Emulsi, 8% Polimerisasi Bulk)

### II.3 Proses Pembuatan PVC Terpilih

Proses pembuatan Polyvinyl Chlorida dengan Proses Polimerisasi Suspensi meliputi beberapa tahapan, diantaranya adalah:



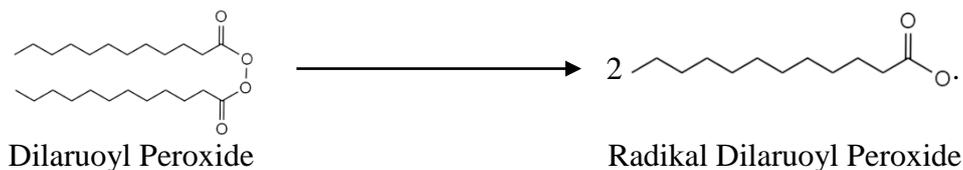
## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE  
DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

1. Persiapan Bahan Baku
2. Proses Polimerisasi
3. Proses Pemurnian

### II.3.1 Persiapan Bahan Baku

Pada proses ini, bahan baku pembuatan PVC yang meliputi Monomer Vinyl Chloride disimpan di tangki F-110 dengan suhu 30°C dan tekanan 5 atm, Dilauroyl Peroxide sebagai inisiator disimpan di gudang penyimpanan F-120, Polyvinyl Alcohol sebagai Suspension Agent disimpan di gudang penyimpanan F-130, dan Air sebagai media dialirkan dari unit utilitas. Sebelum direaksikan di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk, Bahan Baku Pendukung yakni Dilauroyl Peroxide, Polyvinyl Alcohol, dan Air dimasukkan kedalam mixer M-140 untuk dilakukan pencampuran



### II.3.2 Proses Polimerisasi

Selanjutnya Monomer Vinyl Chloride dan bahan baku pendukung dimasukkan ke Reaktor Alir Tangki Berpengaduk R-150 untuk proses polimerisasi. Suhu yang digunakan selama proses polimerisasi adalah 60°C dengan tekanan sebesar 6,3 bar. Proses pengadukan dilakukan selama 4,5 jam. Pada reaktor terjadi proses inisiasi, propagasi dan terminasi, dimana proses inisiasi merupakan proses inisiator terdekomposisi membentuk radikal bebas dan terjadi pengikatan radikal bebas dengan monomer menjadi radikal bebas polimer yang tumbuh. Proses propagasi merupakan proses penggabungan antara radikal bebas polimer yang tumbuh dengan monomer untuk menghasilkan radikal bebas polimer yang lebih panjang atau tahap pertumbuhan, dan proses terminasi merupakan proses penghentian reaksi, dimana rantai polimer yang sedang tumbuh berhenti. Dua radikal bebas polimer bereaksi satu sama lain untuk membentuk



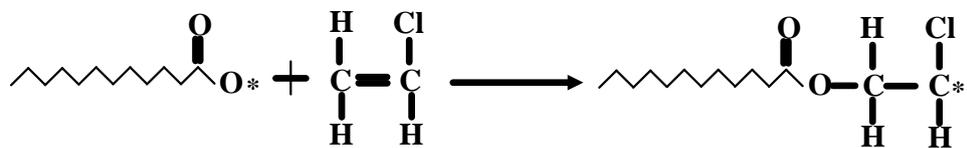
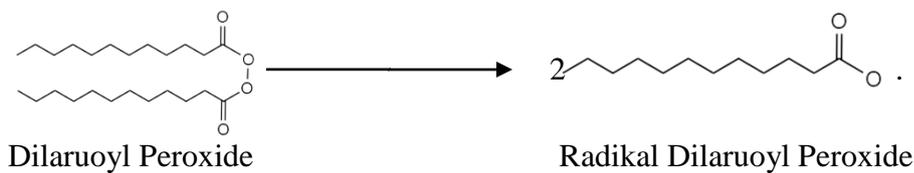
## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

satu molekul tanpa radikal bebas dan berubah menjadi non-aktif. Setelah reaksi selesai, hasil akhir proses dalam reaktor yang merupakan slurry dialirkan ke *stripping column* diikuti guna untuk mengambil gas VCM yang tidak ikut bereaksi. Reaksi Polimerisasi yang terjadi meliputi reaksi Inisiasi, propagasi dan terminasi adalah sebagai berikut :

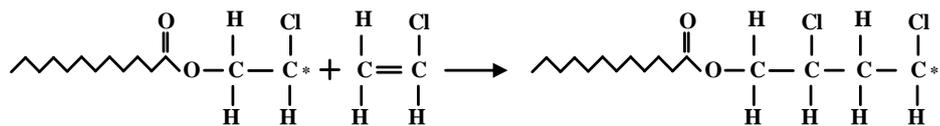
### 1. Reaksi Inisiasi

Proses insiasi yaitu tahap dimana inisiator terdekomposisi membentuk radikal bebas dan terjadi pengikatan radikal bebas dengan monomer menjadi radikal bebas polimer yang tumbuh. Reaksi Inisiasi adalah sebagai berikut :



### 2. Reaksi Propagasi

Reaksi propagasi merupakan reaksi penggabungan antara radikal bebas polimer yang tumbuh dengan monomer untuk menghasilkan radikal bebas polimer yang lebih panjang atau tahap pertumbuhan. Reaksi Propagasi adalah sebagai berikut :



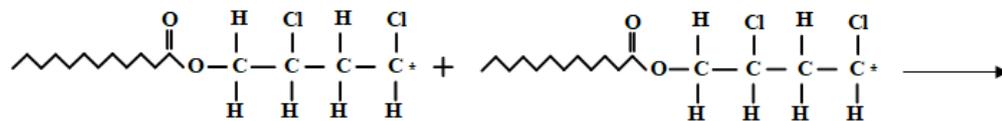


## PRA-RANCANGAN PABRIK

“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”

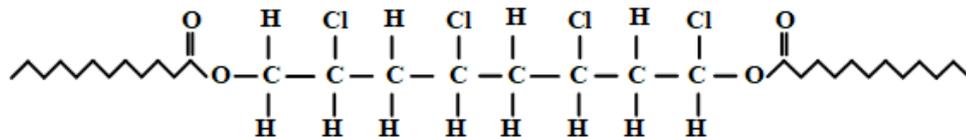
### 3. Reaksi Terminasi

Reaksi Terminasi merupakan tahap dimana rantai polimer yang sedang tumbuh berhenti. Dua radikal bebas polimer bereaksi satu sama lain untuk membentuk satu molekul tanpa radikal bebas dan berubah menjadi non-aktif yang akan menghentikan reaksi propagasi. Reaksi Terminasi adalah sebagai berikut :



Radikal Bebas PVC

Radikal Bebas PVC



Poly Vinyl Chloride

### II.3.3 Proses Pemurnian

Setelah proses polimerisasi, selanjutnya PVC akan melalui proses pemurnian. PVC slurry yang telah keluar dari reaktor kemudian diumpankan ke *stripping column* D-210 untuk menghilangkan sisa VCM yang belum terpolimerisasi. *stripping agent* yang digunakan *Steam*. *Steam* akan berkontak dengan *slurry* PVC, kemudian membawa gas VCM ke atas untuk selanjutnya masuk ke *separator* guna untuk memisahkan VCM dan uap air tersebut. Menurut patent US4086414 sisa VCM yang boleh terikut pada produk PVC maksimal 0,5 ppm. Produk PVC yang sudah melalui proses *stripping* akan diangkut *screw conveyor* yang selanjutnya akan diumpankan ke *centrifuge* H-220.

Dalam *centrifuge*, prinsip kerja yang diterapkan adalah sedimentasi, di mana zat padat dan partikel berpindah dari luar menuju ke arah radial karena pengaruh percepatan sentrifugal. Proses ini bertujuan untuk memisahkan PVC sebagai produk utama dari bahan baku yang masih ada. Setelah proses ini selesai,



## **PRA-RANCANGAN PABRIK**

*“POLY VINYL CHLORIDE (PVC) DARI MONOMER VINYL CHLORIDE  
DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI”*

---

PVC yang memiliki sedikit kandungan air akan diarahkan ke *rotary dryer* B-310 melalui *screw conveyor*. *Rotary dryer* berfungsi untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa pada produk PVC. Prinsip *Rotary dryer* berdasarkan perpindahan panasnya menggunakan pengeringan *direct* (pengeringan langsung atau adiabatik). Pengeringan dengan bahan yang akan dikeringkan dikontakkan secara langsung dengan media pengering yang berupa *steam*. Produk PVC kemudian dilakukan penyeragaman ukuran 48 mesh dengan *Ball Mill* dan kemudian disimpan ke dalam gudang penyimpanan produk F-330.

