

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi ini, berbagai bidang industri menjadi jalur alternatif yang turut serta dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satunya ada pada industri polimer yang memungkinkan dapat memberikan kontribusi besar bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Karena pada umumnya kebutuhan berbagai polimer akan mengalami pertumbuhan seiring dengan kebutuhan manusia. Salah satunya yaitu kebutuhan bahan baku plastik di Indonesia sendiri dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan, terutama untuk kebutuhan Polivinil Klorida (PVC).

Salah satu industri polimer yang penting keberadaannya adalah industri *Polyvinyl Chloride* (PVC). *Polyvinyl Chloride* (PVC) adalah produk yang didasarkan pada sumber daya alam bumi: garam dan gas atau minyak, garam elektrolisis air menghasilkan klorin (selain soda kaustik dan hidrogen). Etilena dapat diturunkan dari nafta ketika minyak didefinisiasi atau dari gas alam, klorin dan etilen dapat dikombinasikan membentuk monomer vinil klorida. PVC dihasilkan dari Polimerisasi Vinil Klorida.

Kebutuhan *Polyvinyl Chloride* (PVC) sangat berkembang pesat di dalam dan di luar negeri karena banyaknya permintaan, banyaknya *Polyvinyl Chloride* (PVC) digunakan dalam konstruksi karena murah dan tahan lama. Selain digunakan dalam konstruksi atau perpipaan *Polyvinyl Chloride* (PVC) juga banyak di gunakan dalam produksi pakaian, kabel listrik dan aksesoris elektronik portabel. , di Indonesia sendiri kebutuhan *Polyvinyl Chloride* (PVC) sangat besar karena banyaknya pembangunan dan membutuhkan *Polyvinyl Chloride* (PVC) seperti pipa.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari Perancangan Pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan Polivinil Klorida di Indonesia dan dunia, karena besarnya kebutuhan pipa PVC dalam industri, maupun pada kebutuhan rumah tangga, maka akan di rancang pabrik *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan bahan baku *Vinyl Chloride Monomer* (VCM).

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari prarancangan pabrik *Polyvinyl Chloride* ini adalah :

1. Untuk meningkatkan produk PVC di Indonesia.
2. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku resin untuk pembuatan pipa PVC.
3. Untuk meningkatkan jumlah produktivitas dalam negeri, dan ekspor.
4. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.

1.3 Analisa Pasar

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang akan digunakan yaitu *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) dan air. VCM yang digunakan sebagai bahan baku akan disuplai oleh PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 400.000 ton/tahun (www.kemenperin.go.id), sedangkan untuk kebutuhan air akan diambil dari sungai terdekat yang dapat diolah.

1.3.2 Kebutuhan Produk

Kebutuhan produk dari PVC terus meningkat dari tahun ke tahun dikarenakan semakin berkembangnya segala industri yang membutuhkan pipa PVC, maupun kebutuhan alat rumah tangga. Permintaan PVC diperkirakan akan meningkat mengingat semakin berkembangnya industri perpipaan, elektronik dan lain-lain baik di dalam maupun luar negeri. Kebutuhan PVC di Indonesia, sebagian besar sudah mengandalkan produksi lokal, akan tetapi permintaan akan PVC di negara lain seperti China, Malaysia, Norwegia, Pakistan dan Filipina cukup tinggi selama 5 tahun terakhir.

Berikut merupakan data perkembangan PVC di negara lain ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1-1 Kebutuhan *Polyvinyl Chloride* (PVC) di Negara Lain

Negara	Kebutuhan (Ton/Tahun)
China	43,452
Malaysia	164.821
Norwegia	6.842
Pakistan	28.251
Filipina	31.342

(Sumber : *United Nation* data, 2019)

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam merancang pabrik karena mempengaruhi dari segi perhitungan teknis maupun ekonomis. Daftar perusahaan PVC yang ada di Indonesia :

Tabel 1-2 Jumlah Produksi Tahun 2015

Produsen PVC	Jumlah Produksi tahun 2015 (ton per tahun)
PT. Asahimas Chemical	320000
Standard Toyo Polymer	176000
Eastern Toyo Polymer	36000
Satomo Indovyl Polymer	70000
Jumlah	602000

(Sumber: cci-indonesia.com)

Pabrik *Polyvinyl Chloride* (PVC) direncanakan akan didirikan pada tahun 2024, dengan mempertimbangkan peluang dari kebutuhan Negara lain berdasarkan data yang tersedia pada table 1-3 maka kapasitas pabrik yang direncanakan sebagai berikut :

Tabel 1-3 Data Ekspor Impor *Polvinyl Chloride* (PVC) di Indonesia

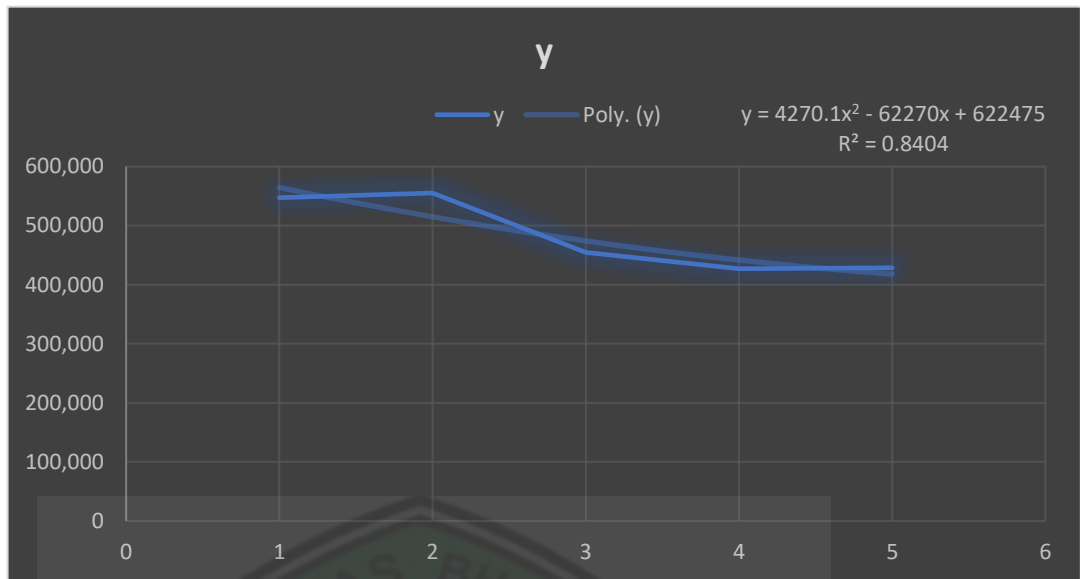
Tahun	Ekspor (rb ton/tahun)	Impor (rb ton/tahun)
2014	77241,56	22796,38
2015	79125,62	32375,5
2016	177066,58	29975,71
2017	198953,78	24016,76
2018	191415,1	17816,74

(Sumber : bps data, 2019)

Untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi pabrik *Polyvinyl Chloride* (PVC) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

X	y	x ²	y ²	xy
1	547,555	1	2.99816E+11	547554.82
2	555,250	4	3.08302E+11	1110499.76
3	454,909	9	2.06942E+11	1364727.39
4	427,063	16	1.82383E+11	1708251.92
5	428,402	25	1.83528E+11	2 142008.2
15	2413178.45	55	1.18097E+12	68 73042.09

Keterangan : $y = (\text{impor} - \text{ekspor}) + \text{Jumlah produk lokal}$



$$y = 4270,1X^2 - 622702X + 6224752$$

$$= 454187,1$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas dari data produksi dalam negeri, import dan ekspor di Indonesia, pabrik PVC sebesar 454187,1 ton/tahun.

Pabrik PVC direncanakan akan didirikan pada tahun 2024, dengan mempertimbangkan peluang dari kebutuhan negara lain berdasarkan data yang tersedia pada tabel di atas, maka kapasitas pabrik yang direncanakan sebagai berikut :

$$y = 454187,1 \text{ ton}$$

$$= 6 \% \times 454187,1$$

$$= 27251 \text{ ton/tahun atau } 30.000 \text{ ton/tahun}$$

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik secara geografis dapat mempengaruhi pada keberhasilan suatu pabrik atau industri baik dalam segi teknis maupun ekonomi. Analisa harus dilakukan dalam memilih lokasi pabrik, dan banyak faktor-faktor yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu pabrik PVC dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Modern Cikande (KIMD) Serang Banten. Adapun faktor-faktor yang mendukung untuk mempertimbangkan lokasi pabrik, antara lain (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal 91-95) :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan yang cukup besar. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan ketersediaan bahan baku antara lain harga bahan baku yang digunakan, jarak dari sumber bahan baku, kemurnian bahan baku, dan persyaratan penyimpanan. Untuk mengurangi biaya penyediaan bahan baku dipilihlah lokasi pabrik berdekatan dengan pabrik yang memproduksi bahan baku Vinil Klorida Monomer yaitu PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Banten, Jawa Barat.

2. Transportasi

Transportasi dapat mempengaruhi kelancaran produksi suatu pabrik, karena dalam pengiriman produk maupun penyediaan bahan baku sangat bergantung pada transportasi, transportasi dalam suatu industri dapat mempermudah dan melancarkan dalam proses pengiriman. Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku dan juga pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laiu, pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh kapal yang akan mengangkut bahan baku ataupun produk. Oleh sebab itu maka pabrik *Polyvinyl Chloride* (PVC) ini didirikan dengan beberapa pertimbangan antara lain Transportasi yang tersedia, dekat dengan bahan baku dan pasar.

3. Pemasaran Produk

Letak kawasan yang strategis sangat memudahkan untuk komoditi ekspor maupun pengiriman ke pabrik-pabrik di Indonesia yang membutuhkan *Polyvinyl Chloride* (PVC). Konsumen *Polyvinyl Chloride* (PVC) sebagian besar di daerah Jawa Barat sehingga dapat mengurangi biaya transportasi, dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) ini masih standar atau masih sedikit di produksi di Indonesia. Standar disini karena belum bisa memenuhi kebutuhan di Indonesia itu sendiri, walaupun kebutuhan di dalam negeri tidak terlalu besar namun saat ini masih mengimpor dari Thailand, Jepang, dan Singapura untuk memenuhi kebutuhannya. Daerah Cilegon Banten adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dari tahun ke tahunnya, hal ini menjadikah daerah Cilegon Banten sebagai pasar yang menjanjikan bagi produksi *Polyvinyl Chloride* (PVC) . Hasil produksi *Polyvinyl Chloride* (PVC) dapat di pasarkan melalui jalur darat maupun laut dikarenakan daerah Cilegon Banten dekat dengan pelabuhan banten, dan *Polyvinyl Chloride* yang dihasilkan dapat di pasarkan untuk industri pipa, plastic, dan industri tekstil yang juga berada di daerah Cilegon.

4. Tenaga Kerja

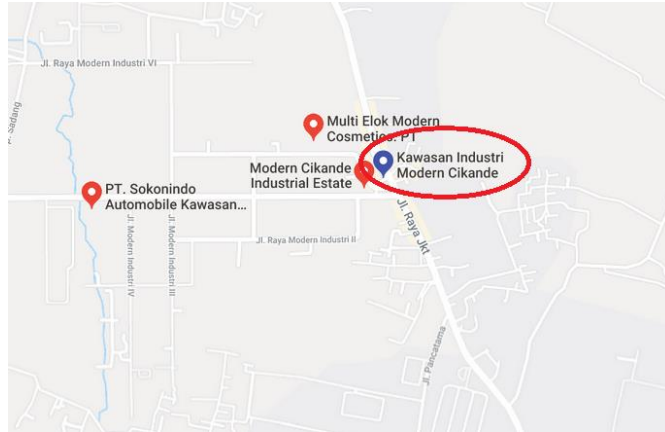
Kawasan ini merupakan salah satu kawasan yang sedang berkembang pesat, sehingga tidak ada kesulitan untuk mendapatkan tenaga kerja. Tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat diambil dari lulusan Universitas/Institut di seluruh Indonesia, untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil dari daerah sekitar.

5. Lingkungan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan Industri sehingga akan memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

6. Ketersediaan Lahan

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik kedepannya.



Gambar 1-1 Lokasi Pabrik *Polyvinyl Chloride* di KIMD Serang Banten

1.6 Tinjauan Pustaka

1.6.1 Polivinil Klorida

Polyvinyl Chloride adalah klorinasi hidrokarbon berbentuk serbuk putih halus yang diklasifikasikan sebagai bahan termoplastik. Dihasilkan dari proses kimia yang dikenal dengan polimerisasi antara monomer vinil klorida (VCM) dengan air dan zat aditif yang menghasilkan PVC resin. memiliki daya tahan yang baik terhadap air, asam, alkali, tidak beracun, tidak menyala, isolator yang baik dan tidak mudah larut pada beberapa larutan.

Polyvinyl Chloride (PVC) termasuk kedalam jenis polimer *thermoplastic* yaitu suatu substansi yang kehilangan bentuknya ketika dipanaskan dan menjadi *rigid* kembali ketika didinginkan, proses ekstrusi dan *injection moulding* bisa membentuk PVC ke bentuk yang diinginkan. Karena sifatnya yang termoplastik, daur ulang secara fisik PVC dapat dilakukan relatif mudah dimana material bisa dibentuk kembali dibawah proses pemanasan.

Polyvinyl Chloride (PVC) adalah salah satu bahan polimer industri yang paling banyak digunakan. Lebih dari 50% dari *Polyvinyl Chloride* yang dihasilkan digunakan dalam produksi pembuatan perpipaan.

1.6.2 Kegunaan *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Kegunaan *Poly Vinyl Chloride* dalam industri kimia:

1. Sebagai Bahan Perpipaan

Umumnya setengah produksi resin PVC dunia digunakan untuk pembuatan pipa berbagai keperluan perkotaan dan industri. Sifatnya yang ringan, kekuatan tinggi, dan reaktivitas rendah, menjadikannya cocok untuk berbagai keperluan. Pipa PVC juga bisa dicampur dengan berbagai larutan semen atau disatukan dengan pipa HDPE oleh panas, menciptakan sambungan permanen yang tahan kebocoran.

2. Sebagai bahan Kabel Listrik

Polyvinyl Chloride banyak digunakan sebagai bahan pelapis kabel listrik yang berfungsi melapisi kabel listrik.

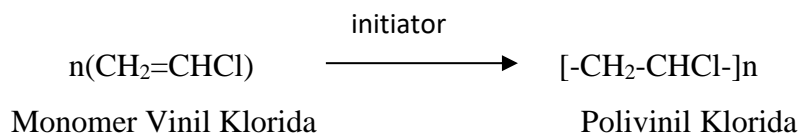
3. Sebagai bahan Pakaian

Polyvinyl Chloride telah digunakan secara luas pada bahan pakaian, yaitu membuat bahan serupa kulit. PVC lebih murah dari karet, kulit, atau lateks sehingga digunakan secara luas. PVC juga *waterproof* sehingga dijadikan bahan pembuatan jaket, mantel, dan tas.

1.6.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$.

Reaksi yang terjadi:



Tabel 1-4 Data ΔH°_f 298 K Komponen

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
Monomer Vinil Klorida	35,17
Polivinil Klorida	-130,1

(Coulson & Richardson's Vol. 6)

$$\Delta H^{\circ}_{f298} = (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Produk}) - (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H^{\circ}_{f298} = (\Delta H^{\circ}_f (\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n) - (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})$$

$$\Delta H^{\circ}_{f298} = -130,1 - 35,17$$

$$\Delta H^{\circ}_{f298} = -165,27 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{f298} = -39,50 \text{ kkal/mol}$$

Harga ΔH°_{f298} bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi pembentukan PVC bersifat *eksotermis*, yaitu reaksi mengeluarkan panas sebesar 39,50 kkal/mol, sehingga untuk menjaga agar reaksi tetap berlangsung pada kondisi proses di butuhkan *cooler*.

Energi bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara konstan, tidak konstan atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai ΔG° negatif, maka reaksi dapat berjalan, jika bernilai positif maka reaksi tidak dapat berjalan, sedangkan jika ΔG° adalah nol maka reaksi bersifat spontan.

Tabel 1-5 Nilai ΔH

Komponen	ΔH (kJ/mol)
Monomer Vinil Klorida	-96

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H - (T \times \Delta S)$$

$$= -96 - (60 \times (0))$$

$$= -96 \text{ kJ/mol}$$

$$= -22,92 \text{ kkal/mol}$$

Berdasarkan perhitungan, ΔG° bernilai negatif, maka reaksi dapat berjalan.

Untuk mengetahui reaksi *irreversible* atau *reversible* (harga K) dapat dihitung dengan persamaan konstanta kesetimbangan berikut:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

Dimana :

ΔG° = Energi bebas Gibbs standar, (kkal/mol)

R = Tetapan gas ideal (1,987 kkal/mol. K)

T = Temperatur, (K)

K = Konstanta Kesetimbangan

(S. K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan di atas, dihitung konstanta kesetimbangan pada T referensi = 298°K sebagai berikut:

$$K_{298} = \exp \left[-\frac{\Delta G}{RT} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[-\frac{-22,92}{1,987 \times 298} \right]$$

$$K_{298} = \exp [0,0387]$$

$$K_{298} = 1,0394$$

Reaksi dijalankan pada temperatur 60 °C, sehingga harga konstan kesetimbangan K pada temperatur 60°C (333 K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{K_{operasi}}{K_{298}} = \exp -\frac{\Delta H^\circ_{298}}{R} \left[\frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0394} = \exp - \frac{-39,50}{1,987} \left[\frac{1}{333} - \frac{1}{298} \right]$$

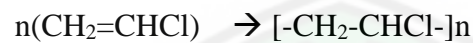
$$K_{operasi} = 1,0396$$

$$K > 1$$

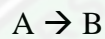
Dari perhitungan di atas harga $K > 1$ sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan, diasumsikan bahwa reaksi bersifat *irreversible*.

1.6.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi:



atau bisa disederhanakan menjadi:



Orde reaksi = 1

Maka rumus laju reaksi:

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_a$$

Dengan $C_A = C_{AO} (1 - X_A)$

$$-(dC_A/dt) = (-r_A) = k.C_A$$

Jika persamaan laju diintegrasikan maka diperoleh:

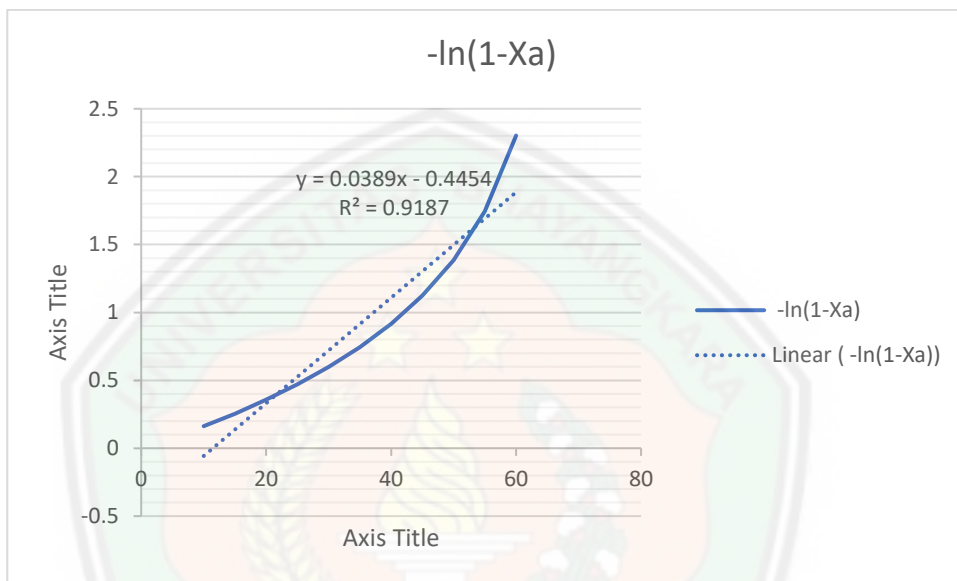
$$-\ln(1 - X_A) = kt$$

Data Kinetika Reaksi Polimerisasi PVC

Table 1-6 Data Kinetika Reaksi

t (menit)	$-\ln(1-X_a)$
10	0.162518929
15	0.25489225
20	0.356674944
25	0.470003629
30	0.597837001

35	0.744440475
40	0.916290732
45	1.123930097
50	1.386294361
55	1.742969305
60	2.302585093



Dari gambar di atas ternyata diperoleh garis linear sehingga didapatkan orde 1.
Didapatkan nilai K dari slope garis di atas yaitu:

$$K = 0,038851/\text{menit} = 1,8 \text{ jam}$$

Sehingga persamaan laju reaksi:

$$-r_A = kC_A$$

Komponen	Kg	Xi	ρ (kg/m ³)	ρ cam (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
C ₂ H ₃ Cl	3702.349	0.45369	908.41	412.1394698	4.07564
H ₂ O	4450.343824	0.54535	996	543.1725951	4.46822
C ₁₄ H ₁₀ O ₄	5.9237584	0.00073	1330	0.9654592	0.00445
C ₃₆ H ₇₀ O ₄ (Zn)	1.8511745	0.00023	1100	0.249531278	0.00168
Total	8160.467757	1	4334.41	956.5270554	8.54999

$$v_o = \frac{\text{massa total } (\frac{kg}{jam})}{\rho \text{ campuran}}$$

$$v_o = \frac{8160,467}{956,527}$$

$$= 8,53 \text{ m}^3/\text{jam} = 301,23 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Laju alir molar komponen masuk reaktor:

$$F_{A0} = 59,237 \text{ kmol/jam}$$

$$F_{A0} = C_{A0} \times v_o \quad (\text{Fogler, 1999 p.37})$$

$$C_{A0} = \frac{\text{laju alir mol VCM masuk}}{\text{laju alir volumetrik umpan total reaktor}}$$

$$C_{A0} = \frac{59,237}{8,53}$$

$$= 6,944 \text{ kmol/m}^3 = 0,0069 \text{ kmol/l}$$

Sehingga,

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$= 6,944 (1 - 0,9)$$

$$= 0,6944 \text{ kmol/m}^3$$

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$= 1,8 \times 0,6944$$

$$= 1,2499 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

1.7 Proses pembuatan PVC (Polyvinyl Chloride)

Polyvinyl chloride (PVC) adalah produk yang didasarkan pada sumber daya alam bumi: garam dan gas atau minyak. Garam elektrolisis air menghasilkan klorin (selain soda kaustik dan hidrogen). Etilena dapat diturunkan dari nafta ketika minyak dimurnikan atau dari gas alam. Klorin dan etilen dapat dikombinasikan membentuk monomer vinil klorida. PVC dihasilkan dari polimerisasi vinil klorida. PVC adalah termoplastik, yang berarti memiliki sifat pelunakan atau peleburan saat dipanaskan dan pengerasan saat didinginkan. Bahan termoplastik, yang diformulasikan dengan benar, dapat menjalani proses ini berkali-kali tanpa mengalami perubahan kimia yang berarti (S.G. Patrick, 2005).

1.7.1 Tahapan Polimerisasi

Dalam proses polimerisasi, terdapat 3 tahapan reaksi pembentukan monomer menjadi polimer

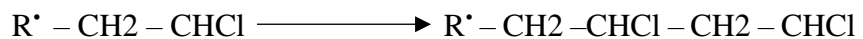
1. Tahap Inisiasi

Tahap inisiasi yaitu tahap dimana inisiator akan mengalami dekomposisi membentuk sumber radikal yang akan mengaktifkan monomer menjadi radikal bebas.



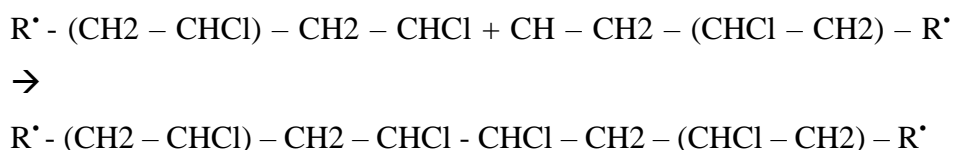
2. Tahap Propagasi

Tahap Propagasi yaitu tahap dimana monomer – monomer aktif akan bereaksi dengan monomer lain sehingga akan membentuk polimer rantai panjang dan masih aktif atau tahap pertumbuhan.



3. Tahap Terminasi

Tahap Terminasi yaitu tahap penghentian reaksi, dimana 2 rantai monomer aktif akan saling bergabung satu sama lain kemudian berubah menjadi non-aktif.



Reaksi polimerisasi PVC merupakan reaksi eksotermik, dimana temperatur polimerisasi berkisar antara 50 - 65 °C . Temperatur polimerisasi ini tergantung dari jenis PVC yang ingin dihasilkan.

1.7.2 Proses Suspensi

Metode Polimerisasi Suspensi pada proses pembentukan Polivinil Klorida diproduksi ketika monomer dipolimerisasi dalam skala besar pada reaktor batch dengan adanya air, inisiator (digunakan *organic peroxide*) yang dapat larut dalam Monomer Vinil Klorida, dan zat pendispersi (mis; Polivinil Alkohol) untuk menstabilkan suspensi.

Pada proses polimerisasi suspensi dipersiapkan, dengan bantuan inisiator pada bulatan VCM tersebut maka terjadilah proses polimerisasi. Suhu polimerisasi yang tinggi mempengaruhi berat molekul, sehingga berat molekul makin berkurang. Untuk pemisahan VCM yang tidak ikut bereaksi di reaktor dapat dilakukan pemisahan dengan menggunakan *Stripping Column*.

Ukuran rata-rata resin Polivinil Klorida adalah 100–180 µm dengan kisaran 50–250 µm, partikel-partikelnya kompleks dan bentuknya tidak beraturan dengan kulit semi permeable yang padat. Polivinil Klorida Suspensi adalah jenis resin yang paling umum karena berdasarkan data sekitar 80% pabrik yang memproduksi PVC menggunakan metode suspensi. Yang digunakan di keduanya aplikasi dan nilai yang kaku dan fleksibel diformulasikan untuk memenuhi berbagai persyaratan, seperti penyerapan plasticizer tinggi untuk produk fleksibel, atau kepadatan curah tinggi dan aliran bubuk yang baik diperlukan untuk ekstrusi yang kaku (S.G. Patrick, 2005).

Komposisi bahan yang digunakan dalam proses polimerisasi suspensi (dalam % berat) sebagai berikut :

VCM	: 100
H ₂ O	: 120
Inisiator	: 0,16

Suspending agent : 0,1

1.7.3 Proses dengan stabilizer

Polimer yang mengandung klor seperti Polivinil Klorida secara luas digunakan dalam banyak bidang karena salah satu kelebihan dari PVC yaitu memiliki sifat yang tidak mudah terbakar, kinerjanya yang baik dan harga yang murah. Namun, PVC dan produk-produknya sukar untuk terurai. Diasumsikan bahwa PVC, di bawah pengaruh suhu dan radiasi yang kaya energi mengalami reaksi dehidroklorinasi autokatalitik dan reaksi awal dehidroklorinasi pada suhu yang lebih rendah mungkin secara otomatis mempercepat evolusi HCl.

Oleh karena itu, diperlukan penstabil termal untuk meningkatkan stabilitas termal pada PVC. Saat ini, banyak digunakan penstabil termal dengan toksisitas rendah atau non-toksikitas, seperti sabun logam, bahan seperti hidrotalsit, dan zat penstabil termal tidak beracun lainnya suda mulai dikembangkan.

Stabilizer dari logam campuran, seperti yang digunakan dalam senyawa fleksibel, umumnya digunakan penstabil kalsium / seng. Baru-baru ini, formulasi kalsium / seng yang lebih kuat telah dikembangkan untuk ekstrusi yang kaku, termasuk untuk pipa.

1.7.4 Proses dengan katalis Benzoyl Peroxide ($C_{14}H_{10}O_4$)

Suatu larutan yang mengandung inisiator polimerisasi atau katalis, dilarutkan dalam pelarut berair, dikombinasikan dengan aliran monomer. Biasanya inisiator radikal bebas yang digunakan adalah senyawa organik peroksida seperti *Benzoyl Peroxide*. Jika katalis padat digunakan, katalis dapat dimasukkan melalui aliran sebagai slurry dalam pelarut berair.

1.7.5 Proses dengan Suspending Agent *Polyvinyl Alcohol*

Dalam polimerisasi suspensi, karena PVC tidak dapat larut dalam monomer, partikel-partikel berukuran submikron mengendap di dalam tetesan memungkinkan secara langsung dengan cepat. Partikel-partikel ini berpindah ke permukaan tetesan dan sangat cepat membentuk film pada antarmuka yang disebut membran periseluler. Polimerisasi dan presipitasi terus terjadi di tetesan sampai tetesan dikonversi dari padatan ke cair menjadi cair diserap dalam padatan (konversi ~20%).

Pada titik polimerisasi ini, partikel menjadi tidak stabil dan menggumpal menjadi gumpalan yang lebih besar. Ketika hal ini terjadi, membran periseluler dari partikel individu rusak, partikel yang diaglomerasi berpori, dan struktur bagian dalam adalah partikel yang diaglomerasi 1 μm .

1.8 Diskripsi Proses

1.8.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Suatu proses dimana Monomer Vinil Klorida (VCM) dipisahkan dari slurry dalam air untuk memproduksi Polivinil Klorida (PVC). Slurry ditambahkan PVA atau cairan organik lainnya, dan dari slurry yang dihasilkan, dibuang uap yang mengandung VCM. Akibatnya, terdapat lebih sedikit kandungan VCM dalam PVC.

Monomer vinil klorida diterima di pabrik polimer dalam railroad tank cars di bawah tekanan. Tekanan tergantung pada suhu dan bervariasi dari atmosfer pada keadaan dingin hingga 100 psig pada keadaan panas. Monomer dipompa dari mobil ke tangki penyimpanan. Setelah itu, dipompa ke tangki sebelum disaring dan dimasukkan ke dalam bejana reaksi.

1.8.2 Tahap Pembentukan Produk

Monomer vinil klorida dipolimerisasi dalam air dan dipertahankan dalam suspensi dengan agitasi. Reaksi kimia dilakukan di bawah kondisi suhu yang terkontrol dengan adanya katalis.

Bejana reaksi atau polimerisasi, yang diberi mantel/jaket air untuk menghilangkan panas dan mengontrol suhu. Air ditambah zat pensuspensi dan katalis, dan kemudian vinil klorida, semuanya diukur ke dalam polimerizer dan dimixing. Reaksi dimulai ketika isinya dinaikkan ke suhu yang diinginkan dengan pemanasan.

Suhu reaksi mengontrol berat molekul. Karena reaksinya eksotermik, sejumlah air pendingin yang terkontrol disirkulasi dalam jaket untuk mempertahankan suhu yang diinginkan. Karena resin dengan berat molekul berbeda diperlukan untuk memenuhi banyak aplikasi saat ini, kondisi dimodifikasi untuk mencapai sifat yang diinginkan. Reaksi khas dapat dilakukan dari 40° hingga 60°C, yang sesuai dengan tekanan sekitar 100 hingga 140 psi, tergantung pada berat molekul yang diinginkan. Waktu reaksi bervariasi dengan resin spesifik tetapi biasanya sekitar 8 jam.

Setelah reaksi selesai, isinya dibuang ke tangki penurun untuk memulihkan monomer vinil klorida yang tidak bereaksi. Monomer dihilangkan dengan proses stripping. Vinil klorida melewati pemisah untuk menghilangkan air dan dikompresi, didinginkan, dipadatkan, didekantasi, dan didaur ulang ke proses. Gas inert, seperti nitrogen dari udara, yang mengandung sejumlah kecil monomer, melewati tahap pendinginan dan kondensasi sekunder sebelum dibuang ke atmosfer.

1.8.3 Tahap Pemurnian Produk

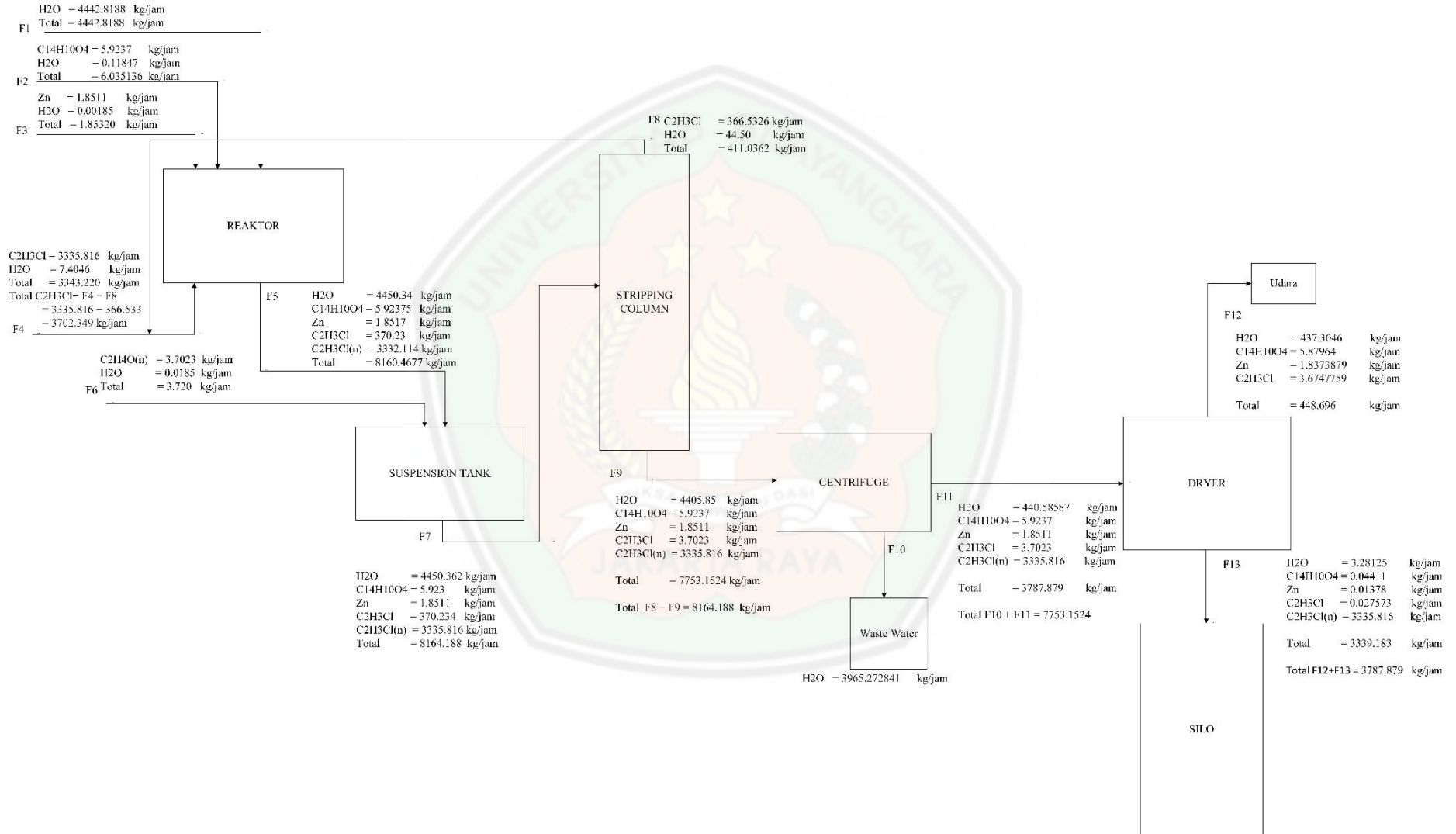
Slurry hasil dari proses stripping dipompa ke suspension tank, di mana batch dari bejana reaksi (reaction vessel) dicampur untuk keseragaman produk. Tangki ini dijaga pada tekanan atmosfer dan ruang uap dibersihkan secara konstan dengan udara untuk mencegah kemungkinan akumulasi sisa monomer yang masih terperangkap dalam partikel resin. Slurry kemudian dipompa ke Stripping Column untuk menghilangkan sisa Monomer Vinil Klorida yang tidak bereaksi di reactor, kemudian hasil dari bawah Stripping Column diumpankan ke centrifuge dewatering di mana 90% air dikeluarkan. Air ini yang mengandung beberapa partikel PVC, diolah oleh pihak Pengolahan Limbah yang berada di Kawasan Industri sebelum dibuang ke

saluran pembuangan. Cake PVC diumpankan ke dryer, yaitu rotary dryer. Pada titik ini, pada dasarnya semua air dihilangkan. Volume udara yang besar (10.000 hingga 30.000 scfm) dipanaskan lebih dulu hingga 135-150°C memasuki dryer. Aliran udara dari pengering melewati dua tahap untuk memisahkan padatan dan kelembaban udara, yang merupakan sarat untuk dibuang atau dilepaskan ke atmosfer.

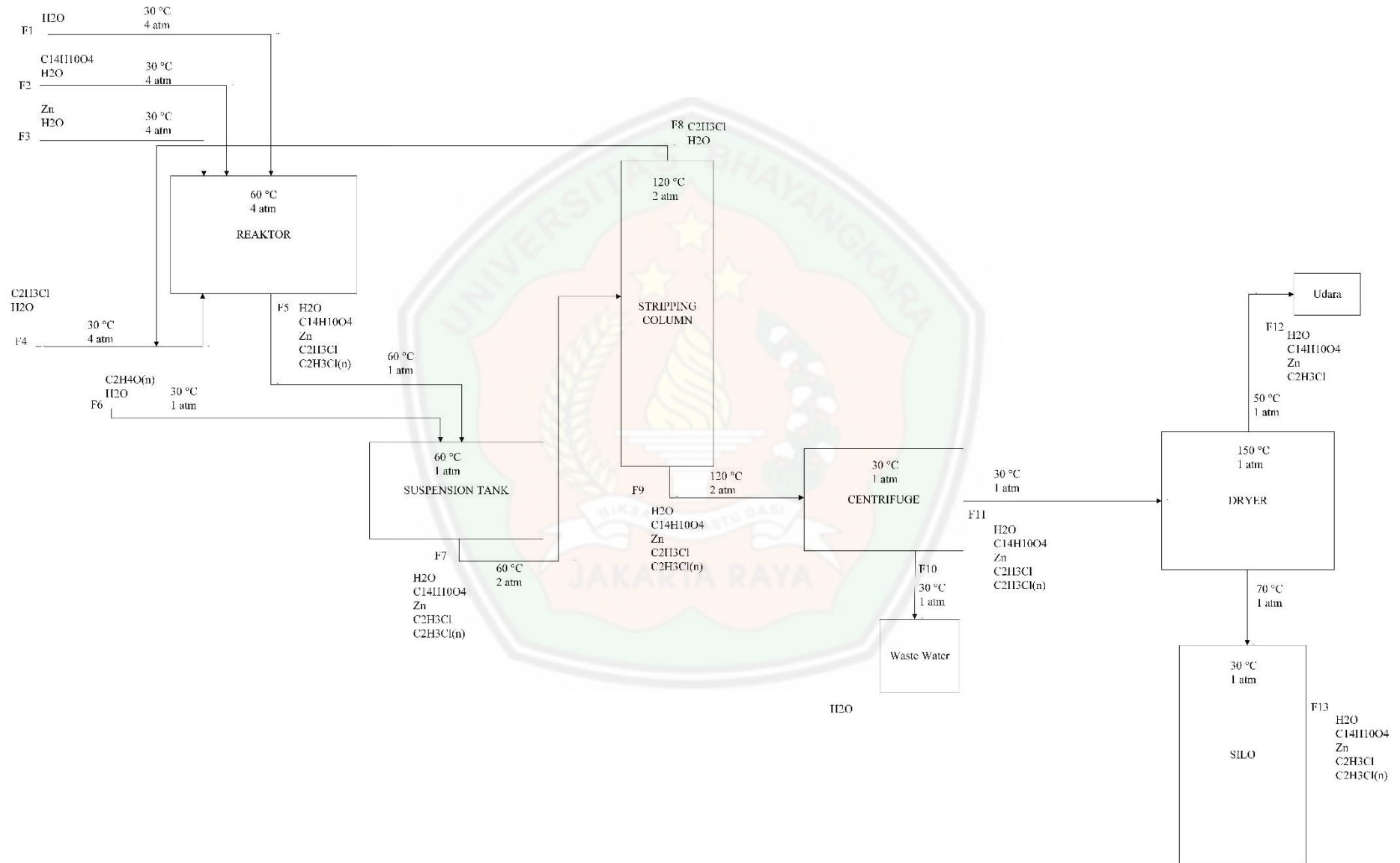
Resin kering kemudian dibawa melalui udara melalui screener untuk memisahkan kasaran dari produk utama. Produk utama kemudian dikirim ke penyimpanan untuk pengiriman, pengemasan, atau pencampuran.



1.9 Blok Diagram Kuantitatif



1.10 Blok Diagram Kualitatif



1.11 Bahan Baku

1.11.1 Vinil Klorida Monomer (VCM)

Vinil klorida adalah gas yang mudah terbakar dan tidak berwarna dengan bau manis pada suhu kamar, Ini terutama digunakan untuk produksi pvc tetapi juga sebagai pendingin dan komonomer. vinil klorida sebagai monomer tunggal yang digunakan dalam produksi PVC (George Wypych, 2008).

Sifat Fisika :

- Rumus Molekul : C_2H_3Cl
- Wujud : cairan tak berwarna
- Berat molekul : 62,5 g/mol
- Densitas : 2,56 kg/cm³ (gas); 908,41 kg/cm³ (cair)
- Titik didih : -13,37 °C = 259,63 °K
- Titik lebur : -153,8 °C = 119 °K
- Temperatur kritis : 156,5 °C
- Tekanan kritis : 51,5 bar
- Volume Kritis : 169 (cm³/mol)
- Viskositas Larutan : 0,17 cp
- Kemurnian : 99,98%
- Panas Spesifik :
 - Uap pada 20 °C : 858
 - Cairan pada 20 °C : 1352
- Panas Laten Pencarian : 75,9 J/g
- Panas Laten Penguapan : 330 J/g
- *Vapor Density* : 2,15
- *Vapor Pressure* : 2580 mmHg

(George Wypych, 2008)

Data termodinamika :

- ΔH_f° : 35,17 kJ/mol (pada 298 °K)
- ΔG_f° : 51,54 kJ/mol (pada 298 °K)
- C_p gas : $17,193 + 0,14564 T - 6,4281 \cdot 10^{-5} T^2 - 3,238 \cdot 10^{-9} T^3$
- C_p liquid : $48.806 + 0,2879 T - 1,1535 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,1636 \cdot 10^{-6} T^3$

(Reid and Prauznitz, 1987)

Sifat Kimia :

Reaksi VCM yang terjadi :

Vinil chlorida dihasilkan dari proses cracking atau pemecahan molekul etilena diklorida. Reaksinya :

1. $CH_2=CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl - CH_2Cl$
etilena Etilena diklorida
2. $CH_2Cl - CH_2Cl \rightarrow CH_2=CHCl + HCl$
Etilena diklorida Vinil klorida

1.11.2 Air

Air adalah unsur yang setiap molekulnya mengandung satu oksigen dan dua atom hidrogen :

Sifat fisika Air :

- Rumus Molekul : H_2O
- Wujud : cair tidak berwarna
- Berat Molekul : 18,02 g/mol
- Titik didih : 100 °C
- Titik lebur : 0 °C
- Temperatur kritis : 374 °C
- Densitas : 100 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cp
- *Vapor Density* : 17.535 mmHg

- *Vapor Density* : 92.51 mmHg (pada 50 °C)
(MSDS Water, Sciencelab.com)

Data termodinamika :

- ΔH_f° : -241,8 kJ/mol
- ΔG_f° : -59,690 kJ/mol
- C_p air : 1

Sifat kimia Air :

- Tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau.
- Memiliki 3 fasa yang berbeda : cair, gas, dan padat pada temperatur normal di bumi. Air di bumi selalu berinteraksi, berubah, dan bergerak.
- Dapat menyerap sejumlah kalor karena memiliki kalor jenis yang tinggi.
- Mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi. Tegangan permukaan tersebut berguna untuk gaya kapilaritas air.

1.11.3 Bahan Pendukung

Bahan pendukung pertama yang digunakan adalah katalis *Benzoyl Peroxide* .

Tabel 1-7 Sifat Fisika Katalis *Benzoyl Peroxide*

No.	Sifat	<i>Benzoyl Peroxide</i>
1.	Rumus	$C_{14}H_{10}O_4$
2.	Wujud	Granul
3.	Warna	Putih
4.	Bau	Bau seperti almond
5.	Densitas	1.334 kg/cm ³
6.	Kelarutan	Larut dalam VCM
7.	Berat Molekul	242,23 g/mol

8.	Titik Didih	136,2 °C
9.	Titik Leleh	104,5°C

(Sumber : MSDS Benzoil Peroxide)

Bahan pendukung kedua yang digunakan adalah suspending agen *Poly Vinyl Alcohol*.

Tabel 1-8 Sifat Fisika Suspending Agent *Polyinyl Alcohol*.

No.	Sifat	<i>Poly Vinyl Alcohol</i>
1.	Rumus	(C ₂ H ₄ O) _n
2.	Wujud	Serbuk padatan
3.	Berat Molekul	72.000 g/mol
3.	Warna	Putih pucat, Tidak berwarna
4.	Bau	Tidak berbau
5.	Densitas	1.19-1.31 g/cm ³
6.	Kelarutan	Larut dalam air
7.	Titik Didih	228°C
8.	Titik Lebur	200 °C (392 °F; 473 K)
9.	Derajat Hidrolisis	78,5-81,5 %
10.	Viskositas Larutan	58,80 cp

(Sumber : MSDS Poly Vinyl Alcohol)

Bahan pendukung ketiga yang digunakan adalah Stabilizer *Zink stearat*.

Tabel 1-9 Sifat Fisika Stabilizer *Zink stearat*.

No.	Sifat	<i>Zink stearat</i> .
1.	Rumus	C ₃₆ H ₇₀ O ₄ Zn
2.	Wujud	Bubuk Halus
3.	Warna	Putih
4.	Bau	Tak Berbau
5.	Densitas	1.1 g/cm ³
6.	Kelarutan	Tidak larut dalam air

7.	Berat Molekul	632.3635 g/mol
8.	Titik Didih	359.4°C at 760 mmHg
9.	Titik Lebur	118-128°C

(Sumber : MSDS Zink)

1.11.4 Produk

Sifat fisika *Polyvinyl Chloride*:

- Rumus Molekul : $C_2H_3Cl(n)$
- Wujud : Resin
- Densitas : 1,35 – 1,4 g/cm
- Berat Molekul : 30.000 g/mol
- Titik Lebur : 205 °C
- Kepadatan : 911 kg/m³
- *Vapor Pressure* : 2515.6 mmHg @ 21.1 C
- *Vapor Density* : 2.2
- *Specific Gravity* : 0.9106
- *Freezing Point* : -245 F(-154 C)
- Kemurnian : 99,9 %
- Viskositas Larutan : 140 cp

(Kirk and Othmer, 1994)

Sifat kimia:

- Permeabilitas terhadap uap air dan gas rendah.
- Senyawa yang sangat stabil karena berbentuk polimer sehingga fasanya berbentuk padatan yang keras sehingga hamper tidak berpengaruh (tidak bereaksi) dengan adanya oksidator kuat.
- Dapat melunak pada pemanasan 80°C tanpa titik lebur yang tajam.
- Karakteristiknya solubilitas/kelarutan

1.12 Penentuan Jadwal Reaktor

Pada proses produksi Polivinil Klorida (PVC) dilakukan proses polimerisasi selama 1,27 jam untuk menggabungkan monomer menjadi polimer. Maka dari itu, proses secara Batch dipilih pada produksi Polivinil Klorida ini. Metode proses batch yang dipilih adalah *Zero Wait Strategy (ZWS) Parallel Units* yang bertujuan untuk menentukan jadwal unit proses, waktu siklus dan juga menghindari adanya jeda waktu selama proses reaksi polimerisasi berlangsung. Sehingga pada proses ini menggunakan lebih dari satu reaktor batch pada satu kali produksi dan nantinya proses bisa berlangsung secara *continue*. Penentuan Jadwal dan Waktu Siklus pada batch metode ZWS dapat dilihat pada :

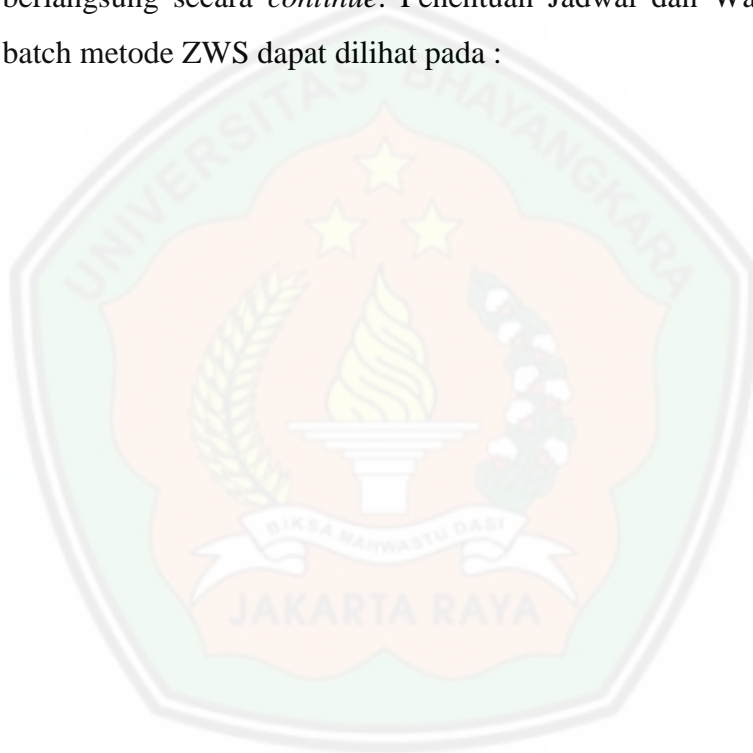


Table 1-10 Penentuan Jadwal Tiap Reaktor

Waktu, menit	Pengisian	Reaksi	Pengosongan	Pencucian	Pengisian	Reaksi	Pengosongan	Pencucian	Pengisian	Reaksi	Pengosongan	Pencucian
15	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow
21	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange
15	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue
10	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey	Blue	Orange	Yellow	Grey

Keterangan :

Reaktor 1 :	Grey
Reaktor 2 :	Blue
Reaktor 3 :	Orange
Reaktor 4 :	Yellow

