

**PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA
DARI MONOMER VINIL KLORIDA
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memenuhi Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Hening Kurnia Putri

Nama : Safwa Eorica Jumhani

NIM : 1852182

NIM : 18521196

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA DARI MONOMER VINIL KLORIDA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hening Kurnia Putri

Nama : Safwa Eorica Jumhani

NIM : 18521182

NIM : 18521196

Yogyakarta, 20 September 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya



Hening Kurnia Putri



Safwa Eorica Jumhani

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA
DARI MONOMER VINIL KLORIDA
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Hening Kurnia Putri
NIM : 18521182

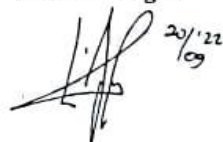
Nama : Safwa Eorica Jumhani
NIM : 18521196

Yogyakarta, 20 September 2022

Pembimbing I


Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

Pembimbing II


Lucky Wahyu Nuzulia S., S.T., M. Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA DARI MONOMER VINIL KLORIDA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Nama : Hening Kurnia Putri Nama : Safwa Eorica Jumhani
NIM : 18521182 NIM : 18521196

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 20 September 2022

Tim Penguji,

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.


Ketua

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Anggota I

Venitalitya Alethea S.A., S.T., M.Eng.

Anggota II



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ifa Puspitasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIK. 155210506

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr., Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya lah kami dapat menyelesaikan tugas akhir kami yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA DARI MONOMER VINIL KLORIDA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN”** dengan baik dan tepat waktu

Adapun tujuan dari dilakukannya penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Ucapan terima kasih kami berikan kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini dan pihak-pihak yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materi sehingga tugas akhir ini dapat selesai, yang terhormat:

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. .
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, serta motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa membimbing dan membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Lucky Wahyu Nuzulia S., S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa membimbing dan membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Kimia 2018 atas dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah berkontribusi membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi mewujudkan perkembangan yang positif bagi kami. Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun, penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi banyak pihak.

Wassalamualaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 20 September 2022

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam tidak lupa saya haturkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia yang membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang.

Saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Sri Widodo dan Ibu Sumirna serta adik saya Hanung Ramadhani, yang telah memberikan banyak dukungan baik berupa moral maupun materi serta doa dan kasih sayang yang tidak ada habisnya. Terima kasih atas segalanya. Berkat usaha dan perjuangan Bapak sama Ibu, saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada partner saya sejak kerja praktik, penelitian hingga tugas akhir, Safwa Eorica Jumhani, yang selama ini sudah sabar dan terus berjuang bersama saya dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga ke depannya ilmu yang kita dapat selama ini akan bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain.

Kemudian, saya ingin berterima kasih kepada Bapak Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia S., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membimbing dan memeberikan arahan

serta saran dan kritik yang membangun sehingga tugas akhir ini terselesaikan dengan baik.

Lalu, kepada teman-teman saya sejak SMP, Zhahra Ningsi, S.Pd., Aulia Afani Iliyina, S.Pd. dan Dwi Agriani A.P., terima kasih atas dukungan yang telah diberikan selama ini. Semoga ilmu yang didapat bermanfaat bagi diri sendiri dan orang lain dan juga semoga sukses untuk ke depannya agar kita dapat dipertemukan kembali dalam keadaan yang paling baik.

Kemudian teman-teman saya sejak awal perkuliahan, Syafa Catur Srihadi Putri, Yulistia Pratiwi, Nadifah Syachbana Sakariel, Muhammad Ricky Alendra dan Lidya Afifa Tambunan, yang telah menemani saya sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas segalanya. Semoga kita semua sukses ke depannya dan dapat dipertemukan kembali dalam keadaan yang paling baik.

Tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada rekan almamater Teknik Kimia UII 2018, yang ikut andil dalam membentuk karakter pribadi ke arah yang lebih baik. Terima kasih telah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga besar Teknik Kimia UII 2018. Semoga ke depannyaa semua harapan kita akan terkabul.

Hening Kurnia Putri

Teknik Kimia UII 2018

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin

Sembah sujud syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. atas karunia serta kemudahan-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* hingga akhir hayat kita.

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk:

Kedua orang tua saya Bapak Slamet Jumhan dan Ibu Lilis Suciati, sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin, sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana tugas akhir ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, nasihat, dan doa baik yang kalian berikan.

Kakak dan adik yang saya sayangi, Ulsia Arsil Majidah dan Sifwa Aulia Jumhani yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang luar biasa, terima kasih atas bantuan kalian selama ini

Hening Kurnia Putri, teman sekaligus *partner* pra rancangan pabrik saya yang selalu sabar dan terus berjuang bersama mulai dari kerja praktek, penelitian, maupun dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, bantuan, dan semangatnya selama ini. Semoga kita bisa mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang-orang di sekitar kita.

Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia S., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing kami mewujudkan semuanya. Terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Fara Inssana Rizki Arif, Fitria Pratami Munib, dan Mey Lina Tri Setyaningsih sahabat saya yang selalu ada, selalu membantu, menemani, dan mendengarkan keluh kesah saya selama ini. Terima kasih karena kalian begitu baik dan simpatik.

Teman-teman teknik kimia UII 2018, yang telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita-citakan.

Safwa Eorica Jumhani

Teknik Kimia UII 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA	1
DARI MONOMER VINIL KLORIDA	1
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN	1
PERANCANGAN PABRIK.....	1
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat	1
Untuk Memenuhi Gelar Sarjana Teknik Kimia	1
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xvi
ABSTRAK.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	3
1.3 Tinjauan Pustaka.....	11
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	30
1.4.1 Tinjauan Kinetika.....	30
1.4.2 Tinjauan Termodinamika.....	36
BAB II PPERANCANGAN PRODUK.....	38
2.1 Spesifikasi Produk	38
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	38

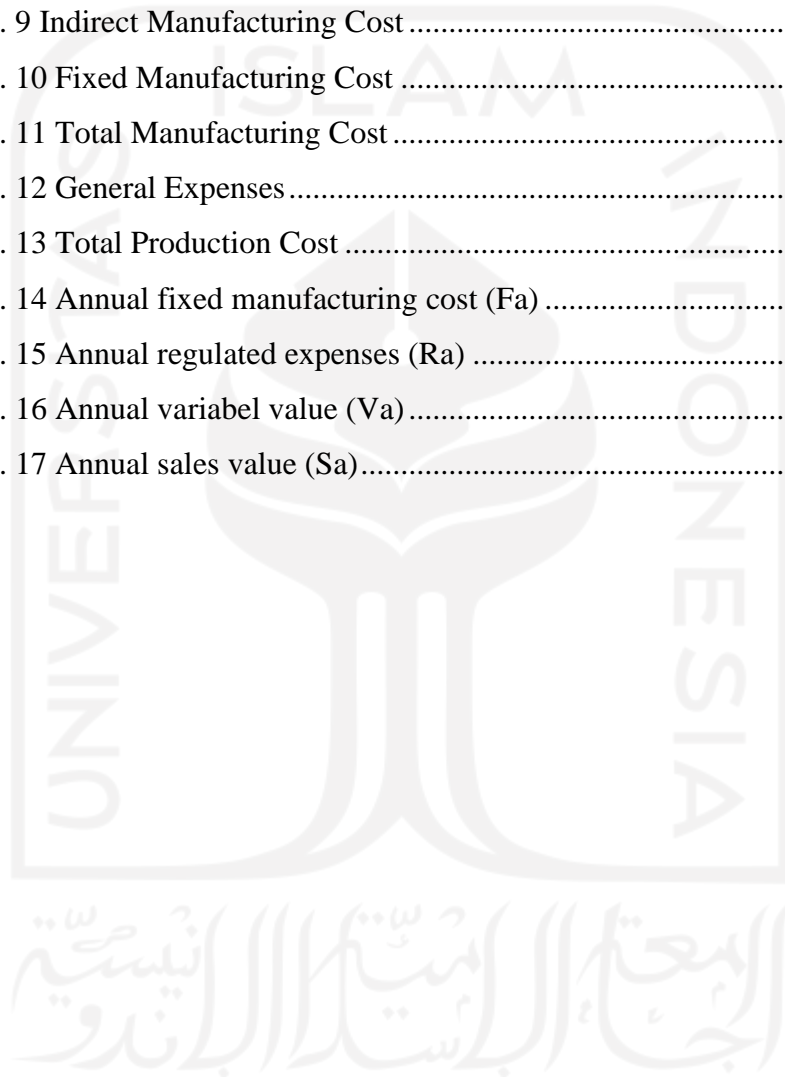
2.3	Pengendalian Kualitas.....	41
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	41
2.3.2	Pengendalian Proses Produksi	42
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk	44
BAB III		45
PERANCANGAN PROSES.....		45
3.1	Diagram Alir Proses.....	45
3.2	Uraian Proses	47
3.2.1	Persiapan Bahan Baku	47
3.2.2	Polimerisasi.....	48
3.2.3	Pemisahan	48
3.2.4	Pengeringan.....	49
3.3	Spesifikasi Alat	50
3.3.1	Spesifikasi Reaktor	50
3.3.2	Spesifikasi Alat-Alat Pemisah dan Alat Pendukung Lainnya.....	52
3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	59
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	64
3.3.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	72
3.4	Neraca Massa.....	78
3.5	81
	Neraca Panas.....	81
BAB IV		84
PERANCANGAN PABRIK.....		84
4.1	Lokasi Pabrik	84
4.2.	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	90
4.3.	Tata Letak Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	95
	Organisasi Perusahaan	99
4.4.	Organisasi Perusahaan	99
	Bentuk Perusahaan.....	99
4.4.1.	Bentuk Perusahaan.....	99

Struktur Organisasi	99
4.4.2. Struktur Organisasi	99
4.4.3. Tugas dan Wewenang	104
4.4.4. Ketanagakerjaan.....	111
4.4.5. Struktur Tenaga Kerja.....	112
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	122
5.2. Unit Pembangkit <i>Steam</i>	134
5.3. Unit Pembangkit Listrik.....	136
5.4. Unit Penyedia Udara Tekan	139
5.5. Unit Penyedia Bahan Bakar	139
5.6. Unit Pengolahan Limbah	139
BAB VI.....	137
EVALUASI EKONOMI.....	137
6.1 Penaksiran Harga Alat	138
6.2 Dasar Perhitungan	144
6.3 Perhitungan Biaya.....	144
6.4. Analisa Keuntungan.....	151
6.5. Analisa Resiko Pabrik.....	152
6.6. Analisa Kelayakan	153
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	161
7.1 Kesimpulan	161
7.2 Saran	163
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN A.....	170
LAMPIRAN B	188
LAMPIRAN C.....	189

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor PVC tahun ke 1-5	3
Tabel 1. 2 Ekspor PVC tahun ke 1-5.	5
Tabel 1. 3 Kapasitas pabrik PVC yang telah berdiri	6
Tabel 1. 4 Jenis polimerisasi serta kelebihan dan kekurangannya	23
Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer	78
Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor	79
Tabel 3. 3 Neraca Massa Stripping Column	79
Tabel 3. 4 Neraca Massa Separator	80
Tabel 3. 5 Neraca Massa Centrifuge	80
Tabel 3. 6 Neraca Massa Rotary Dryer	81
Tabel 3. 7 Neraca Panas Reaktor	81
Tabel 3. 8 Neraca Panas Stripping Column	82
Tabel 3. 9 Neraca Panas Separator	82
Tabel 3. 10 Neraca Panas Centrifuge	83
Tabel 3. 11 Neraca Panas Rotary Dryer	83
Tabel 4. 1 Luas Tanah & Bangunan Pabrik	93
Tabel 4. 2 Shift Kerja Karyawan	114
Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan	114
Tabel 4. 4 Gaji & Jumlah Karyawan	117
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin	131
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pemanas	133
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses	134
Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air	134
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses	137
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas	138
Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik	139
Tabel 6. 1 Harga Indeks CEPCI	139
Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses pada Tahun 2026	141
Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas pada Tahun 2026	142

Tabel 6. 4 Physical plant cost (PPC).....	145
Tabel 6. 5 Direct plant cost (DPC).....	145
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)	145
Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI).....	147
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost	148
Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 11 Total Manufacturing Cost	150
Tabel 6. 12 General Expenses	150
Tabel 6. 13 Total Production Cost	151
Tabel 6. 14 Annual fixed manufacturing cost (Fa)	156
Tabel 6. 15 Annual regulated expenses (Ra)	156
Tabel 6. 16 Annual variabel value (Va).....	157
Tabel 6. 17 Annual sales value (Sa).....	157



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Impor Polyvinyl Chloride tahun ke 1-5.....	4
Gambar 1. 3 Ekspor PVC tahun 1-5.....	5
Gambar 1. 4 Pengaruh Konversi terhadap Laju Reaksi	33
Gambar 1. 5 Pengaruh waktu terhadap laju reaksi.....	34
Gambar 1. 6 Pengaruh inisiator pada laju reaksi	35
Gambar 4. 1 Satelit Lokasi Pembangunan Pabrik.....	84
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik	95
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (Machines Layout).....	98
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	102
Gambar 5. 1 Diagram Alir Air Utilitas	142
Gambar 6. 1 Grafik hubungan tahun terhadap index CEPCI.....	140
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	160

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	Temperatur, °C
D	Diameter, m
H	Tinggi, m
P	Tekanan, psia
μ	Viskositas, cP
ρ	Densitas, kg/m ³
QS	Kebutuhan Steam, kg
Ms	Massa Steam, kg
A	Luas bidang penampang, ft ²
Vt	Volume tangki, m ³
Qf	Kecepatan/laju air volumetric, m ³ /jam
T	Waktu, jam
m	Massa, kg
FV	Laju alir, m ³ /jam
π	Jari-jari, in
P	Power motor, Hp
Sg	Specific gravity
X	Konversi, %
HV	Panas penguapan, joule/mol
VS	Volume shell, m ³
Vh	Volume head, m ³
Vt	Volume total, m ³
Dopt	Diameter optimal, m
ID	Inside diameter, in
OD	Outside diameter, in
Re	Bilangan Reynold
F	Normal heating value, Btu/lb
E	Efisiensi pengelasan
f	Allowable stress, psia

rc	Jari-jari dish, in
icr	Jari-jari sudut dalam, in
DI	Diameter pengaduk, m
W	Tinggi pengaduk, m
B	Lebar baffle, m L : Lebar pengaduk, m
N	Kecepatan putaran, rpm
UD	Koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah ada zat pengotor pada HE, Btu/jam ft ² °F
UC	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
Rd	Faktor pengotor
h	Efisiensi Wf : Total head, in
p	Panjang, m
l	Lebar, m
ts	Tebal shell, in
th	Tebal head, in
k	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
c	Panas spesifik, Btu/lb°F
JH	Heat transfer factor
hi	Inside film coefficient, Btu/jam ft ² °F
ho	Outside film coefficient, Btu/jam ft ² °F
LMTD	Long mean temperatur different, °F
K	Konstanta kinetika reaksi, /menit
Nt	Jumlah tube
BS	Baffle spacing, in
PT	Tube Pitch, in
Fp	faktor bahan isian
G	laju alir massa, kg/s
G*s	laju alir mol gas per satuan luas, kmol/m ² jam
G*w	laju alir massa gas per satuan luas, kg/m ² .jam
Gs	laju alir mol gas, kmol/jam
Gw	laju alir massa gas, kg/jam
H	tinggi bahan isian, m

HOG	tinggi transfer unit keseluruhan lapisan film gas, m
HOL	tinggi transfer unit keseluruhan lapisan film cair, m
K3	faktor presentase flooding
K4	faktor pressure drop
KG	koefisien transfer massa keseluruhan di lapisan film gas, kmol/m ² .s.bar
L*s	laju alir mol cairan per satuan luas, kmol/m ² .jam
L*v	laju alir volumetris cairan per satuan luas, m ³ /m ² .jam
L*w	laju alir massa cairan per satuan luas, kg/m ² .jam
Ls	laju alir mol cairan, kmol/jam
Lw	laju alir massa cairan, kg/jam m gradien garis operasi aktual
NOG	jumlah transfer unit keseluruhan fase gas
Z	tinggi bahan isian, m
σc	tegangan permukaan bahan isian, mN/m
σL	tegangan permukaan cairan, mN/m
ψh	faktor presentase flooding (fig. 11.43 Sinnottt)
φh	faktor presentase flooding (fig. 11.42 Sinnottt)

ABSTRAK

*Pabrik Polyvinyl Chloride (PVC) dari Vinyl Chloride Monomer (VCM) dengan kapasitas 125.000 ton/tahun, direncanakan didirikan di kota Cilegon, provinsi Banten. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dengan jumlah pekerja sebanyak 184 orang. PVC dibuat dengan mereaksikan VCM dengan bantuan Dilauroyl Peroxide sebagai inisiator, Polyvinyl Alcohol sebagai suspending agent dan Butylated Hydroxytoluene sebagai terminator. Proses yang digunakan adalah polimerisasi suspensi yang terjadi dalam fase cair pada suhu 60°C dan tekanan 8 atm pada reaktor alir tangki berpengaduk. Perbandingan jumlah bahan baku utama yakni Vinyl Chloride Monomer dengan air adalah 1 : 2,6. Sedangkan untuk jumlah bahan lainnya seperti Dilauroyl Peroxide adalah 0,05% dari berat VCM, Polyvinyl Alcohol adalah 0,25% dari berat VCM, dan Butylated Hydroxytoluene adalah 0,025% dari berat VCM. Dengan kebutuhan air sebanyak 77.093,8341 kg/jam, listrik sebesar 416,3120 kW, bahan bakar solar sebesar 117,5252 L/jam. Dapat diketahui keuntungan dari hasil analisa yang menunjukkan bahwa pabrik PVC ini memiliki tingkat resiko rendah (*low risk*). Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp 501.672372.432,00; Modal Kerja Rp 692.668.549.875,00; dan penjualan tahunan Rp 1.856.500.000.000.00. Sehingga didapat keuntungan sebelum pajak yaitu sebesar Rp 234.694.691.198,00 dan keuntungan setelah pajak Rp183.061859.134,00. Analisa kelayakan dilihat dari nilai Return On Investment (ROI) sebelum pajak 46,78%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 1,76 tahun, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) 21,88%, Break Event Point (BEP) 42,58%, dan Shut Down Point (SDP) 26,88%. Dari parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik PVC ini layak untuk didirikan.*

Kata Kunci: Inisiator, VCM, Polimerisasi Suspensi, PVC, Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

ABSTRACT

Polyvinyl Chloride (PVC) plant from Vinyl Chloride Monomer (VCM) with a capacity of 125,000 tons/year, is planned to be established in Cilegon, Banten. The plant is planned to operate for 330 days a year with a total of 184 workers. PVC is made by reacting VCM with the help of Dilauroyl Peroxide as an initiator, Polyvinyl Alcohol as a suspending agent and Butylated Hydroxytoluene as a terminator. The process used is suspension polymerization which occurs in the liquid phase at a temperature of 60°C and a pressure of 8 atm in a continuous stirred tank reactor. The ratio of the amount of the main raw material, namely Vinyl Chloride Monomer with water, is 1: 2.6. Meanwhile, the amount of other ingredients such as Dilauroyl Peroxide is 0.05% of the weight of VCM, Polyvinyl Alcohol is 0.25% of the weight of VCM, and Butylated Hydroxytoluene is 0.025% of the weight of VCM. With a water requirement of 77,093.8341 kg/hour, electricity of 416,3120 kW, diesel fuel of 117,5252 L/hour. Profits can be seen from the results of the analysis show that this PVC factory has a low level of risk (low risk). A parameter of the feasibility of establishing a factory using economic analysis with a total investment capital consisting of Fixed Capital Investment of Rp 501.672372.432,00; Working Capital Rp 692,668,549,875.00; and annual sales of IDR 1,856,500,000,000.00. So that the profit before tax is Rp. 234.694.691.198,00 and the profit after tax is Rp. 183.061859.134.00. The feasibility analysis is seen from the Return on Investment (ROI) before tax 46.78%, Pay Out Time (POT) before tax 1.76 years, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) 21.88%, Break Event Point (BEP) 42.58%, and Shut Down Point (SDP) 26.88%. From the above feasibility parameters, it can be concluded that this PVC plant is feasible to be established.

Keywords: Initiator, VCM, Suspension Polymerization, PVC, Continuous Stirred Tank Reactor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan bahan baku untuk membuat plastik di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Hal ini dapat terlihat dari grafik data yang tiap tahunnya kian meningkat. Salah satu bahan yang paling banyak dibutuhkan adalah *Polyvinyl Chloride* atau biasanya disebut dengan PVC. *Polyvinyl Chloride* merupakan bahan polimer termoplastik yang menjadi bahan baku dalam pembuatan pipa, alat bangunan, dan lainnya yang digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan rumah tangga. PVC termasuk ke dalam golongan bahan plastik yang bersifat isolator atau bahan yang konduktivitas termalnya yang rendah, sehingga menjadi bahan yang seringnya dipilih dalam pembuatan alat yang melibatkan suhu yang cenderung tinggi.

Dalam penggunaannya di dunia industri, PVC sendiri sangat digemari kegunaannya sebagai pipa atau alat bangunan lainnya yang membutuhkan PVC. PVC juga digunakan dalam industri makanan sebagai pembungkus atau kemasan suatu produk makanan dan alat elektronik, contohnya kabel listrik. Selain menjadi bahan baku dalam pembuatan alat industri, PVC juga dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan mainan anak-anak, film, sheet, sepatu, dan lainnya.

Sifat dasar dari PVC sendiri yakni tidak mudah terbakar, harganya relatif murah, dan bentuk fisiknya dapat dibuat menjadi fleksibel dan kaku

dengan penambahan suatu bahan yakni *plasticizer*. Meskipun begitu, disamping semua keuntungan yang ada dalam PVC, ada sebuah permasalahan yang perlu diperhatikan yakni terkait stabilitas termal. Sayangnya, dikarenakan memiliki stabilitas termal yang rendah, PVC dapat terdegradasi dengan mudah.

Untuk sifat fisik dari PVC sendiri tergantung pada ada dan tidaknya atom chlor yang berfungsi untuk mengikat molekular suatu polimer. Pada rantai karbon PVC dengan tipe fleksibel, bentuknya lebih panjang dibandingkan dengan rantai karbon PVC dengan tipe kaku atau rigid. Oleh karena itu, produk akhir PVC akan terbentuk dua produk yakni ada yang bentuknya keras dan ada yang bentuknya lunak. Hanya saja secara umum PVC memiliki tingkat kristalisasi yang rendah dikarenakan adanya *Random Orientation Atom Chlor Atatic*. Terdapat beberapa cara untuk memperbaiki kualitas PVC, yakni dengan menambahkan jenis monomer lain (contohnya *Vinyl Asetat*), meningkatkan daya rentangnya atau *tensile strength*, mengurangi titik pelunakan atau *softening point* dan meningkatkan kestabilan.

Dengan merujuk data dari seluruh pabrik PVC yang ada di dunia, pendirian pabrik PVC di Indonesia diharapkan dapat mampu bersaing dengan pabrik PVC yang ada di luar negeri terkait kualitas produknya. Selain itu, pendirian pabrik PVC di Indonesia dapat memberikan dampak yang baik dalam memenuhi kebutuhan dikarenakan tingginya permintaan dan juga banyaknya bahan baku *Vinyl Chloride Monomer* yang diproduksi oleh PT.

Asahimas Chemical sehingga dapat mengurangi ketergantungan Indonesia untuk mengimpor bahan baku atau bahkan produk PVC itu sendiri. Dampak positif lainnya adalah perekonomian nasional semakin berkembang melalui perluasan lapangan kerja yang dapat menyerap tenaga kerja dan juga memperoleh devisa, sehingga diharapkan Indonesia dapat mampu memproduksi PVC tanpa bergantung pada impor dari negara lain.

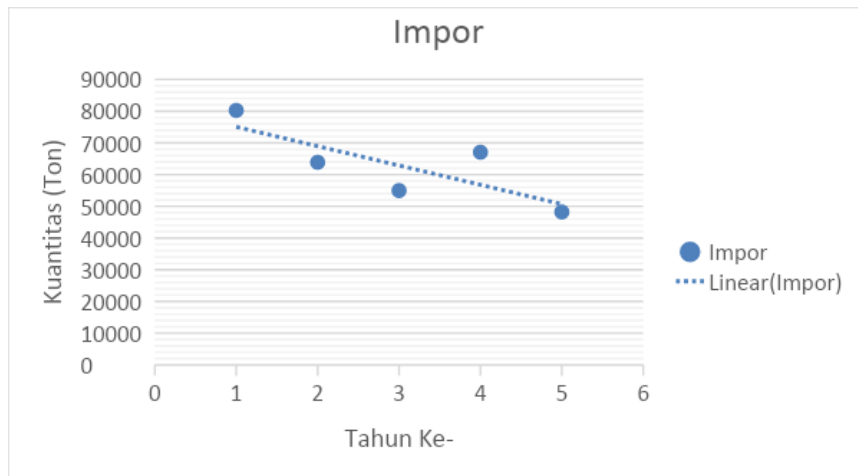
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Hingga saat ini, produsen PVC di Indonesia semakin berkembang dalam meningkatkan kapasitas produksinya. Ada beberapa produsen PVC yang memiliki kapasitas terbesar di Indonesia di antaranya adalah PT. Standard Toyo Polimer, PT. Eastern Mitsubishi Polymer, dan PT. Satomo Indovyl Polymer.

Tabel 1. 1 Impor PVC tahun ke 1-5

Tahun	Kuantitas (Ton)
1	80.242,514
2	63.876,563
3	54.970,081
4	67.051,268
5	48.209,727

(Sumber: UN Comtrade)



Gambar 1. 1 Impor Polyvinyl Chloride tahun ke 1-5

Untuk kalkulasi dari kebutuhan impor PVC di Indonesia pada tahun yang akan datang, dapat menggunakan persamaan garis lurus berikut.

$$y = ax + b$$

Keterangan:

y = Kebutuhan impor PVC di Indonesia

x = Tahun ke-x

a = Gradien

b = Intercept

Dengan menggunakan persamaan tersebut, kebutuhan impor PVC di Indonesia pada tahun ke 11 adalah.

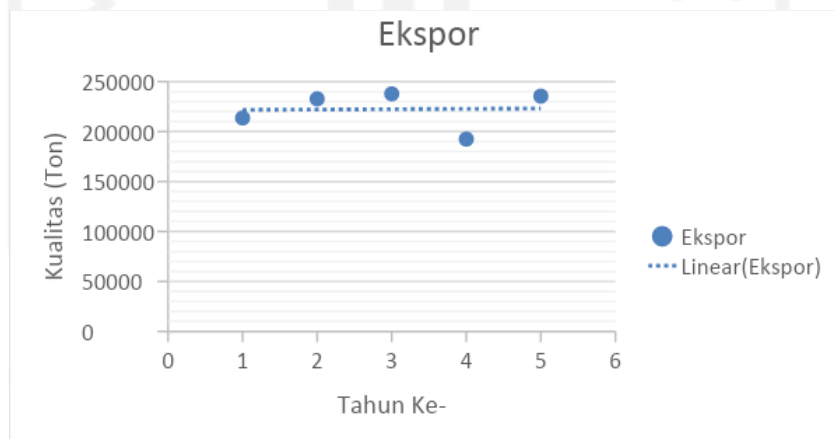
$$\begin{aligned} y &= (-6.089,1 \times (11) + 81.137) \text{ Ton} \\ &= 14.156,9 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui kebutuhan impor PVC di Indonesia, perlu juga untuk mengetahui kebutuhan ekspor PVC di luar Indonesia. Untuk data ekspor PVC dari tahun ke 1-5 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. 2 Ekspor PVC tahun ke 1-5.

Tahun	Kuantitas (Ton)
1	213.629,118
2	232.721,755
3	237.761,891
4	192.463,347
5	235,459,950

(Sumber: UN Comtrade)



Gambar 1. 2 Ekspor PVC tahun 1-5

Berdasarkan data ekspor di atas, diketahui jumlah kebutuhan ekspor PVC pada tahun ke 11 adalah sebanyak 225.130 Ton.

Setelah mengetahui kebutuhan ekspor PVC di Indonesia, perlu juga untuk mengetahui jumlah produksi PVC di Indonesia. Untuk data produksi PVC di Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 1. 3 Kapasitas pabrik PVC yang telah berdiri

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton)	Operasi	Lokasi
PT. Eastern Mitubishi Polymer	36.000	1973	Jakarta
PT. Standard Toyo Polymer	176.000	1975	Serang
PT. Satomo Indovyl Polymer	80.000	1998	Merak
PT. Siam Maspion Polymer	120.000	1998	Gresik
PT. Asahimas Chemical	550.000	1986	Cilegon
Total	962.000		

Berdasarkan data produksi di atas, diketahui jumlah produksi PVC di Indonesia adalah sebanyak 962.000 Ton.

Setelah mengetahui kebutuhan ekspor PVC di Indonesia, perlu juga untuk mengetahui jumlah produksi PVC di Indonesia. Untuk data produksi PVC di Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 1.4 Data Konsumsi PVC di Indonesia

Nama Perusahaan	Kapasitas	Lokasi Pabrik
PT. Wiharta Karya Agung	5.600	Gresik
PT. Winge Industri Plastik	8.000	Tangeran
PT. Voksel Electric Co. Tbk.	20.500	Batam
CV. Vulkanisir Jaya	94.720	Magelang
PT. Walsin Lippo Kabel	8.000	Cikarang
PT. Wavin Duta Jaya	30.000	Mojokerto
PT. Utama Murnia Plasindo	4.400	Jakarta
PT. Varia Industri Tirta	4.600	Bogor
PT. United Plastic International	5.000	Jakarta
PT. Unipack Plasindo	18.000	Karawang
PT. Uniplas Ika Pratama	4.000	Bekasi
PT. Uniplastika Kimiatama	10.000	Jakarta
PT. United International Plast.	8.800	Bogor
PT. Tulus Hasil Guna Plastik	20.000	Bandung
PT. Trias Sentosa	15.000	Surabaya
PT. PT. Tri Gema Mandiri	15.000	Tangerang
Tirta Kemas Tritunggal Perkasa	2.400	Sukabumi
PT. Tirta Permatasari Bottling	6.000	Makassar
PT. Tjakrindo Mas	6.000	Surabaya
The Victory Factory	4.000	Tangerang
PT. Tiger Pratama Industries	1.200	Jakarta
PT. Tirta Graha Parama artha	9.000	Bogor
PT. Tara Ina Plastic	8.400	Jakarta
PT. Super Tata Raya Steel	6.250	Tangerang
PT. Supernova	20.000	Jakarta
PT. Sumbertex	6.400	Batang
PT. Starkencana Plastikatama	11.400	Surabaya
PT. Starlight Prima Termoplast	4.000	Sleman
PT. Smart Corp.	9.700	Jakarta
PT. Sohat Nurmedina	7.000	Sukabumi

PT. Soloroda Indah Plastik	5.000	Kudus
PT. Sinar Lucky Plastik	5.500	Bekasi
PT. Sido Bangun	30.000	Surabaya



Nama Perusahaan	Kapasitas	Lokasi Pabrik
PT. Serim Indonesia	7.500	Tangerang
PT. Sari Indoplastama	8.400	Tangerang
PT. Sari Muti Utama	8.000	Tangerang
PT. Sari Persada Indopancarona	6.400	Jakarta
PT. Sari Polypack Utama	4.800	Jakarta
PT. Santoso	4.000	Solo
PT. Sari Gemilang Lestari	4.500	Bekasi
PT. San Bahagia Lomindo	4.800	Solo
PT. Sanipak Indonesia	20.000	Riau
PT. Sanmoro Platinindo Perkasa	4.500	Kediri
PT. Sanny Indoraya Polyprima	10.000	Tangerang
PT. Sajang Heulang	4.000	Jakarta
PT. Sakura Plastik	36.000	Solo
PT. Rusli Vinilon Sakti	17.000	Jakarta
PT. S-IK Indonesia	3.500	Bekasi
PT Riken Asahi Plastik Industri	30.800	Bekasi
PT. Rejo Mulyo	8.000	Semarang
PT. Ria Star Indonesia	20.000	Surabaya
PT. Rasindo Indah	8.800	Sidoarjo
PT. Prima Makmur Rotokemindo	6.800	Jakarta
PT. Paralon Corp.	11.000	Bogor
PT. Polyunggul	12.500	Bekasi
PT. Petindo Jaya Sakti	33.100	Tangerang
PT. Perfectindo Pratama Plastic	4.400	Pasuruan
CV. Palamas	2.600	Bekasi
PT. Omega	4.600	Cirebon
PT. Nugrahatama Daya Mitra	60.000	Bandung
PT. Nusantara Damarplastik	6.400	Bogor
Total	876.617	

s

Berdasarkan data konsumsi di atas, diketahui jumlah konsumsi PVC di Indonesia adalah sebanyak 876.617 Ton.

Dengan mengetahui kebutuhan impor, ekspor dan konsumsi serta produksi PVC, maka didapatkan kapasitas pabrik sebesar 125.000 Ton/Tahun berdasarkan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= (876.617 + 225.130) - (962.000 + 14.156,9) \\ &= 125.590 \text{ Ton/Tahun}\end{aligned}$$

Faktor-faktor yang dapat dijadikan pertimbangan dalam mendirikan pabrik PVC diantaranya adalah:

1. Kebutuhan PV yang semakin meningkat tiap tahunnya, sementara PVC di dalam negeri masih kurang tersedia.
2. Pemanfaatan PVC yang meluas, di antaranya sebagai bahan baku pembuatan alat rumah tangga, alat bangunan, pembungkus, dan lainnya.
3. Ketersediaan bahan baku di dalam negeri yang dapat mengurangi pengeluaran dalam penyediaan bahan baku.
4. Dapat menghemat devisa negara dengan mengurangi permintaan PVC dari luar negeri apabila mendirikan pabrik PVC di dalam negeri.
5. Dapat membuka lapangan kerja baru sehingga perekonomian masyarakat menjadi meningkat, terlebih khusus untuk masyarakat yang memiliki tempat tinggal di kawasan pabrik.

Berdasarkan faktor-faktor di atas, didapatkan kesimpulan bahwa belum terpenuhinya kebutuhan PVC di dalam negeri. Oleh sebab itu, gagasan pendirian pabrik PVC di Indonesia adalah suatu ide yang sebaiknya perlu ditelisik lebih lanjut sebagai investasi yang dapat menguntungkan di masa depan.

Bahan baku pembuatan PVC merupakan *Vinyl Chloride Monomer* yang diproduksi oleh PT. Asahimas Chemical yang terletak di Cilegon, Banten. Pemilihan letak pabrik yang dekat dengan letak pabrik yang memproduksi bahan baku dianjurkan untuk mengurangi biaya transportasi dan mempermudah memperoleh bahan baku. Selain itu, letak pabrik yang dibangun di pinggir Selat Sunda merupakan lokasi yang strategis untuk memperoleh air guna kebutuhan utilitas.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Polimer

Polimer merupakan makromolekul yang terbentuk dari serangkaian molekul-molekul kecil yang berikatan satu sama lain. Molekul-molekul kecil yang membentuk polimer ini dinamakan dengan monomer, sementara reaksi yang berlangsung disebut dengan reaksi polimerisasi. Dalam satu rantai polimer dapat terdiri dari ratusan, ribuan, atau bahkan jutaan molekul monomer yang berikatan satu sama lain (Tunjungsari, Faricha., dkk, 2019). Polimer juga merupakan salah satu

bahan rekayasa bukan logam (*non-metallic material*) yang saat ini sudah banyak diaplikasikan untuk bahan substitusi logam karena harganya yang murah, sifatnya yang ringan, selain itu dapat tahan terhadap korosi serta bahan kimia, terutama dalam penggunaan pada suhu rendah (Coniwanti, P., Laila, L., dan Alfira, M.R. 2014). Selama berabad-abad, manusia telah menggunakan polimer dalam berbagai bentuk seperti minyak, aspal, resin dan permen karet. Namun, industri polimer modern baru berkembang di masa revolusi industri (Charles E. Carraher, Jr, 2006).

Beberapa sifat mekanik polimer antara lain kuat tekan, kuat tarik, dan kuat tekuk. Kuat tekan adalah ukuran seberapa baik suatu sampel dapat ditekan, sebelum akhirnya akan rusak. Kuat tarik dapat diketahui dengan cara menarik polimer dengan bentuk yang sama. Sedangkan kuat tekuk yaitu ukuran dari ketahanan terhadap patahan ketika suatu sampel ditekuk. Stabilitas panas suatu polimer menunjukkan fungsi dari energi ikatan. Semakin tinggi temeperturnya, energi antar ikatan juga akan semakin besar sehingga ikatan rantai polimer akan terputus dengan mudah. Suatu polimer mempunyai sifat stabil terhadap panas apabila polimer tersebut tidak terurai dibawah suhu 400°C dan dapat mempertahankan sifat-sifatnya yang bermanfaat pada temperatur yang mendekati dekomposisi polimer tersebut. Maka dari itu, polimer harus mempunyai temperatur transisi gelas yang tinggi (Steven, 2001).

Berdasarkan asalnya, polimer dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: polimer alam (pati, selulosa, sutra, dll.) dan polimer sintesis

(polietilena (PE), nilon, *Polyvinyl Chloride* (PVC), polikarbonat (PC), polistirena (PS), karet silikon). Bahan-bahan ini pada umumnya mempunyai kepadatan yang rendah namun biasanya sifat mekaniknya berbeda dari logam dan keramik. Berdasarkan sifatnya ketika dipanaskan, Polimer dapat dibagi menjadi 2, yaitu polimer termoset dan polimer termoplastik. Polimer termoset adalah polimer yang tidak meleleh saat dipanaskan. Polimer termoplastik adalah polimer yang meleleh ketika dipanaskan dan dapat dibentuk menjadi pola yang kita inginkan. Polimer termoset tidak dapat didaur ulang, sementara polimer termoplastik dapat didaur ulang. Sedangkan berdasarkan

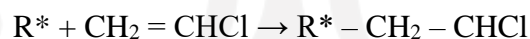
Penggunaan polimer sebagai bahan baku, semakin berkembang dengan sangat pesat, salah satu contohnya adalah plastik. Bahan plastik banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, transparan, tahan air dan biaya yang relatif rendah. Plastik yang saat ini digunakan adalah jenis polimer sintetis, tersusun dari bahan kimia yang tidak terdegradasi oleh mikroorganisme di lingkungan. Beberapa plastik mempunyai sifat termoplastik, seperti mudah larut dalam pelarut yang sesuai, melunak pada suhu tinggi dan ketika didinginkan akan kembali mengeras, serta struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antar rantai. Proses pelunakan dan pengerasan ini dapat terjadi berulang kali. Plastik merupakan produk yang terbuat dari polimer *Polyvinyl Chloride* (PVC).

1.3.2 Mekanisme Reaksi Polimerisasi

Polimerisasi merupakan reaksi penggabungan monomer untuk membentuk rantai polimer yang panjang dan berulang. Terdapat 2 macam reaksi polimerisasi, diantaranya adalah polimerisasi pertumbuhan bertahap, yang melibatkan reaksi acak dari 2 molekul berupa gabungan monomer, oligomer, atau molekul dengan rantai yang lebih panjang dan polimerisasi pertumbuhan berantai, yang hanya terjadi melalui penempelan monomer pada rantai aktif. Terdapat 3 tahap reaksi:

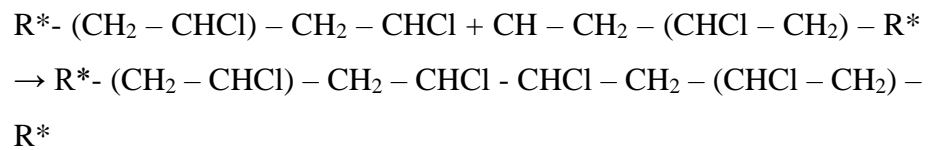
a. Tahap Inisiasi (Mengaktifkan Monomer)

Tahap reaksi ketika inisiator akan mengalami dekomposisi membentuk sumber radikal yang nantinya akan mengaktifkan monomer menjadi radikal bebas.



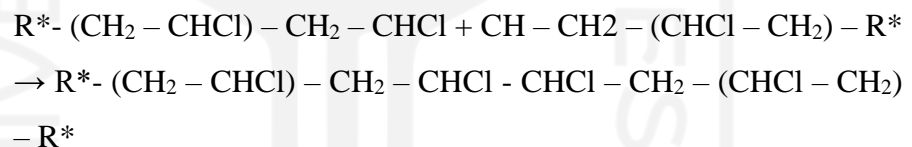
b. Tahap Propagasi (Menumbuhkan Rantai Aktif dengan Menambahkan Monomer secara Bertahap)

Tahap reaksi dimana monomer aktif akan bereaksi dengan monomer yang lain untuk membentuk polimer rantai panjang. Tahap ini berlangsung hingga mencapai panjang rantai yang diinginkan.



- c. Tahap Terminasi (Menonaktifkan Rantai untuk Memperoleh Produk Akhir)

Tahap perhentian reaksi atau tahap untuk mengakhiri polimerisasi, dimana 2 buah rantai monomer aktif saling bergabung lalu menjadi nonaktif. Pada tahap ini, salah satu ujung rantai memiliki gugus karbon tak jenuh dan ujung rantai lainnya memiliki gugus karbon jenuh.



Reaksi polimerisasi ini tergolong dalam reaksi eksotermik, temperatur polimerisasinya antara 50-65°C, tergantung jenis PVC yang diinginkan.

1.3.3 Polyvinyl Chloride (PVC)

Polyvinyl Chloride (PVC) adalah bahan termoplastik serbaguna yang digunakan dalam produksi ratusan produk yang dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari (Cowd, 1991). Rumus molekul PVC adalah $(-CH_2-CHCl-)_n$. Bentuk ini memiliki titik leleh sekitar 204°C

dan temperatur transisi glass antara 70-100°C (Umam, 2013). PVC merupakan salah satu material polimer yang banyak digunakan selain polipropilen, polietilen, dan polistiren (Anasagasti, 1999). Penelitian telah menunjukkan bahwa kemungkinan bahan pengganti PVC sangat kecil dan bahkan jika ada, mereka tidak seefisien dan tidak seekonomis PVC. Produk yang terbuat dari PVC biasanya tahan bahan kimia dan kandungan klorin membuat bahan ini sangat tahan api.

Etilena (minyak mentah/gas alam) dan klorin (garam batu) merupakan bahan baku utama yang digunakan untuk membuat PVC. Etilen adalah hasil minyak mentah dalam tahap menengah nafta melalui "perengkahan" termal. Klorin, di sisi lain, diproduksi dari garam batu melalui elektrolisis klor-alkali. Dari etilena dan klorin, vinil klorida diproduksi pada rasio masing-masing 43 hingga 57% (Ansar Khan, C.S. Malvi, 2016). PVC dibuat dengan mempolimerisasi monomer vinil klorida. Dengan 57% berat klorin, PVC adalah polimer berbasis minyak bumi paling sedikit dari polimer lainnya (Cowd, 1991).

Dalam hal jumlah pemakaian, *Polyvinyl Chloride* (PVC) berada dalam urutan ketiga yang paling umum di dunia setelah polietilen dan polipropilen. Lebih dari 50% PVC yang diproduksi digunakan dalam konstruksi. Sebagai bahan bangunan, PVC relatif murah, tahan lama dan mudah dirakit. PVC dapat dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan plasticizer, umumnya menggunakan ftalat. PVC fleksibel biasanya digunakan untuk pipa ledeng, bahan pakaian,

insulasi kabel listrik dan atap (Cowd, 1991). Produk yang terbuat dari PVC memerlukan perawatan minimal karena sifatnya yang sangat andal dan tahan lama. Sifat penting lainnya dari PVC adalah ketahanannya terhadap api, yang membuatnya lebih dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Setelah masa pakai pertama yang panjang, sifat fisik PVC memungkinkannya untuk didaur ulang dengan mudah (Ansar Khan, C.S. Malvi, 2016).

Sifat fisika dan kimia PVC adalah sebagai berikut.

Sifat fisika PVC:

1. Keras
2. Kaku
3. Jernih dan mengkilap
4. Tidak larut dalam air
5. Tahan terhadap bahan kimia dan korosi
6. Tahan api
7. Kekuatan benturannya yang baik
8. Berbentuk serbuk putih sehingga mudah untuk diolah

Sifat kimia PVC:

1. Volume PVC lebih padat daripada monomer vinil klorida
2. Memiliki reaksi eksotermik dalam proses pemuatannya
3. Salah satu polimer asisi sintetik
4. Tidak bereaksi terhadap asam dengan konsentrasi tinggi maupun konsentrasi rendah.
5. Sedikit bereaksi dengan minyak nabati dan oksidan.
6. Bereaksi normal dan hanya bisa untuk waktu yang sebentar dengan aldehida.
7. Tidak disarankan untuk menggunakan dengan aldehida, aromatik dengan hidrokarbon berhalogen, dan keton.

Proses pembuatan *Polyvinyl Chloride* (PVC) dari Monomer Vinil Klorida memiliki beberapa metode, diantaranya adalah.

1. Polimerisasi Bulk/Larutan

Merupakan metode paling sederhana yang dipakai untuk mengubah monomer menjadi polimer. Polimerisasi Bulk merupakan metode yang paling sedikit digunakan dalam pembuatan PVC dibandingkan dengan metode polimerisasi suspensi dan emulsi. Umpan untuk metode ini terdiri dari pelarut organik, monomer, sejenis inisiator yang larut dengan monomer, serta suatu agen pemindah rantai. Pelarut organik yang dapat digunakan diantaranya *Hexane*, *Butyl phthalate*, *Petroleum ether*,

Octyl adipate, *Monofluorotrichloromethane*, dan *Trifluorotrichloroethane*. Sedangkan inisiator yang digunakan adalah *Tert butyl peroxyvalate*, *Octyl cyclohexylsulfonyl peroxide*, dan *Dialkyl peroxydicarbonate*.

Beberapa masalah dapat timbul dalam polimerisasi bulk ini, terutama jika melibatkan radikal bebas. Pada saat konsentrasi monomer yang lebih tinggi, laju polimerisasi mengalami percepatan yang berbeda dengan pola kinetik klasik. Fenomena ini dinamakan dengan efek gel (*autoacceleration*). Hal ini terjadi karena adanya perbedaan antara tahapan propagasi-terminasi dan larutan polimer mempunyai viskositas sangat tinggi sehingga perpindahan panas konveksi menjadi tidak efektif. Akibatnya, koefisien perpindahan panas keseluruhan biasanya akan kurang dari 1 Btu/jam ft² F sehingga sulit untuk memindahkan panas yang dihasilkan reaksi. Hal ini menyebabkan kenaikan temperatur dan kenaikan laju reaksi serta peningkatan panas yang dapat merusak peralatan atau polimer.

Pada skala industri, proses Pechiney-Saint-Gobain digunakan dalam metode polimerisasi bulk, dikarenakan proses ini dapat membantu untuk mengontrol panas. Pada tahap pertama, Vinil Klorida dipolimerisasi guna memperoleh konversi 10% yang berbentuk pasta. Setelah itu, massa yang bereaksi diteteskan ke dalam autoclave kedua untuk memperoleh konversi 80%-85%,

berbentuk serbuk. Reaktor ini dirangkai dengan pengaduk yang dilengkapi dengan kondensor. Jika menginginkan polimer dengan stabilitas thermal, reaksi akan dilakukan pada suhu rendah. Karena itu, diperlukan inisiator yang dapat bekerja pada suhu sekitar -20°C seperti katalis tipe redoks. Proses ini tidak menggunakan suspending agent atau emulsifier sehingga menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian tinggi. Polimerisasi bulk biasanya digunakan untuk membuat produk dengan bentuk yang diinginkan dengan melakukan polimerisasi langsung didalam cetakan (*unplasticied PVC*). Contohnya adalah potting, pengecoran, bahan penguat, dan komponen elektrik

2. Polimerisasi Suspensi

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memudahkan pemindahan panas pada proses polimerisasi bulk yaitu dengan memilih salah satu dimensi masa reaksi yang kecil. Hal ini dapat dilakukan pada polimerisasi suspensi dengan cara membuat suspensi monomer dalam bentuk tetesan yang berdiameter 0,01–1 mm di dalam cairan bukan pelarut yang inert (*droplets*). Setiap tetesan ini akan berperan sebagai satu reaktor curah namun dengan dimensi yang kecil sehingga perpindahan panas tidak lagi menjadi masalah dan panas dapat dihilangkan dari medium suspensi inert yang mempunyai viskositas rendah.

Karakteristik terpenting dari sistem ini adalah bahwa secara termodinamik suspensi yang terbentuk tidak stabil dan harus dipertahankan dengan mengaduk dan menambahkan zat pensuspensi. Umpam yang digunakan terdiri dari monomer yang larut dalam air, inisiator yang dapat larut dalam monomer, bahan pensuspensi berupa koloid pelindung atau garam anorganik yang tidak larut. Ukuran manik-manik polimernya tergantung pada sifat dasar monomer, tingkat pengadukan, dan sistem suspensi. Ketika konversi mencapai 20-70%, agitasi menjadi sangat penting. Ketika konversi dibawah 20% fasa organik masih cukup cair untuk kembali terdispersi dan ketika diatas 70% partikel menjadi kaku sehingga hal ini dapat mencegah terjadinya penggumpalan. Namun jika pengadukkan berkurang atau bahkan berhenti diantara kedua batas tersebut, partikel yang lengket akan bergabung menjadi gumpalan massa yang besar dan manik polimer yang terbentuk juga akan menjadi lebih besar. Bahan suspensi yang bagus dan luas penggunaannya adalah poly vinyl acetate yang terhidrolisis sebagian atau polivinil alkohol. Sedangkan inisiator yang biasanya digunakan adalah *peroxydicarbonates*, *diacyl peroxide*, *azo inisiator*, dan *peroxyester*

3. Polimerisasi Emulsi

Proses polimerisasi emulsi mirip dengan polimerisasi suspensi kecuali butir-butir monomer pada polimerisasi emulsi dalam ukuran mikroskopis. Air digunakan sebagai *carrier* dengan *Emulsifying Agent* untuk mengemulsi partikel yang sangat kecil serta digunakan sebagai inisiator untuk mempercepat reaksi. *Emulsifying Agent* yang dapat digunakan diantaranya adalah asam metakrilat, vinyl asetat, asam akrilat, stiren, n-metilol akrilamida, akrilonitril dan asam itasonik. Inisiator yang digunakan yaitu *paracetic acid*, *Hydrogen peroxide*, *dibenzoyl peroxide butyl*, *peroxide* dan *perbenzoic acid*.

Proses polimerisasi emulsi adalah reaksi polimerisasi monomer dalam media cair yang mengandung surfaktan dan inisiator yang dapat larut didalam air, menghasilkan *latice* PVC. *Latice* PVC merupakan dispersi koloid dari partikel sperikal yang berukuran 0,1-0,3 μ m. Sebagian *latice* PVC disemprotkan ketika sudah kering (*spray dryer*) lalu digiling untuk memperoleh butir-butir halus terbuat dari aglomerasi partikel-partikel latex. Jika dicampur bersama dengan *plasticizer*, *latice* PVC akan terdispersi membentuk suspensi yang stabil. Selama proses pencampuran, sebagian algolimerasi terpecah menjadi partikel latex. Dispersi partikel halus ini dikenal dengan istilah pasta atau pastisol, sementara butirannya dikenal dengan istilah dispersi

atau pasta polimer. Lapisan sulfaktan disekitar permukaan partikel bisa mencegah terjadinya penyerapan *plasticizer* pada kondisi temperature kamar, sehingga dapat digunakan sebagai cairan. Jika mencampurkannya dengan substrat lain maka dapat dicetak untuk dijadikan sebagai mainan, bola, sarung tangan, kulit tiruan, dan lain-lain. PVC hasil polimerisasi emulsi pada grade tertentu tidak bersifat plastisiol sehingga harus dicampur dengan PVC emulsi tidak ekonomis suspensi supaya diektrusi. Hal ini membuat PVC emulsi menjadi tidak ekonomis, dan PVC lateks hanya dapat digunakan untuk tinta printing dan water based-paint, sehingga membatasi peluang penjualan.

Tabel 1. 4 *Jenis polimerisasi serta kelebihan dan kekurangannya*

Jenis Polimerisasi	Kelebihan	Kekurangan
Polimerisasi Bulk	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesnya mudah • Kemurnian produk tinggi • Alat-alat sederhana • Produk yang dihasilkan lebih seragam • Pengontrolan suhu lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Sangat Eksotermis • Waktu pengerjaan lama • Membutuhkan pengadukan dan alat recycle
Polimerisasi Suspensi	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada kesulitan dengan panas polimerisasi • Ketel untuk proses polimerisasi sederhana 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimungkinkan adanya kontaminasi dari air dengan agen penstabil.

Polimerisasi Emulsi	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesnya cepat dan tidak ada kesulitan dengan panas polimerisasi • Dapat diterapkan untuk polimerisasi secara kontinyu 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimungkinkan terjadinya kontaminasi polimer dengan air dan agen pengemulsi • Berat molekul polimer tinggi untuk proses pembentukan yang cepat dengan menggunakan injeksi
---------------------	--	---

1.3.4. Pemilihan Proses

Proses yang akan digunakan pada pra rancangan pabrik *Polyvinyl Chloride* ini adalah proses polimerisasi suspensi. Dasar-dasar pemilihan proses diantaranya adalah.

1. Konversi yang dihasilkan proses suspensi lebih besar.
2. PVC hasil proses suspensi lebih banyak dibutuhkan pasar karena sudah banyak pabrik PVC yang berdiri menggunakan proses suspensi.
3. Pada polimerisasi suspensi, partikel PVC yang dihasilkan lebih seragam daripada polimerisasi bulk.
4. Suhu reaksi yang tidak teralalu besar.

1.3.4 Vinyl Chloride Monomer (VCM)

Vinyl Chloride juga dikenal sebagai *chloroethene*, *chloroethylene*, *ethylene monochloride*, atau *monochloroethne*. Pada suhu kamar, *Vinyl Chloride* adalah gas yang tidak berwarna,

mudah terbakar, dan tidak stabil pada suhu yang tinggi. *Vinyl Chloride* mempunyai bau manis yang ringan, yang dapat terdeteksi pada 3.000 ppm di udara. Sedangkan di dalam air, vinyl klorid dapat mulai terdeteksi pada konsentrasi 3,4 ppm. *Vinyl Chloride* merupakan senyawa yang tidak dapat terjadi secara alami. Namun, senyawa ini dapat terbentuk pada lingkungan melalui reaksi penguraian senyawa buatan lain, seperti trichloroethane, trichloroethylene, dan tetrachloroethylene oleh mikroorganisme. Sebagian *Vinyl Chloride* yang diproduksi, digunakan sebagai bahan pembuatan polimer yang disebut dengan *Polyvinyl Chloride* (PVC) (ATSDR, 2006).

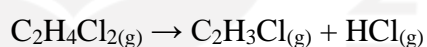
Munculnya industri produksi vinil klorida pada awalnya dimulai pada tahun 1930 dengan proses hidroklorinasi katalitik terhadap asetilen. Proses yang digunakan pada saat itu masih membutuhkan biaya produksi yang besar dan melibatkan proses yang rumit. Pada tahun 1970, *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) sebagai salah satu produk petroleum mulai berkembang dan banyak digunakan untuk bahan baku industri plastik PVC, sebesar 85%. Sementara sisanya digunakan sebagai pelarut dalam industri anti-knocking agent. Produksi vinil klorida dengan skala besar dimulai pada tahun 1984 dan memiliki kapasitas sebesar 12.000 dan 15.000 ton. Mulanya, *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) adalah produk samping yang diperoleh dari proses sintesis etilen oksida dan etil

klorida. Saat ini, perkembangan industri VCM semakin meningkat, sejalan dengan kebutuhan VCM sebagai bahan baku utama dalam industri pembuatan PVC (Kirk dan Othmer, 1998).

Proses-proses yang dapat digunakan dalam pembuatan VCM, diantaranya adalah.

a. Pirolisis Ethylene Dichloride (EDC)

Proses pirolisis EDC adalah proses pirolisis atau perengkahan Ethylene Dichloride untuk membentuk VCM di dalam reaktor furnace. Proses ini berlangsung pada suhu 250-550°C dan pada tekanan 3-30 atm. Reaksi yang terjadi adalah.



Reaksinya berlangsung secara endotermis, mengakibatkan lambatnya jalan reaksi ketika temperaturnya berada di bawah 500°C. Namun hal ini dapat diatasi dengan penambahan katalis seperti CuCl_2 atau *nitromethane chloroform* (Dimian dan Bildea, 2008).

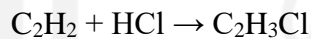
b. Hidroklorinasi 1,1,2 Trikloroetana

1,2 Trikloroetana (TCEA) adalah produk limbah yang didapatkan dari proses EDC. Proses pembentukan VCM dari 1,1,2 trikloroetana berlangsung dengan penambahan H_2 pada

reaktor fixed bed dengan suhu 300°C. Proses Hidroklorinasi 1,1,2 Trikloroetana ini berlangsung dengan penambahan katalis Ni-Cu/SiO₂.

c. Reaksi Asetilen dan Asam Klorida

Reaksi pembuatan VCM dari asetilen yaitu dengan cara mereaksikan asetilen (C₂H₂) dengan HCl atau hidroklorinasi asetilen berlangsung dengan bantuan katalis HgCl₂ dan karbon aktif yang berperan sebagai carrier mercury chloride. Supaya reaksi dapat berjalan lancar, zat aditiv ditambahkan untuk mengurangi volatilitas HgCl₂ yang menjadi faktor pembatas reaksi hidroklorinasi. Reaksi yang berlangsung pada reaktor adalah sebagai berikut.

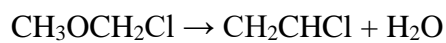
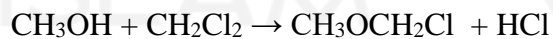
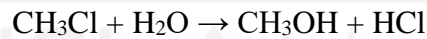


Reaksinya berlangsung secara eksotermis (menghasilkan panas) ketika suhunya berkisar antara 90-140°C dan pada tekanan 1,5-1,6 atm.

d. Reaksi Metil Klorida (CH₃Cl) dan Metilen Klorida (CH₂CHCl)

Reaksi pembentukn melalui rekasi Metil Klorida dan Metilen Klorida terjadi pada fasa uap yang berlangsung pada suhu 300-500°C dengan tekanan 1-10 atm. Reaksi ini berlangsung dengan penambahan katalis seperti *gamma*

alumina, aluminium gel, zeolite, atau zinc chloride dan membutuhkan 1 mol CH_3Cl dan 1 mol CH_2CHCl untuk dapat membentuk 1 mol VCM dan 2 mol HCl. Reaksinya adalah sebagai berikut.



1.3.5 Aplikasi *Polyvinyl Chloride*

1. Sebagai Isolasi dan Pelapis Kabel

Untuk aplikasi tegangan rendah, PVC biasanya digunakan sebagai isolasi dan pelapis kabel. PVC tidak dapat menahan suhu yang tinggi, hal ini dikarenakan PVC merupakan bahan termoplastik.

Pada suhu yang terlalu tinggi PVC akan meleleh dan terbakar atau Plasticizer dapat menguap dan membuat PVC rapuh. Hal ini dapat mengakibatkan kegagalan insulasi kabel. Karena alasan ini, kabel

berisolasi PVC jarang digunakan di tempat yang terkena panas berlebih. Kabel PVC dapat menghasilkan sejumlah besar gas klorin saat dibakar. Ini adalah poin yang cukup penting saat menggunakan kabel berisolasi PVC (Brian.C,2009).

2. Pipa PVC

Pipa PVC mempunyai banyak kelebihan untuk menggantikan instalasi pipa yang sebelumnya terbuat dari bahan

logam. Tidak seperti logam, material pipa PVC dinilai lebih fleksibel, ringan, tahan lama, tahan terhadap api, tahan bocor, tahan korosi, serta mudah dirakit sehingga sangat ideal dalam menjalankan fungsinya. Pipa PVC merupakan material non-konduktor listrik dan tahan dari reaksi elektrokimia yang diakibatkan oleh asam, basa, dan garam, sehingga tidak membutuhkan lapisan pelindung.

3. Wadah Kemasan

- a. Plastik pembungkus atau *Wrap plastic* yang mempunyai daya rekat baik, kedap udara, serta elastis.
- b. Plastik kaku dan lembaran sebagai kemasan buah-buahan, telur, dan kue, pembungkus yang transparan, yang mengisolasi oksigen dan tidak mudah rusak.
- c. Botol untuk wadah air, kosmetik, dan deterjen, yang memerlukan isolasi dan daya tahan.

4. Konstruksi

Material untuk langit-langit rumah, wallpaper dinding, dek, bingkai jendela, talang hujan, lembaran bergelombang, ubin lantai, industry sheet atau material yang tidak mudah terbakar.

1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

1.4.1 Tinjauan Kinetika

Kinetika polimerisasi VCM didasarkan pada polimerisasi radikal bebas yang diinduksi. Ada 6 persamaan yang menjelaskan proses polimerisasi tersebut, diantaranya adalah sebagai berikut.



Dimana;

I: radikal bebas yang dihasilkan oleh dekomposisi inisiator

R: polimer radikal bebas

M: molekul monomer VCM

P: molekul polimer akhir

Persamaan (1.1) adalah langkah inisiasi yang merupakan langkah pertama dekomposisi dari molekul labil (peroksida atau senyawa azo). Persamaan (1.2) dan (1.3) adalah langkah propagasi rantai normal dengan konstanta laju yang sama besar ($k_2 = k_3$). Pada beberapa kasus, inisiator azo membutuhkan waktu paruh yang sangat singkat untuk dekomposisi dan radikal yang diperoleh sangat stabil, akibatnya polimerisasi menjadi tidak efisien ($k_2 < k_3$) dan reaksi samping terjadi.

Persamaan (1.4) adalah reaksi transfer rantai dimana polimer radikal akan bereaksi dengan VCM untuk menghasilkan molekul polimer dan monomer radikal. Reaksi ini merupakan reaksi yang sangat penting dalam polimerisasi VCM dan frekuensinya relatif mengarah ke langkah propagasi rantai (persamaan 1.3) yang mengontrol berat molekul polimer. Karena kedua reaksi tersebut melibatkan entitas yang sama, maka frekuensi relatifnya dikendalikan oleh temperatur. Faktanya, berat molekul PVC merupakan faktor utama dalam menentukan kemampuan mesin dan sifat mekanik yang baik dari produk akhir. Dibandingkan dengan pelarut murni, biasanya berat molekul dapat diperoleh dari viskositas relatif larutan polimer encer. hasilnya dinyatakan sebagai ISO Viscosity Number dan didapatkan *K value*, dengan nilai *K* berkisar antara 45 hingga 80. Produksi *K-value* memerlukan suhu polimerisasi 40 hingga 80°C (biasanya 50-72°C), suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan *K value* yang lebih rendah. *Chain reaction agent* dapat digunakan untuk mengurangi suhu yang digunakan namun akhir-akhir ini, penggunaannya telah dikurangi guna menjaga PVC yang diproduksi supaya sebebaskan mungkin dari impuritas.

Persamaan (1.5) dan (1.6) adalah langkah pemutusan rantai polimer. Polimer radikal bereaksi bersama untuk menghasilkan satu (rekombinasi) atau dua (disproporsionasi) polimer molekul. Karena kedua reaksi ini melibatkan dua radikal besar yang bertabrakan, maka lajunya sangat bergantung dengan viskositas sistem. PVC tidak dapat

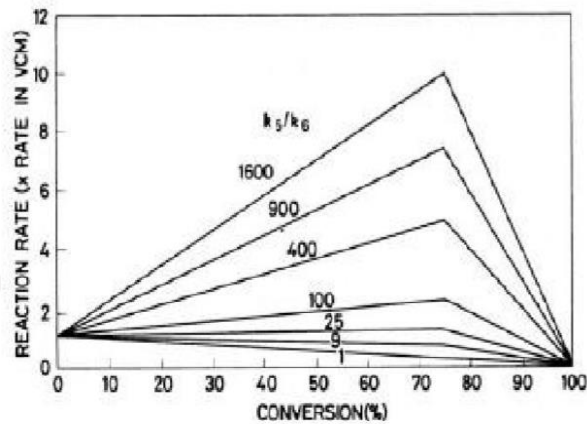
larut dalam monomer dan mengendap menjadi 75/25 PVC/gel' VCM. Terdapat dua lokus polimerisasi, fase VCM dengan konstanta kecepatan pemutusan tinggi untuk reaksi radikal dan fase PVC/VCM dengan konstanta kecepatan pemutusan rendah. Oleh karena itu, setidaknya tingkat konversi VCM menjadi PVC adalah sebesar 75%. Untuk nilai k_5 dan k_6 , Kuchanov dan Bort memberikan nilai $1,3 \times 10^{12} \exp(-4200/RT)$ liter mol⁻¹ s⁻¹ untuk k_5 dan $0,7 \times 10^{12} \exp(-8200/RT)$ liter mol⁻¹ s⁻¹ untuk k_6 .

$$\frac{-d[M]}{dt} = k_3 [M] \left\{ \frac{k_1[l]}{k_5} \right\}^{1/2} \text{ in VCM} \quad (1.7)$$

$$\frac{-d[M]}{dt} = k_3 [M] \left\{ \frac{k_1[l]}{k_6} \right\}^{1/2} \text{ in PVC/VCM} \quad (1.8)$$

Persamaan (1.7) dan (1.8) di atas dapat digunakan untuk memprediksi cara kecepatan polimerisasi yang dapat diubah dengan konversi, dengan asumsi:

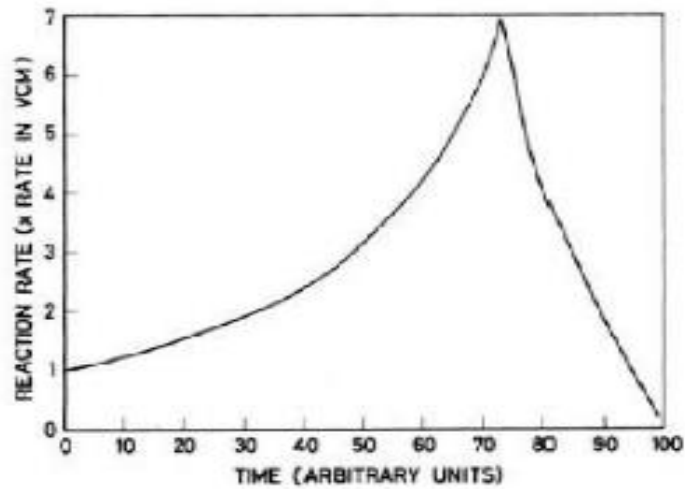
- a. Konsentrasi radikal mula-mula bernilai konstan pada kedua fasa
- b. Tidak berubahnya kecepatan terminasi pada dua fase dengan menggunakan konversi, meskipun konversi VCM menjadi PVC lebih dari 75%
- c. Untuk konsentrasi monomer efektif fasa gel dengan konversi 75% adalah 25% dari fase VCM dan disebut sebagai konversi yang lebih dari 75%.



(Ali Makrup, 2016)

Gambar 1. 3 Pengaruh Konversi terhadap Laju Reaksi

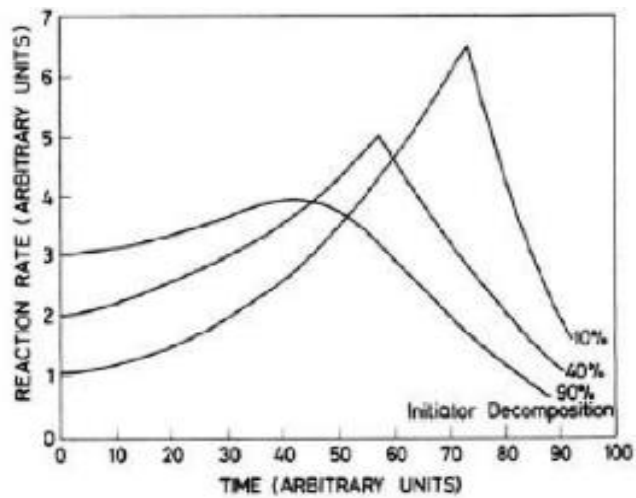
Pada Gambar 1.3 terlihat terjadi perubahan pada kecepatan diiringi dengan berubahnya konversi untuk nilai k_5 dan k_6 . Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan meningkat seiring dengan meningkatnya konversi hingga 75% yang terjadi saat k_5/k_6 lebih dari 16. Meningkatnya kecepatan seperti ini disebut sebagai efek *Trommsdorff*. Kecepatan polimerisasi berbanding lurus dengan konsentrasi VCM. Pada saat konversi mencapai lebih dari 75%, maka kecepatan polimerisasi dan konsentrasi VCM akan menurun. Kuchanov dan Bort yakin bahwa adanya ketidakseimbangan konsentrasi radikal pada dua fase dan transfer radikal digunakan pada dua fase agar dapat menjelaskan beberapa proses kinetika yang diamati.



(Ali Makrup, 2016)

Gambar 1. 4 Pengaruh waktu terhadap laju reaksi

Pada Gambar 1.4 dapat dikatakan bahwa perubahan kecepatan terhadap waktu terjadi seiring dengan berubahnya konversi yang berbanding lurus dengan kecepatan. Pada saat kecepatan meningkat hingga konversi 75%, dapat terlihat dengan jelas karakteristik dari polimerisasi VCM dan disertai penurunan kecepatan pada saat konversi lebih dari 75%.



(Ali Makrup, 2016)

Gambar 1. 5 Pengaruh inisiator pada laju reaksi

Secara umum, reaksi bermula dari dekomposisi senyawa peroksida agar mendapatkan radikal bebas. Dekomposisi dapat menunjukkan kinetika pada orde pertama dimana semakin lama kecepatannya, maka semakin menurun seiring dengan konsentrasi inisiator yang tidak berhasil terdekomposisi dengan baik. Seperti yang dapat terlihat pada Gambar 1.5 yang menunjukkan pengaruh laju reaksi dari inisiator yang digunakan yang terdekomposisi pada saat terjadinya polimerisasi. Hal ini dikarenakan kecepatan pada saat polimerisasi sama dengan akar kuadrat dari konsentrasi inisiator. Untuk inisiator dengan sifat yang mudah terurai, tingkat kecepatan awal polimerisasiinya lebih tinggi. Namun, pada saat yang sama, laju reaksi pada titik puncak akan menurun karena inisiator yang berkurang dikarenakan proses dekomposisi yang cepat. Pada saat kecepatan melewati puncak, kecepatan akan menurun yang disebabkan oleh

rendahnya konsentrasi inisiator. Dalam beberapa kasus, tidak menutup kemungkinan ada inisiator yang jumlahnya sedikit dan mengakibatkan reaksi berhenti.

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dibutuhkan untuk menentukan sifat reaksi yang terjadi selama proses polimerisasi PVC, apakah reaksinya berlangsung secara eksotermis atau endotermis. Untuk menentukan sifat reaksinya, maka dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta H_r = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

Keterangan:

ΔH_r = panas reaksi

ΔH_{produk} = Entalpi Pembentukan Polyvinyl Chloride

$\Delta H_{\text{reaktan}}$ = Entalpi Pembentukan vinyl Chloride



Diketahui:

$$\Delta H_{\text{PVC}} = -98.242 \text{ kJ/mol}$$

(Ali Makrup, 2016)

$$\Delta H = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{PVC}} - \Delta H_{\text{vinyl chloride}}$$

$$\Delta H = -98.242 \text{ kJ/mol} - (-94,12 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H = -4.122 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH bernilai negatif maka reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis. Sehingga harus selalu memperhatikan panas yang terbentuk supaya tidak terjadi akumulasi yang berlebihan.

$$\Delta G^{\circ}_{\text{PVC}} = -196.382 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{Vinil Klorida}} = 42.93 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ}_{\text{produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ}_{\text{PVC}} - \Delta G^{\circ}_{\text{Vinyl Chloride}}$$

$$\Delta G^{\circ} = -196.382 \text{ kJ/mol} - 42.93 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ} = -239.312 \text{ kJ/mol}$$

$$= -\ln K$$

$$= -\ln K$$

$$-\ln K = -0.0966 \Rightarrow K = 1.10$$

Karena nilai $K > 1$ maka reaksi polimerisasi merupakan reaksi

Irreversibel atau reaksi searah.

BAB II PPERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1. Polyvinyl Chloride

Rumus Kimia	: $(C_2H_3Cl)_n$
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: $-13,4^{\circ}C$
Kepadatan (kg/m^3)	: 911
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: $302^{\circ}C$
<i>Vapour Pressure</i>	: $< 0,1$
<i>Vapour Density</i>	: $1,4 g/cm^3$
<i>Specific Gravity</i>	: $1,25-1,55$
<i>Freezing Point</i>	: $-245^{\circ}F (-154^{\circ}C)$
Kemurnian	: $99,5\%$
Viskositas Larutan	: 140 cp
Kelarutan	: tidak larut dalam air

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1. Vinyl Chloride Monomer

Rumus Kimia	: $CH_2 = CHCl$
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: $-13,4^{\circ}C$
Titik Lebur ($^{\circ}C$)	: $-153,8^{\circ}C$
<i>Vapour Pressure</i>	: 2.524 mmHg ($20^{\circ}C$)
<i>Vapour Density</i>	: $2,2$

<i>Solubility (in water)</i>	: 0,7 %
<i>Specific Gravity</i>	: 0,913
<i>Freezing Point</i>	: -153,8 °C
Kemurnian	: 99,99%
Densitas Cairan -14,2°C (g/cm ³)	: 0,969
Kelarutan dalam air	: 2,7 g/L

2.2.2. Dilauroyl Peroxide

Rumus Kimia	: C ₂₄ H ₄₆ O ₄
Titik Didih (°C)	: 150,2
Densitas (kg/m ³)	: 1450
Titik Lebur(°C)	: -0,43
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.2.3. Butylated Hydroxytoluene

Rumus Kimia	: C ₁₅ H ₂₄ O
Titik Didih (°C)	: 265
Titik Leleh (°C)	: 70
Densitas (g/cm ³)	: 1,03 (20°C)
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.2.4. Polyvinyl Alcohol

Rumus Kimia : $(\text{CH}_2\text{CH})_n$

Kepadatan (kg/m^3) : 1.91

Titik Lebur ($^\circ\text{C}$) : 200°C

Specific Gravity : 1,19 – 1,31

Freezing Point : 200°C

Viskositas Larutan : 58,80 cp

Kelarutan : Larut dalam air

2.2.5. Air

Rumus Kimia : H_2O

Titik Didih ($^\circ\text{C}$) : 100°C

Kepadatan (kg/m^3) : 1 kg/m^3

Titik Lebur($^\circ\text{C}$) : 0°C

Titik Beku ($^\circ\text{C}$) : 0°C

Vapour Pressure : 17,54 Torr (20°C)

Vapour Density : 0,46

Specific Gravity : 0,9982 g/ml (20°C)

Viskositas Larutan : 0,82 cp

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang bertujuan untuk menjaga kualitas produk agar hasilnya sesuai dengan standar yang diharapkan. Pengendalian dan pemantauan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Jika terjadi penyimpangan pada indikator yang sudah ditetapkan baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *temperature control*, maupun *level control*, maka hal ini dapat dilihat dari sinyal atau tanda yang diberikan, misalnya seperti nyala lampu dan bunyi alarm. Apabila penyimpangan benar terjadi, harus dikembalikan pada kondisi atau set semula baik secara otomatis maupun harus dilakukan secara manual.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari pengendalian kualitas pada bahan baku ini adalah untuk mengetahui apakah kualitas dari bahan baku yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi. Apabila tidak sesuai spesifikasi, besar kemungkinan bahan baku akan dikembalikan kepada supplier untuk digantikan dengan bahan baku yang sesuai dengan spesifikasi. Oleh karena itu, sebelum memulai proses produksi, harus dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku supaya dapat diproses dengan baik di pabrik. kualitas bahan baku yang digunakan akan sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan, maka dari itu untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan perlu

dilakukan pengujian bahan baku yang digunakan. Pengujian yang dilakukan meliputi uji volatilitas, kemurnian produk, viskositas, densitas, dan komposisi bahan produk.

2.3.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian kualitas selama proses produksi bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian ini harus dilakukan mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengawasan dilakukan tidak hanya di laboratorium namun juga di alat kontrol. Pada beberapa perusahaan, kualitas proses produksi sangat mempengaruhi kualitas produk akhir, sehingga untuk pengawasan kualitasnya perlu ditekankan pada pengendalian kualitas proses yang sedang berlangsung. Secara umum pengendalian mutu proses dilakukan dengan menggunakan tiga metode, diantaranya adalah.

- Pengawasan proses secara langsung

Pada pengendalian mutu ini team quality control secara langsung memantau setiap prosesnya, yaitu dengan cara memperhatikan perlakuan terhadap aliran bahan baku dan mesin produksi.

- Pengawasan kondisi parameter mesin

Pada pengawasan proses dengan cara ini lebih ditekankan pada parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Apabila tidak sesuai dengan standar maka pengaturan mesin harus diatur ulang agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

- Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Pengendalian proses secara otomatis yang terdapat dalam mesin produksi, misalnya keadaan tekanan saat reaksi terjadi, temperatur operasi reaktor, banyaknya bahan baku dalam suatu alat, dan lain-lain. Apabila terjadi penyimpangan terhadap bahan baku selama proses, maka mesin produksi akan berhenti secara otomatis.

Tujuan perancangan sistem pengendalian dari pabrik pembuatan *Polyvinyl Chloride* adalah demi keamanan operasi pabrik yang meliputi.

1. Mempertahankan variabel-variabel proses seperti suhu dan tekanan agar tetap berada pada rentang operasi yang aman dengan harga toleransi yang kecil.
2. Mengontrol setiap penyimpangan operasi agar tidak terjadi kecelakaan kerja maupun kerusakan pada alat proses.

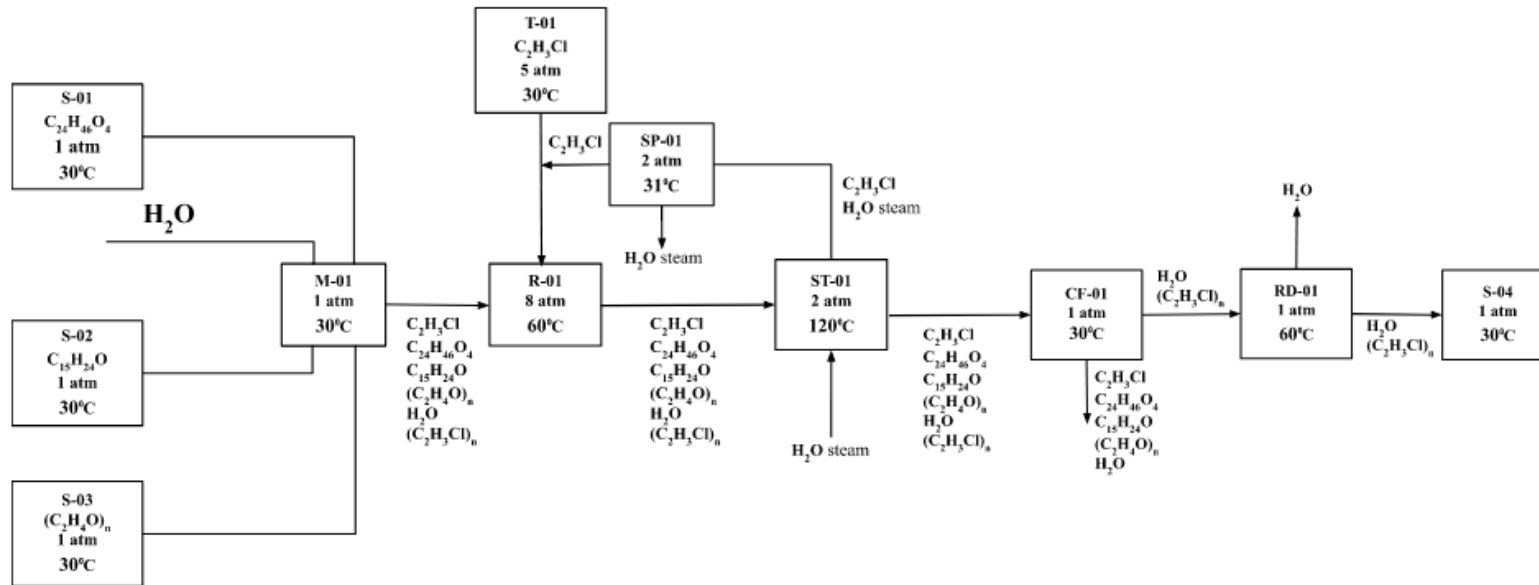
3. Mendeteksi situasi berbahaya kemungkinan terjadinya kebocoran alat, karena beberapa material yang digunakan pada berbahaya bagi manusia. Pendeteksian dilakukan dengan menyediakan alarm dan sistem penghentian operasi secara otomatis (*automatic shut down systems*).

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

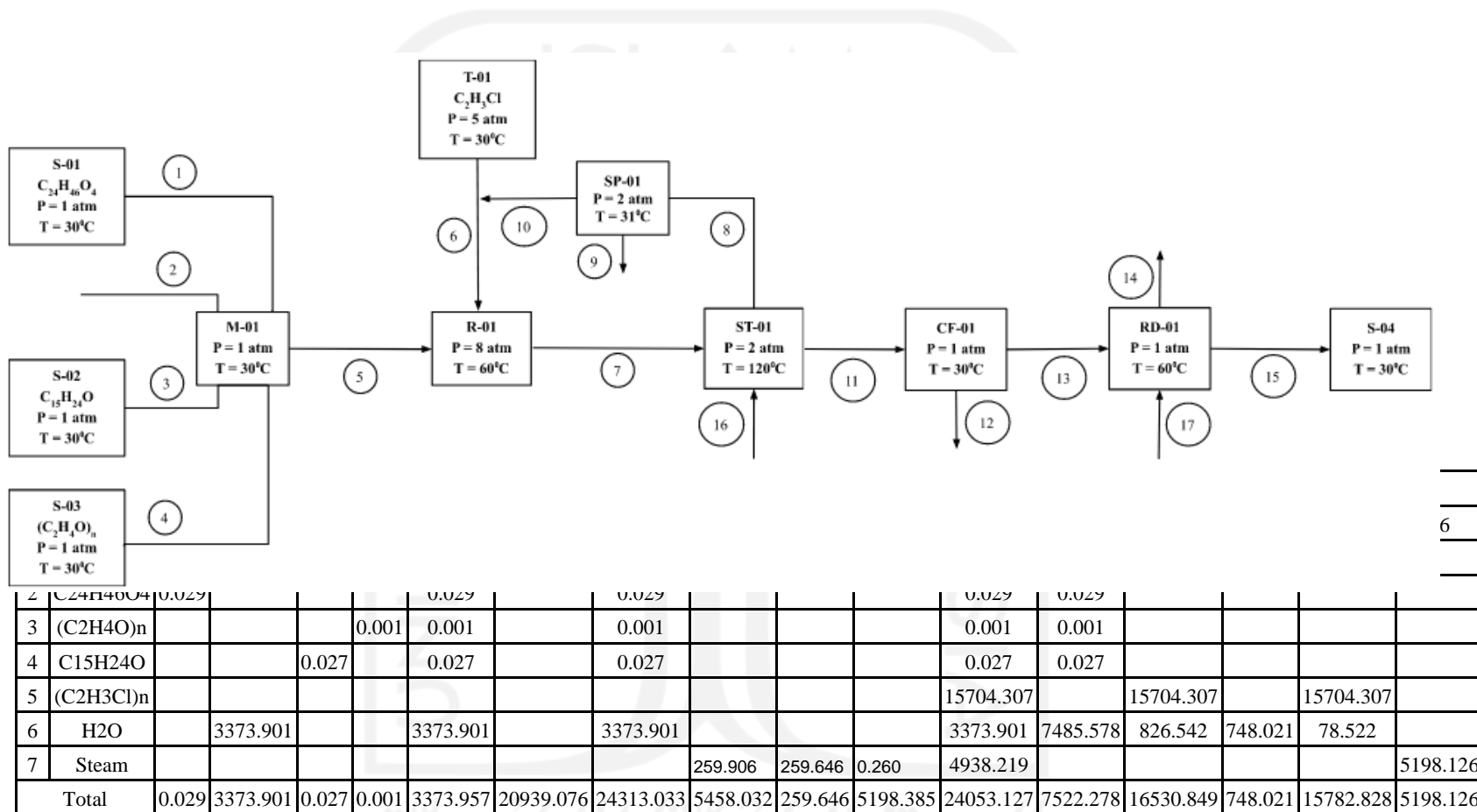
Selain menjaga kualitas bahan baku dan kualitas proses produksi, perlu pula dilakukan pengujian dan pengecekan terhadap produk akhir untuk mengetahui bagaimana kualitas produk akhir yang dihasilkan. Dengan adanya pendekatan produk akhir ini, akan dapat diyakinkan bahwa produk yang keluar dari perusahaan merupakan produk yang dapat dipertanggungjawabkan kualitasnya. Pendekatan ini akan mencakup tahapan mempertahankan standar kualitas produk yang berlaku dan upaya untuk mengembangkan kualitas tersebut di masa depan. Pengendalian kualitas pada produk diperlukan untuk menjaga mutu standard dari kualitas produk itu sendiri. Upaya yang dapat dilakukan untuk menghasilkan produk yang berkualitas, adalah dengan menjaga kualitas bahan baku, pengawasan, serta pengendalian proses dengan mengadakan sistem kontrol.

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

Keterangan:

- T-01 : Tangki Penyimpanan VCM
T-02 : Tangki Penyimpanan *Dilauroyl Peroxide*
T-03 : Tangki Penyimpanan *Butylated Hydroxytoluene*
T-04 : Tangki Penyimpanan *Polyvinyl Alcohol*
M-01 : *Mixer*
R-01 : Reaktor
ST-01 : *Stripping Column*
SP-01 : *Separator*
CF-01 : *Centrifuge*
RD-01 : *Rotary Dryer*
S-01 : *Silo*

3.2 Uraian Proses

Proses produksi PVC menggunakan beberapa bahan selain bahan baku utamanya, yakni VCM. Bahan-bahan tersebut adalah *inisiator*, *suspending agent*, air, dan *terminator*. Untuk proses pembuatan PVC terdapat beberapa tahap yang harus dilewati, yaitu persiapan bahan baku, polimerisasi, pemisahan, dan pengeringan.

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Pada bagian ini, dilakukan persiapan bahan mentah dan merupakan tahapan pengumpanan. VCM dialirkan melalui pipa menuju spherical tank untuk disimpan. Bahan-bahan lainnya seperti Air, *Dilauroyl Peroxide*, *Butylated Hydroxytoluene* dan *Polyvinyl Alcohol* juga disimpan di dalam tangki penyimpanan. Semua bahan

baku disimpan pada suhu lingkungan yakni 30°C dengan tekanan 1 atm. Khusus untuk tangki penyimpanan VCM, tekanannya 5 atm pada suhu 30°C.

Sebelum masuk ke dalam reaktor, bahan baku selain VCM dimasukkan ke dalam Mixer untuk dilarutkan. Kemudian, setelah dicampurkan, bahan baku dialirkan menuju reaktor untuk selanjutnya akan dipolimerisasi.

3.2.2 Polimerisasi

Dalam reaktor berpengaduk, bahan-bahan baku seperti VCM, *Polyvinyl Alcohol*, *Butylated Hydroxytoluene*, *Dilauroyl Peroxide* dan air direaksikan. Pengaduk yang ada dalam tangki reaktor berfungsi untuk mencampurkan bahan-bahan tersebut agar homogen. Suhu yang digunakan selama proses polimerisasi adalah 60°C dengan tekanan sebesar 8 atm. Proses pengadukan dilakukan selama 4,5 jam. 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.

3.2.3 Pemisahan

Setelah proses polimerisasi selesai, selanjutnya adalah proses pemisahan. Pada proses yang akan dilakukan secara berkelanjutan ini, dilakukan pemisahan residu VCM yang tidak ikut bereaksi dalam PVC *slurry* menggunakan *stripping column* dengan *stripping agent* yang berupa uap air. Uap air akan berkontak dengan PVC *slurry*, kemudian membawa gas VCM ke atas untuk selanjutnya masuk ke *separator* guna untuk memisahkan VCM dan uap air tadi. Sedangkan untuk hasil bawahnya berupa PVC *slurry* dan VCM yang ikut bereaksi serta bahan pendukung lainnya keluar dan diangkut menggunakan *screw conveyor* menuju centrifuge.

Di dalam *centrifuge*, prinsip kerja yang digunakan adalah sedimentasi, yang mana zat padat dan partikel berpindah dari luar ke dalam arah radial yang disebabkan oleh percepatan sentrifugal. Tujuan dilakukannya proses ini adalah untuk memisahkan PVC sebagai produk utama dari bahan baku yang masih tersisa. Setelah proses selesai, selanjutnya PVC dengan sedikit kandungan air tadi dibawa menuju *rotary dryer* menggunakan *screw conveyor*.

3.2.4 Pengeringan

Selanjutnya adalah proses pengeringan. Fungsi dari penggunaan *rotary dryer* ini adalah untuk menguapkan air yang masih terkandung. Setelah proses selesai, PVC yang telah berubah menjadi bubuk beserta udara panas disimpan di dalam silo, kemudian uap air akan disalurkan ke lingkungan.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi polimerisasi.
Jenis	: Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continue</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: Rp 8.201.046.430

Kondisi Operasi

- Suhu : 60 °C
- Tekanan : 8 atm
- Kondisi Proses : *Isothermal*

Konstruksi dan material

- a. Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*
- b. Diameter *Shell* : 3,2788 m
- c. Tebal *Shell* : 0,0222 m
- d. Tinggi total : 6,7544 m
- e. Jenis *Head* : *Elliptical Dished Head*

Konduktivitas panas : 0,7925 W/m.K

Spesifikasi Pengaduk

- a. Tipe : *Turbine with 6 Flat Blades*
- b. Diameter : 1,0929 m
- c. Tinggi : 4,2624 m
- d. Lebar : 0,2732 m
- e. Jarak pengaduk : 1,4208 m
- f. Kecepatan pengaduk : 68 rpm
- g. Power Pengaduk : 20 hp
- h. Jumlah *baffle* : 4 buah
- i. Lebar *baffle* : 0,1858 m

Spesifikasi Jaket

- a. Ud : 283,915 W/m².K
- b. Luas transfer panas : 47,0109 m²
- c. Tebal : 0,0381 m

3.3.2 Spesifikasi Alat-Alat Pemisah dan Alat Pendukung Lainnya

1. Stripping Column

Kode : ST-01

Fungsi : Menyerap C_2H_3Cl dan H_2O

Jenis : *Packed Tower*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*

Type 304

Kondisi Operasi

a. Suhu : 120 °C

b. Tekanan : 2 atm

Spesifikasi

Shell

a. Diameter : 1 m

b. Tinggi : 8,75 m

c. Tebal : 0,0048 m

Head

a. Jenis : *Torispherical Head*

b. Tebal : 0,0048 m

Packing

a. Jenis *packing* : *Intalox saddles*

b. Material : Keramik

- c. Susunan : *Random*
- d. Diameter : 0,025 m
- e. HETP : 0,0629 m

Stripping Agent : *Steam*

Jumlah : 1 buah

Harga : Rp 8.233.557.236

2. Separator

Kode : SP-01

Fungsi : Memisahkan C_2H_3Cl dan H_2O

Jenis : *Vertical Separator*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
Type 304

Kondisi Operasi

- a. Suhu : 31 °C
- b. Tekanan : 2 atm

Spesifikasi

Shell

- a. Tinggi : 1,123 m
- b. Tebal : 0,005 m

c. Diameter luar : 0,762 m

Head

a. Tinggi : 0,206 m

b. Tebal : 0,005 in

Jumlah : 1 buah

Harga : Rp 387.818.132

3. Centrifuge

Kode : CF-01

Fungsi : Untuk memisahkan *slurry*
(C_2H_3Cl)_n dengan $C_{24}H_{46}O_4$,
 $C_{15}H_{24}O$, dan (C_2H_4)_n

Jenis : *Solid Bowl Centrifuge*

Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30 °C

b. Tekanan : 1 atm

Vessel Centrifuge

a. Diameter : 1,96 m

b. Panjang : 5,88 m

c. Tebal *Shell* : 0,0048 m

Solid Bowl Centifuge

- a. Kapasitas : 0,0402 m³/h
- b. Diameter : 0,914 m
- c. Panjang : 3,2 m
- d. Kecepatan : 2250 rpm
- e. Daya Motor : 0,5 hp

Harga : Rp 5.245.284.513

4. Rotary Dryer

Kode : RD-01

Fungsi : Mengeringkan produk (C₂H₃Cl)_n

Jenis : *Rotary Dryer*

Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Jumlah : 1

Kondisi Operasi

a. Suhu : 60 °C

b. Tekanan : 1 atm

Diameter : 0,4637 m

Panjang : 12,7805 m

Luas Penampang : 0,0087 m²

Harga : Rp1.681.642.819,00

5. Mixer

Kode : M-01

Fungsi : Mencampur $C_{24}H_{46}O_4$, $C_{15}H_{24}O$,
(C_2H_4) $_n$ dan H_2O

Jenis : *Vertical Cylinder Torispherical
Dished Head with Stirrer*

Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30 °C

b. Tekanan : 1 atm

Volume Tangki : 3,70 m³

Dimensi

a. Diameter : 1,296 m

b. Tinggi Tangki : 3,2401 m

c. Tebal *Shell* : 0,0048 m

d. Tebal *Head* : 0,0048 m

Pengaduk

- a. Diameter : 0,432 m
- b. Tinggi : 0,432 m
- c. Lebar : 0,0864 m
- d. Lebar *Baffle* : 0,1080 m
- e. Jarak
Pengaduk : 0,5616 m
- f. Kecepatan : 320 rpm
- g. Daya Motor : 10 hp

Harga : Rp 305.592.719

6. Vibrating Screen

Kode : VS-01

Fungsi : Menyeragamkan ukuran produk
PVC sebesar 42 mesh.

Material : Carbon Steel SA-53 Grade A

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Suhu : 25 °C

b. Tekanan : 1 atm

Ukuran Ayakan : 42 mesh

Luas Ayakan : 5,9645 m²

Lebar Ayakan : 1,994 m

Panjang Ayakan : 2,9911 m
Daya : 4 Hp
Harga : Rp143.439.583,00

7. Filter

Kode : F-01
Fungsi : Menyaring pengotor debu yang terbawa udara
Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Jenis : *Bag house filter*
Jumlah : 1 buah
Kondisi Operasi
c. Suhu : 25 °C
d. Tekanan : 1 atm
Spesifikasi Bag
a. Diameter : 0,2032 m
b. Panjang : 2,4384 m
c. Jumlah : 4 buah
Pressure Drop : 2.35 in H₂O
Harga : Rp 2.467.741.647

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

1. Tangki Penyimpanan *Vinyl Chloride Monomer*

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan C_2H_3Cl
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jenis	: <i>Vertical Cylinder Tank with Conical Head</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
a. Suhu	: 30 °C
b. Tekanan	: 5 atm
Spesifikasi	
a. Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade A Type 304</i>
b. Volume	: 1.995,77 m ³
c. Diameter	: 21,336 m
d. Tinggi Tangki	: 7,315 m
e. Jumlah Course	: 4
f. Tebal <i>Shell</i>	: 1,875 in

Head & Bottom

a. Jenis *Head* : *Conical Dished Head*

b. Tebal *Head* : 0,1875 in

c. Jenis *Bottom* : *Flat*

d. Tebal *Bottom* : 1 in

Harga : Rp 12.975.084.277

2. Silo Dilauroyl Peroxide

Kode : S-01

Fungsi : Menyimpan $C_{24}H_{46}O_4$

Lama Penyimpanan : 7 hari

Fasa : Padat

Jenis : *Conical Hopper*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30 °C

b. Tekanan : 1 atm

Spesifikasi

a. Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

b. Volume : 0,0129 m³

c. Diameter *Shell*: 0,1962 m

d. Diameter ujung konis: 0,0003 m

e. Tebal *Shell* : 0,1875 in

Harga : Rp17.664.142,00

3. Silo *Butylated Hydroxytoluene*

Kode : S-02

Fungsi : Menyimpan $C_{15}H_{24}O$

Lama Penyimpanan : 7 hari

Fasa : Padat

Jenis : *Conical Hopper*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30 °C

b. Tekanan : 1 atm

Spesifikasi

a. Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

b. Volume : 0,0119 m³

c. Diameter *Shell*: 0,1912 m

d. Diameter ujung

konis : 0,0003 m

e. Tebal *Shell* : 0,1875 in

Harga : Rp 10.598.591

4. Silo *Polyvinyl Alcohol*

Kode	: S-03
Fungsi	: Menyimpan (C ₂ H ₄ O) _n
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Padat
Jenis	: <i>Conical Hopper</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
a. Suhu	: 30 °C
b. Tekanan	: 1 atm
Spesifikasi	
a. Bahan	: <i>Carbon Steel SA-53 Grade</i>
b. Volume	: 0,0003 m ³
c. Diameter <i>Shell</i> :	0,057 m
d. Diameter ujung konis	: 0,0003 m
e. Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Harga	: Rp 21.161.765

5. Tangki Penyimpanan *Polyvinyl Chloride*

Kode	: S-04
Fungsi	: Menyimpan C ₂ H ₃ Cl
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair

Jenis : *Vertical Cylinder Tank with
Conical Head*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30 °C

b. Tekanan : 1 atm

Spesifikasi

a. Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

b. Volume : 2.308,0518 m³

c. Diameter : 19,8662 m

d. Tinggi Tangki : 13,0268 m

e. Jumlah Course: 5

f. Tebal *Shell* : 0,4375 in

Head & Bottom

a. Jenis *Head* : *Conical Dished Head*

b. Tebal *Head* : 0,25 in

c. Jenis *Bottom* : *Flat*

d. Tebal *Bottom* : 0,25 in

Harga : Rp 5.449.429.145

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. Pompa (P-01)

Fungsi : Mengalirkan C_2H_3Cl ke tangki

Reaktor

Jenis Pompa : *Centrifugal*

Jenis Impeller : *Mixed Flow*

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : $0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$

Total Head : $6,9755 \text{ m}$

Ukuran Pipa

a. ID : $4,026 \text{ in}$

b. OD : $4,5 \text{ in}$

c. IPS : 4 in

d. Flow Area : $12,7 \text{ in}^2$

Kecepatan Aliran : $0,9520 \text{ m/s}$

Efisiensi Pompa : 41%

Power Pompa : $1,5616 \text{ hp}$

Power Motor : 2 hp

Harga : Rp 132.814.429

2. Pompa (P-02)

Fungsi	: Mengalirkan H ₂ O ke tangki Mixer
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Mixed Flow</i>
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,0011 m ³ /s
<i>Total Head</i>	: 3,4759 m
Ukuran Pipa	
a. ID	: 1,38 in
b. OD	: 1,66 in
c. IPS	: 1,25 in
d. Flow Area	: 1,5 in ²
Kecepatan Aliran	: 1,136 m/s
Efisiensi Pompa	: 20 %
Power Pompa	: 0,257 hp
Power Motor	: 0,3333 hp
Harga	: Rp 56.667.489

3. Pompa (P-03)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku dari Mixer
ke Reaktor

Jenis Pompa : *Centrifugal*

Jenis *Impeller* : *Radial Flow*

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,0011 m³/s

Total Head : 6,85 m

Ukuran Pipa

a. ID : 2,469 in

b. OD : 2,38 in

c. IPS : 2 in

d. Flow Area : 4,79 in²

Kecepatan Aliran : 0,3422 m/s

Efisiensi Pompa : 20 %

Power Pompa : 0,51 hp

Power Motor : 0,75 hp

Harga : Rp 47.465.032

4. Pompa (P-04)

Fungsi : Mengalirkan *slurry* (C_2H_3Cl)_n dari Reaktor ke *Stripping Column*

Jenis Pompa : *Centrifugal Slurry*

Jenis *Impeller* : *Axial Flow*

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,0081 m³/s

Total Head : 6,32 m

Ukuran Pipa

a. ID : 3,068 in

b. OD : 3,5 in

c. IPS : 3 in

d. Flow Area : 7,38 in²

Kecepatan Aliran : 1,7137 m/s

Efisiensi Pompa : 41 %

Power Pompa : 0,59 hp

Power Motor : 0,75 hp

Harga : Rp 111.564.120

5. Pompa (P-05)

Fungsi : Mengalirkan C₂H₃Cl dari
Stripping Column menuju

Centrifuge

Jenis Pompa : *Centrifugal*

Jenis Impeller : *Mixed Flow*

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,0075 m³/s

Total Head : 7,41 m

Ukuran Pipa

a. ID : 3,068 in

b. OD : 3,50 in

c. IPS : 3 in

d. Flow Area : 7,38 in²

Kecepatan Aliran : 1,5852 m/s

Efisiensi Pompa : 41%

Power Pompa : 1,69 hp

Power Motor : 3 hp

Harga : Rp 11.564.120

6. Pompa (P-06)

Fungsi : Mengalirkan C_2H_3Cl dari
Condensor menuju *Mixing Valve*

Jenis Pompa : *Centrifugal*

Jenis Impeller : *Mixed Flow*

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : $0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$

Total Head : 6,868 m

Ukuran Pipa

e. ID : 2,067 in

f. OD : 2,38 in

g. IPS : 2 in

h. Flow Area : $3,35 \text{ in}^2$

Kecepatan Aliran : $0,8912 \text{ m/s}$

Efisiensi Pompa : 25 %

Power Pompa : 0,6260 hp

Power Motor : 1 hp

Harga : Rp

7. *Screw Conveyor (SC-01)*

Fungsi : Mengangkut (C₂H₃Cl)_n dari
Centrifuge ke Rotary Dryer

Jenis : *Helicoid Screw Conveyor*

Material : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 322,4109 kg/m

Diameter : 12 in

Panjang : 5 m

Kecepatan Motor : 60 rpm

Power : 15 hp

Harga : Rp

8. *Screw Conveyor (SC-02)*

Fungsi : Mengangkut (C₂H₃Cl)_n dari
Rotary Dryer ke Silo

Jenis : *Helicoid Screw Conveyor*

Material : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 315,6566 kg/m

Diameter : 12 in

Panjang : 5 m

Kecepatan Motor : 60 rpm
Power : 40 hp
Harga : Rp 92.084.671,00

9. Blower

Kode : B-01
Fungsi : Untuk mengalirkan udara menuju
HE-03
Jenis : *Blower Centrifugal*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Jumlah : 1 buah
Kondisi Operasi
a. Suhu : 30 °C
b. Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 14,7458 m³/s
Power : 0,0833 hp
Harga : Rp 42.500.617

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Heater (HE-01)

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran C_2H_3Cl
sebelum ke Reaktor

Jenis : *Double Pipe Exchanger*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
Type 304

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Fluida Dingin

– Suhu : 30 °C

– Tekanan : 8 atm

b. Fluida Panas

– Suhu : 120 °C

– Tekanan : 1 atm

Annulus : Fluida Dingin

a. OD : 6,63 in

b. ID : 6,07 in

c. *Pressure Drop*: 0,0001 psi

Inner Pipe : Fluida Panas

a. OD : 4,38 in

b. ID : 4,07 in

c. *Pressure Drop*: 0,0001 psi

Jumlah *Hairpin* : 3 buah

Harga : Rp54.896.631,00

2. Heater (HE-02)

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran Mixer
sebelum ke Reaktor

Jenis : *Double Pipe Exchanger*

Material : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Fluida Dingin

– Suhu : 30 °C

– Tekanan : 8 atm

b. Fluida Panas

– Suhu : 120 °C

– Tekanan : 1 atm

Annulus : Fluida Dingin

a. OD : 3,5 in

b. ID : 2,38 in

c. *Pressure Drop*: 0,0027 psi

Inner Pipe : Fluida Panas

- a. OD : 3,068 in
- b. ID : 2,067 in
- c. *Pressure Drop* : 0,0307 psi

Jumlah *Hairpin* : 1 buah

Harga : Rp28.333.745

3. Heater (HE-03)

Fungsi : Menaikkan suhu udara masuk ke Rotary Dryer

Jenis : *Double Pipe Exchanger*

Material : *Stainless Steel SA-167*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Fluida Dingin

– Suhu : 30 °C

– Tekanan : 1 atm

b. Fluida Panas

– Suhu : 120 °C

– Tekanan : 1 atm

Annulus : Fluida Dingin

a. OD : 0,675 in

b. ID : 0,405 in

c. *Pressure Drop*: 0,0272 psi

Inner Pipe : Fluida Panas

a. OD : 0,493in

b. ID : 0,269 in

c. *Pressure Drop* : 1,64 psi

Jumlah *Hairpin* : 27 buah

Harga : Rp 40.729.758

4. **Condensor (CD-01)**

Fungsi : Mengembunkan C_2H_3Cl
sebelum masuk ke *Separator*

Jenis : *Shell and Tube*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
Type 304

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Fluida Dingin

– Suhu : 25 °C

– Tekanan : 1 atm

b. Fluida Panas

– Suhu : 120 °C

– Tekanan : 2 atm

Shell : Fluida Dingin

a. OD : 1,5 in

b. *Pressure Drop*: 0,6841 psi

Tube : Fluida Panas

a. ID : 1,4 in

b. *Pressure Drop*: 0,0005 psi

Jumlah *Hairpin* : 89 buah

Harga : Rp 1.163.454.397

5. **Condensor (CD-02)**

Fungsi : Mengembunkan C_2H_3Cl
sebelum masuk ke *Mixing Valve*

Jenis : *Shell and Tube*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
Type 304

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

c. Fluida Dingin

– Suhu : 25 °C

– Tekanan : 1 atm

d. Fluida Panas

– Suhu : 31 °C

– Tekanan : 2 atm

Shell : Fluida Dingin

c. OD : 1,5 in

d. *Pressure Drop*: 0,0012 psi

Tube : Fluida Panas

c. ID : 1,4 in

d. *Pressure Drop*: 2,2137 psi

Jumlah *Hairpin* : 36 buah

Harga : Rp830.532.896

6. Cooler (CL-01)

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran C_2H_3Cl
sebelum ke Reaktor

Jenis : *Shell and Tube*

Material : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
Type 304

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Fluida Dingin

– Suhu : 25 °C

– Tekanan : 1 atm

b. Fluida Panas

– Suhu : 120 °C

– Tekanan : 2 atm

Shell : Fluida Dingin

a. OD : 1,5 in

b. *Pressure Drop*: $1,48 \times 10^{-9}$ psi

Tube : Fluida Dingin

a. ID : 1,4 in

b. *Pressure Drop*: 0,5210 psi

Jumlah *Hairpin* : 166 buah

Harga : Rp 2.467.741.674

3.4 Neraca Massa

- Mixer (M-01)

Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
$C_{24}H_{46}O_4$	0,0293				0,0293
$(C_2H_4O)_n$				0,0008	0,0008
$C_{15}H_{24}O$			0,0265		0,0265
H_2O		3.373,9			3.373,9
Sub Total	0,0293	3.373,9	0,0265	0,0008	3.373,96
Total	3.373,96				3.373,96

- Reaktor (R-01)

Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input		Output
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₂ H ₃ Cl		20.939,08	5.234,77
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	0,0293		0,0293
(C ₂ H ₄ O) _n	0,0008		0,0008
C ₁₅ H ₂₄ O	0,0265		0,0265
(C ₂ H ₃ Cl) _n			15.704,31
H ₂ O	3.373,9		3.373,9
Sub Total	3.373,96	20.939,08	24.313,03
Total	24.313,03		24.313,03

- Stripping Column (ST-01)

Tabel 3. 3 Neraca Massa Stripping Column

Komponen	Input		Output	
	Arus 7	Arus 16	Arus 8	Arus 11
C ₂ H ₃ Cl	5.234,77		5.198,13	36,64
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	0,0293			0,0293
(C ₂ H ₄ O) _n	0,0008			0,0008
C ₁₅ H ₂₄ O	0,0265			0,0265
(C ₂ H ₃ Cl) _n	15.704,31			15.704,31
H ₂ O	3.373,9			3.373,17
Steam		5.198,1255	259,9063	4.938,2193
Sub Total	24.313,03	5.198,1255	5.458,03	24.053,13
Total	29.511,16		29.511,16	

- Separator (SP-01)

Tabel 3. 4 Neraca Massa Separator

Komponen	Input	Output	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C ₂ H ₃ Cl	5.198,13		5.198,13
H ₂ O	259,91	259,65	0,26
Sub Total	5.458,03	259,65	5.198,39
Total	5.458,03	5.458,03	

- Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 5 Neraca Massa Centrifuge

Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C ₂ H ₃ Cl	36,64	36,64	
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	0,0293	0,0293	
(C ₂ H ₄ O) _n	0,0008	0,0008	
C ₁₅ H ₂₄ O	0,0265	0,0265	
(C ₂ H ₃ Cl) _n	15.704,31		15.704,31
H ₂ O	8.312,12	7.908,52	416,24
Sub Total	24.053,13	7.522,28	16.530,85
Total	24.053,13	24.053,13	

- Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 6 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Input		Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 14	Arus 15
(C ₂ H ₃ Cl) _n	15.704,31			15.704,31
H ₂ O	826,54	747,63		78,92
Sub Total	16.530,85	747,63		15.782,83
Total	16.530,85	16.530,85		

3.5 Neraca Panas

- Reaktor

Tabel 3. 7 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₂ H ₃ Cl		1.048.940,8022	262.235,2005
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	1,789		1,789
(C ₂ H ₄ O) _n	0,00004		0,00004
C ₁₅ H ₂₄ O	1,9538		1,9538
(C ₂ H ₃ Cl) _n			3.554,0366
H ₂ O	493.197,3302		493.197,3302
Reaksi	759.584,4193		
Pendingin			1.542.735,9843
Sub Total	1.542.141,8753	759.584,4193	2.301.726,2946
Total	2.301.726,2946		2.301.726,2946

- *Stripping Column*

Tabel 3. 8 Neraca Panas *Stripping Column*

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 7	Arus 16	Arus 8	Arus 11
C ₂ H ₃ Cl	14.166.855,12		14.067.687,1325	99.167,9858
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	79,378			79,378
(C ₂ H ₄ O) _n	2,115			2,115
C ₁₅ H ₂₄ O	71,7987			71,7987
(C ₂ H ₃ Cl) _n	42.500.565,36			42.500.565,36
H ₂ O	9.130.787,579			9.130.787,579
<i>Steam</i>		703.384,3566	703.384,3566	
Sub Total	65.798.361,34	703.384,3566	14.771.071,49	51.730.674,21
Total	66.501.745,7006		66.501.745,7006	

- Separator

Tabel 3. 9 Neraca Panas Separator

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C ₂ H ₃ Cl	770.336,455		43.300,1638
H ₂ O	103.385,1071	6.540,1006	6,5401
Pendingin			823.874,7531
Sub Total	873.721,5621	6.540,1006	867.181,4615
Total	873.721,5621	873.721,5621	

- Centrifuge

Tabel 3. 10 Neraca Panas Centrifuge

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 12	Arus 13
C_2H_3Cl	253,4643	253,4643		
$C_{24}H_{46}O_4$	0,2512	0,2512		
$(C_2H_4O)_n$	0,00006	0,00006		
$C_{15}H_{24}O$	0,2636	0,2636		
$(C_2H_3Cl)_n$	497,3002			497,3002
H_2O	174.123,868	156.809,2996		17.314,5684
Sub Total	174.875,1574	157.063,2888		17.811,8686
Total	174.875,1574	174.875,1574		

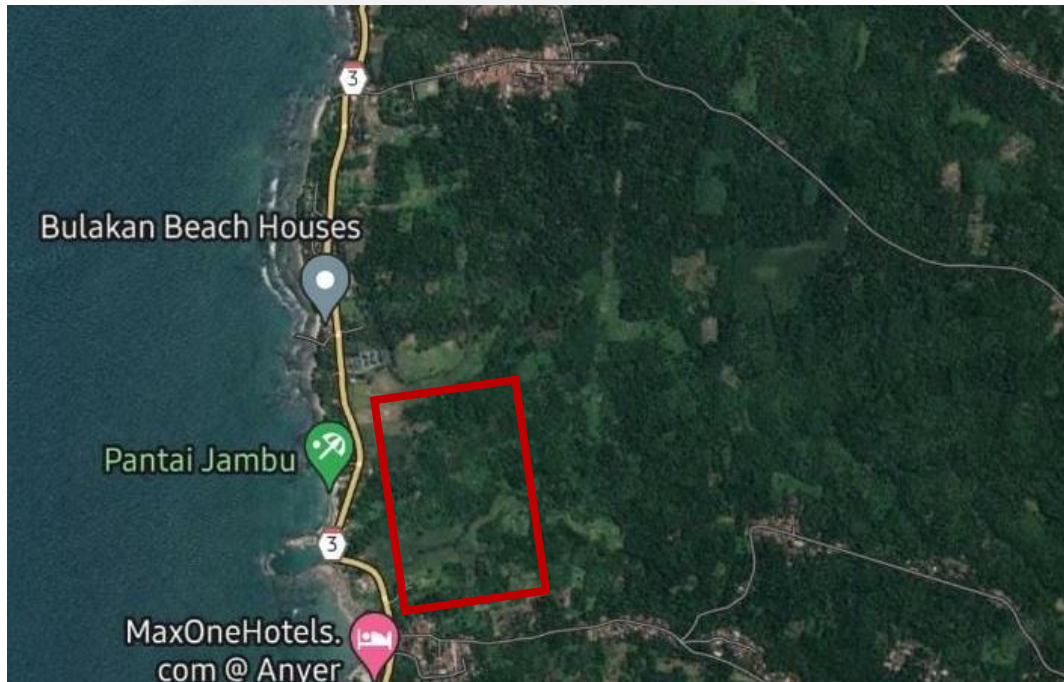
- Rotary Dryer

Tabel 3. 11 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 13	Arus 17	Arus 14	Arus 15
$(C_2H_3Cl)_n$	2.486,0116			123.827,3347
H_2O	86.672,80346		3.815.117,7386	400.481,9726
Steam		5.346.653,8508	1.096.385,62	
Subtotal	89.158,8151	5.346.653,8508	4.911.503,359	524.309,3072
Total	5.435.812,666		5.435.812,666	

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Satelit Lokasi Pembangunan Pabrik

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam pendirian suatu pabrik yaitu menentukan lokasi pabrik. Pemilihan lokasi pabrik menjadi sangat penting karena berhubungan langsung dengan kemajuan dan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Hal terpenting dalam upaya pendirian suatu pabrik adalah harus dapat memberikan keuntungan maksimal dalam jangka panjang dan memungkinkan untuk dapat melakukan perluasan pabrik di masa yang akan datang. Untuk keputusan lokasi industri, strategi yang dapat

digunakan yaitu lokasi yang dipilih harus memberikan distribusi dan biaya yang minimum dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk kondisi yang aman dalam operasi pabrik dan pengembangan pabrik.

Suatu pabrik akan memilih lokasi yang berdekatan dengan sumber bahan baku agar proses penyaluran bahan tersebut dapat memperoleh transportasi yang layak dengan harga rendah. Area pemasaran juga dipilih untuk lokasi pendirian pabrik industri dengan tujuan pendistribusian produk dapat lebih cepat sampai ke konsumen (Wijana, 2012). Dengan demikian, lokasi pabrik *Polivinyll Chloride* ini akan didirikan di Cilegon, Banten. Pertimbangan pemilihan lokasi sebagai berikut.

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari pabrik. Tujuan utama tersebut meliputi proses produksi dan distribusi. Faktor-faktor tersebut di antaranya adalah.

a. Sumber Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik Polyvinyl Chloride (PVC) ini adalah Vinyl Chloride Monomer (VCM) yang berasal dari PT Asahimas Chemical. dari PT Asahimas Chemical terletak pada Desa Gunung Sugih, Jalan Gunung Anyer Km.122, Kawasan industry Cilegon, Banten. Ketersediaan bahan baku di

Indonesia membuat harga pembelian bahan baku menjadi lebih murah dibandingkan bahan baku yang impor. Hal ini juga dapat meningkatkan efisiensi produk *Polyvinyl Chloride* (PVC) dalam negeri. Sedangkan air didapatkan dari sumber air terdekat yaitu air laut. Dekatnya bahan baku dengan lokasi pembangunan pabrik menjadi faktor utama pemilihan lokasi ini. Sedangkan air didapatkan dari sumber mata air terdekat yaitu air laut. Pemilihan lokasi pabrik ini berdekatan dengan sumber bahan baku agar saat proses penyaluran bahan akan mendapatkan transportasi yang layak untuk ke lokasi pabrik dengan harga pengangkutan yang rendah.

b. Area Pemasaran

Pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan terjaminnya kelangsungan proyek. Pemasaran juga diharapkan untuk membantu dalam mencukupi kebutuhan dalam negeri dan ekspor. Walaupun kebutuhan PVC dalam negeri tidak terlalu besar, namun hingga saat ini Indonesia masih mengimpor dari Jepang, Thailand, Singapore untuk memenuhi kebutuhannya. Namun di sisi lain, kebutuhan global *Polyvinyl Chloride* (PVC) berkembang sangat pesat. Letak pabrik yang berdekatan dengan pelabuhan laut Banten dan jalan raya akan memudahkan penyaluran dan memperlancar pemasaran produk.

c. Transportasi

Transportasi bahan baku dan produk mudah dijangkau melalui jalur darat maupun laut. Pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun distribusi produk, sehingga minim terjadi masalah dalam pengiriman bahan baku yang dapat menghambat produksi dan juga distribusi produk kepada konsumen (Wijana, 2012).

d. Tenaga Kerja

Perlu adanya pertimbangan jumlah, kualitas, keahlian, jumlah upah minimum dan produktifitas tenaga kerja dalam perekrutan tenaga kerja. Hal ini dilakukan agar tenaga kerja yang dipekerjakan adalah tenaga kerja yang memiliki kompetensi yang cukup agar proses dapat berjalan dengan baik. Faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja tersebut, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan berkerja sebagaimana mestinya.

e. Utilitas

Sarana penunjang atau utilitas yang dibutuhkan seperti air, listrik, dan bahan bakar dapat diperoleh dengan cukup mudah di Cilegon, Banten, karena merupakan salah satu daerah yang terletak di kawasan industri. Unit ini diperlukan untuk menjaga alat-alat produksi agar dapat berjalan dengan normal sehingga kondisi

operasi alat tersebut akan tetap terjaga. Menentukan lokasi pabrik dengan suplai air yang cukup sangatlah penting bagi semua perusahaan. Begitupun halnya dengan masalah pengolahan limbah dan pengendalian limbah industri juga harus dipertimbangkan dalam proses penentuan dan perencanaan pembangunan industri.

f. Letak Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 22 – 33°C. Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi pemilihan lokasi pendirian pabrik. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik, sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan untuk pengembangan pabrik industri di masa yang akan datang. Dalam hal ini faktor sekunder tidak berperan secara langsung dalam operasional proses pabrik. Faktor ini akan berpengaruh terhadap kelancaran proses operasional dalam pendirian pabrik. Yang termasuk faktor sekunder diantaranya.

a. Perluasan Area Pabrik

Perluasan pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan di masa yang akan datang. Perluasan pabrik harus diperhitungkan sebelum masalah kebutuhan tempat menjadi masalah besar di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus harus dipersiapkan untuk perluasan pabrik jika dimungkinkan pabrik menambah kapasitas produksi atau ingin mengolah bahan baku sendiri, sehingga perlu adanya penambahan peralatan.

b. Perizinan

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan pekerja, dan hasil-hasil pembangunan. Lokasi pabrik dipilih di daerah khusus kawasan industri agar mudah dalam mengajukan perizinan pendirian pabrik (Trisdianti, 2013). Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pendirian pabrik antara lain.

- Segi keamanan kerja terpenuhi

- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman
- Pemanfaatan area tanah harus dilakukan secara efisien
- Transportasi yang baik dan efisien

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Sarana dan Prasarana sosial yang disediakan berupa penyediaan sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit serta adanya penyediaan bengkel industry, sehingga dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat.

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi, sehingga produksi menjadi efisien. Pengaturan tersebut akan memanfaatkan luas area (space) untuk penempatan fasilitas atau mesin penunjang produksi lainnya, penyimpanan material (storage) baik yang bersifat permanen maupun temporer, personil pekerja dan sebagainya (Wignjosuebrotto, 2009).

Selain itu, tata letak pabrik mengatur susunan letak bangunan untuk daerah proses, area perlengkapan, kantor, gudang, utilitas dan fasilitas lainnya guna menjamin kelancaran proses produksi serta menjaga keselamatan kerja para karyawannya, dan menjaga keamanan dari pabrik tersebut. Jalannya aliran

proses dan aktifitas dari para pekerja yang ada, menjadi dasar pertimbangan dalam pengaturan bangunan-bangunan dalam suatu pabrik sehingga proses dapat berjalan dengan efektif, aman dan berkelanjutan. Dalam menentukan letak pabrik terdapat kelebihan yang akan didapatkan seperti rendahnya biaya pengendalian bahan, berkurangnya kecelakaan karyawan, terjadi keseimbangan dalam proses produksi, gangguan dari mesin berkurang dan ruang yang telah disediakan dimanfaatkan dengan baik (Wijana, 2012).

Dengan mengatur tata letak pabrik yang baik maka akan memberikan keuntungan, seperti:

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi proses material handling.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih luas sehingga memudahkan dalam perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Mengurangi biaya produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Meningkatkan pengawasan operasional dan proses agar berjalan lebih baik.

Berdasarkan faktor di atas, maka pengaturan tata letak pabrik PVC untuk penempatan bangunan dalam kawasan pabrik tersebut diantaranya:

- a. Area Proses

Ruang proses produksi adalah ruangan utama yang di dalamnya terdapat peralatan pengolahan produk dari pabrik, (Wijana, 2012). Daerah proses produksi biasanya diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain untuk mempermudah pengawasan dan perbaikan alat-alat.

b. Area Penyimpanan

Bahan baku serta produk yang dihasilkan akan disimpan dalam area ini. Penyimpanan diletakkan di daerah yang mudah dijangkau oleh peralatan pengangkutan. Area penyimpanan ini harus bersih, kering, memiliki ventilasi yang cukup, tidak terkena matahari secara langsung, dan terbebas dari binatang yang dapat merusak produk (Wijana, 2012).

c. Area Utilitas / Sarana Penunjang

Area yang merupakan lokasi dari alat-alat penunjang produksi seperti air, tenaga listrik, pemanas, bahan bakar dan sarana pengolahan limbah.

d. Area Perkantoran

Area perkantoran merupakan pusat dari kegiatan administrasi pabrik untuk urusan-urusan dengan pihak-pihak luar maupun dalam pabrik.

e. Area Laboratorium

Sebagai tempat melakukan penelitian dan pengembangan, serta sebagai tempat quality control produk maupun bahan baku.

f. Fasilitas Umum

Terdiri dari lapangan parkir, kantin, klinik pengobatan, tempat beribadan dan fasilitas lainnya. Penempatan fasilitas ini bertujuan untuk memberi rasa nyaman kepada pekerja agar memanfaatkan fasilitas tersebut.

g. Area Perluasan

Tujuan area ini adalah untuk kebutuhan pabrik dimasa mendatang, seperti halnya peningkatan kapasitas produksi akibat peningkatan produk.

h. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

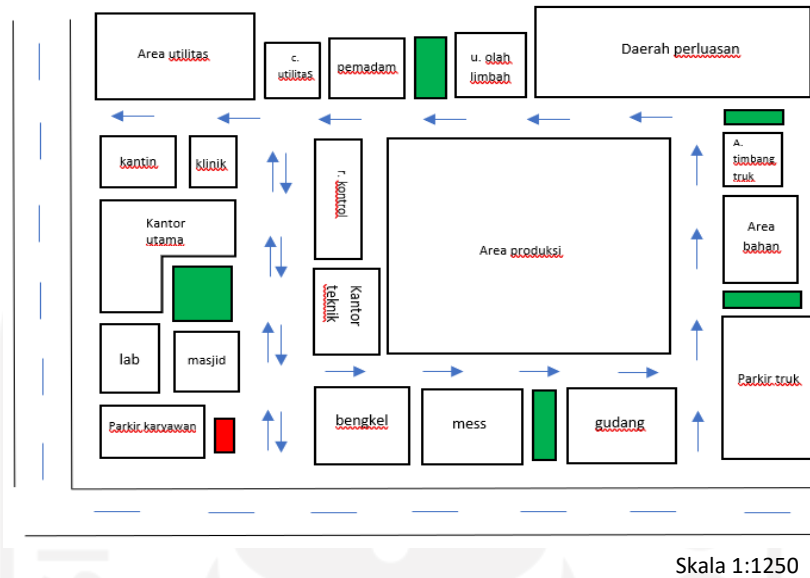
Kegiatan perawatan serta perbaikan peralatan sesuai kebutuhan pabrik dilakukan area ini. Area ini juga bisa disebut sebagai area perbengkelan (maintenance).

Tabel 4. 1 Luas Tanah & Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m ²
1	Pos Keamanan	4	4	16
2	Kantor Utama	20	15	300
3	Parkir Karyawan	30	20	600
4	<i>Power Plant</i>	8	8	64
5	Masjid	12	12	144
6	Area Mess	20	15	300

7	Kantin	12	8	96
8	Kantor Teknik dan Produksi	12	14	168
9	Gedung Serba Guna	12	10	120
10	Laboratorium	15	10	150
11	Area Timbang Truk	10	10	100
12	Area Parkir Truk	20	20	400
13	Poliklinik	12	10	120
14	Perpustakaan	10	10	100
15	Unit Pemadam Kebakaran	12	12	144
16	<i>Control Room process</i>	14	14	196
17	<i>Control Utilitas</i>	12	12	144
18	Bengkel	15	10	150
19	Unit Pengolahan Limbah	14	16	224
20	Gudang Peralatan	12	10	120
21	Area Proses	47	47	2209
22	Area Utilitas	40	40	1600
23	Taman 1	20	20	400
24	Taman 2	10	6	60
25	Taman 3	10	6	60
26	Taman 4	10	6	60
27	Taman 5	10	6	60
28	Daerah perluasan	80	60	4800
29	Jalan	108	10	1080
Luas Tanah				13985
Luas Bangunan				12905
Total				26890

Tata letak pabrik secara keseluruhan tersaji dalam gambar:



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

4.3. Tata Letak Alat Proses (*Machines Layout*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan alat-alat proses produksi terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat, dan jarak antar alat proses. Tujuannya agar kelancaran produksi, keamanan, dan keselamatan terjaga sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan. Dalam perancangan tata letak peralatan proses terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu.

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Penempatan pipa juga perlu diperhatikan, dimana untuk pipa di atas tanah

perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

2. Aliran udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindar terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai khususnya pada tempat-tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia

Dalam perancangan *lay out*, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan tepat dan mudah supaya apabila ada gangguan alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga perlu diperhatikan

5. Jarak Antar Alat Proses

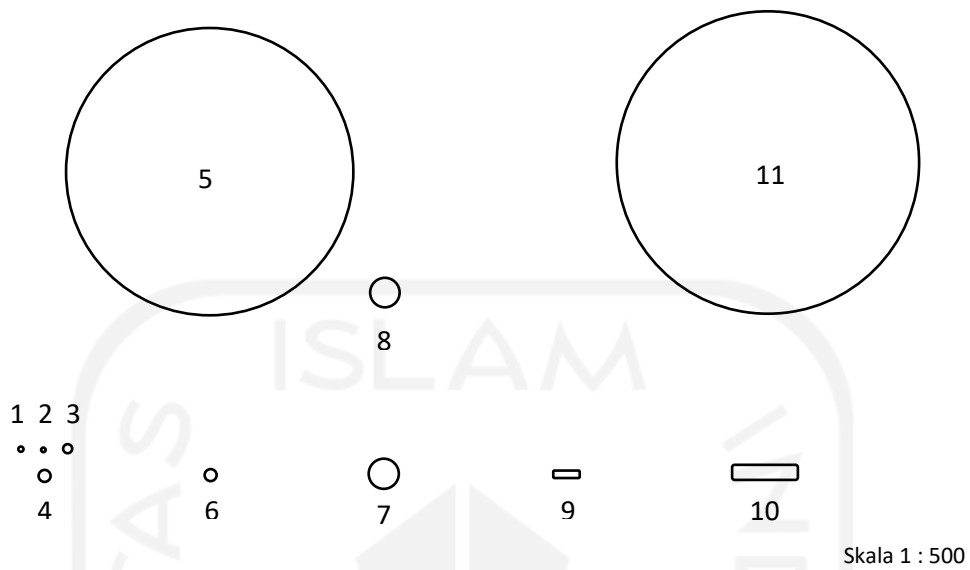
Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

6. Maintenance

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa, sehingga:

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lahan.
3. Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk kapital yang tidak penting.
4. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.
5. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (*Machines Layout*)

Keterangan:

- 1 Tangki penyimpanan Dilauroyl Peroxide
- 2 Tangki penyimpanan Butylated Hydroxytoluene
- 3 Tangki penyimpanan Polyvinyl Alcohol
- 4 Mixer
- 5 Tangki penyimpanan VCM
- 6 Reaktor
- 7 Stripping column
- 8 Separator
- 9 Centrifuge
- 10 Rotary dryer
- 11 Silo

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yang berbentuk badan hukum. Penetapan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) didasarkan dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut.

- Perseroan Terbatas adalah suatu badan hukum serta memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi para pemegang saham sehingga dapat mengurangi terjadinya resiko sepihak.
- Organisasi perusahaan dalam bentuk PT memungkinkan kemudahan dalam memperoleh modal. Modal yang digunakan untuk pendirian perusahaan ini diperoleh dari penjualan saham kepada satu maupun beberapa investor, serta dana dari pinjaman bank. penggunaan dana dari hasil penjualan saham dan pinjaman bank adalah untuk menghindari dominasi pembagian laba secara sepihak kepada penanam modal, kerana dalam jangka panjang akan menghambat perkembangan perusahaan.

4.4.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Penetapan struktur

yang baik yaitu dengan melihat komponen-komponen yang menyusun perusahaan, dimana setiap individu (sumber daya manusia) yang berada dalam lingkup perusahaan tersebut memiliki posisi dan fungsi masing-masing. Hal ini dimaksudkan agar:

1. Sistem pendelegasian wewenang dan pembagian tugas kerja jelas
2. Sistem birokrasi perusahaan yang ramping dan efisien
3. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan dengan ketat
4. Tidak saling tumpang wewenang
5. Adanya kejelasan tanggung jawab dan tugas masing-masing individu

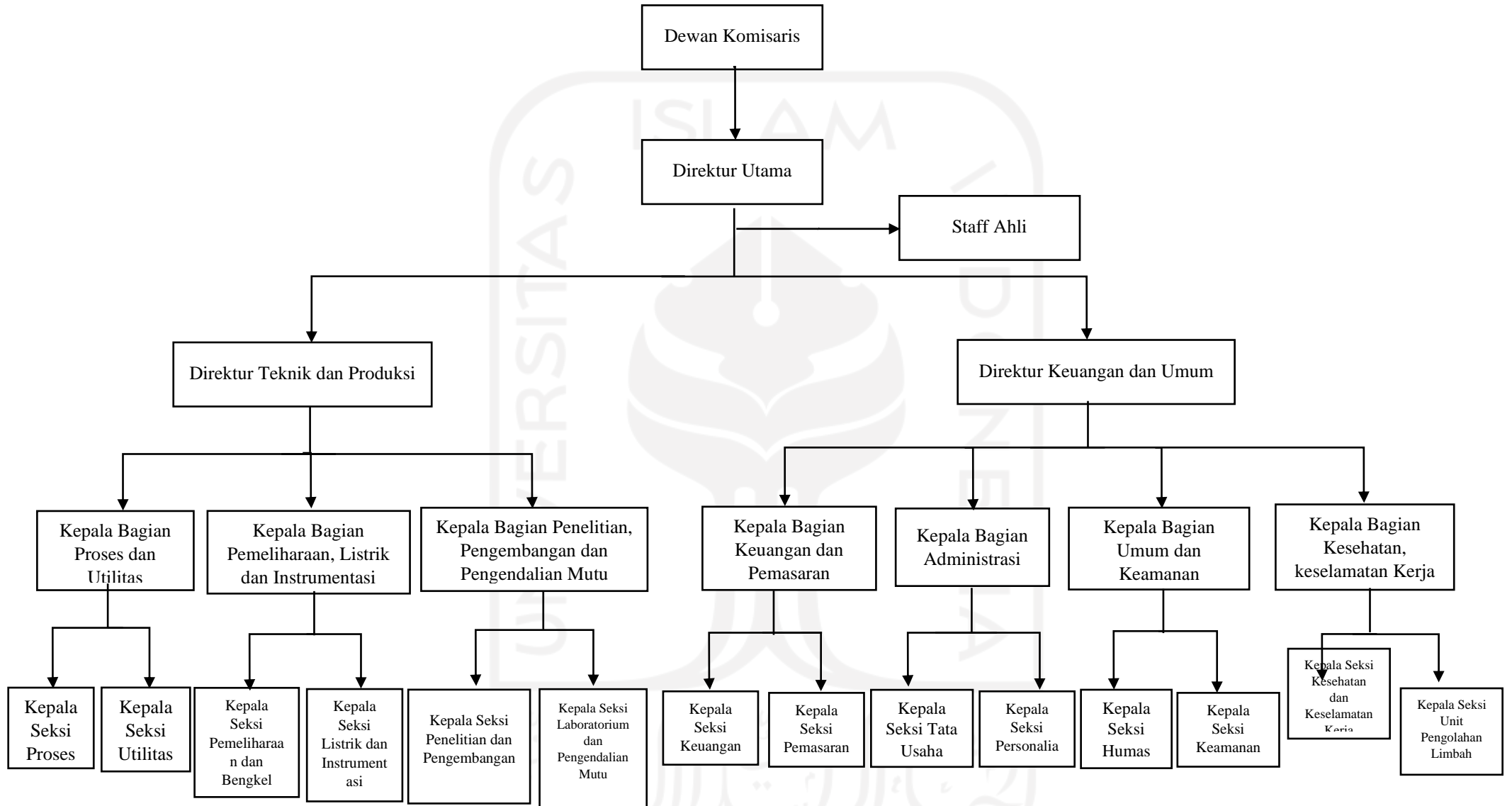
Dengan beberapa pertimbangan tersebut, struktur organisasi yang digunakan pada prancangan pabrik ini adalah line dan staff. Struktur organisasi dibuat sedemikian rupa sehingga unit-unit yang ada dapat melaksanakan tugas dan wewenang dan bertanggung jawab.

Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Pemegang Saham
2. Dewan komisaris
3. Direktur utama
4. Direktur

5. Kepala Bagian
6. Kepala Seksi
7. Karyawan dan Operator

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan serta pengembangan, dan pengendalian mutu. Sedangkan Manajer keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, administrasi, bagian umum dan keamanan serta bagian kesehatan, keselamatan kerja, dan lingkungan. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (Supervisor) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan



4.4.3. Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham berada diatas direktur umum adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang dalam:

Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.

- Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan Komisaris ini bertanggung jawab kepada RUPS. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah.

- Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
- Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
- Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi:

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik

maupun administrasi. Sta ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama Sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

- a. Memberikan masehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- c. Mempertinggi efisiensi kerja.

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagianya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

- a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas: mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

b. Kepala Bagian Pemeliharaan Listrik, dan Instrumentasi

Tugas: bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi

c. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Tugas: mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

d. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas: mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Kepala Bagian Administrasi

Tugas: bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

f. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Tugas: bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

g. Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan

Tugas: bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

6. Kepala Seksi

Kepala seksi dalam pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala Seksi Proses

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran.

2. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Tugas: Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

3. Kepala Seksi Utilitas

Tugas: Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan baku, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas: Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

5. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas: Beranggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentas.

6. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas: Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi secara keseluruhan.

7. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas: Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

8. Kepala Seksi Keuangan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

9. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas: mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

10. Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

11. Kepala Seksi Personalia

Tugas: mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

12. Kepala Seksi Humas

Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintahan, dan masyarakat.

13. Kepala Seksi Keamaan

Tugas: menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas: mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

15. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.4.4. Ketanagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktifitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan ini dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.4.5. Struktur Tenaga Kerja

1. Pembagian Struktur Tenaga Kerja Pabrik PVC ini direncanakan beroperasi 330 hari per tahun secara kontinu 24 jam sehari. Berdasarkan pengaturan jam kerja, karyawan dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu karyawan regular atau non-shift dan karyawan shift.

a. Karyawan non-shift

Karyawan nonshift adalah para karyawan yang tidak mempunyai proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah Direktur, Manajer, Kepala Bagian, serta Staff yang berada dikantor. Waktu kerja bagi karyawan regular atau non-shift adalah 5 hari kerja, dimana hari Sabtu dan Minggu dijadikan hari libur. Jam kerja karyawan non-shift ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor: Kep.234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam

per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 Kep.234/Men/2003) dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Adapun perincian waktu kerja baik bagi karyawan regular maupun karyawan shift adalah sebagai berikut.

- Senin-Jumat : Pukul 07.30-16.30 WIB
- Waktu istirahat setiap jam kerja : Pukul 12.00-13.00 WIB
- Waktu istirahat hari Jumat : Pukul 12.00-13.30 WIB

b. Karyawan *Shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam dan 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut.

- *Shift* pagi (I) : 07.00 – 15.00 WIB
- *Shift* siang (II) : 15.00 – 23.00 WIB
- *Shift* malam (III) : 23.00 – 07.00 WIB

Karyawan yang termasuk dalam kerja shift dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok A, B, C, dan D. Pola pembagian

waktu kerja adalah pergantian dari *shift* pagi, sore, malam, dan hari libur. Karyawan yang telah bekerja selama 2 kali *shift* malam akan mendapatkan hari libur selama 2 hari.

Tabel 4. 2 Shift Kerja Karyawan

Grup	Hari							
	senin	selasa	rabu	kamis	jumat	sabtu	minggu	senin
A	I	I	II	II	III	III	--	--
B	II	II	III	III	--	--	I	I
C	III	III	--	--	I	I	II	II
D	--	--	I	I	II	II	III	III

4.4.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

Sistem penggajian karyawan di perusahaan ini didasarkan pada tingkat pendidikan dan faktor ini berpengaruh pada besarnya gaji pokok yang diterima. Jenjang jabatan karyawan juga sangat menentukan oleh masa kerja dan jenjang Pendidikan.

a. Jenjang dan Prasyarat

Jabatan dan jenjang pendidikan yang diperlukan dalam perancangan pabrik ini dipilih berdasarkan kemampuan pengetahuan ilmu serta kemampuan bekerja sama dengan pekerja lain disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan
---------	------------

Direktur Utama	S2
Sekretaris Direktur Utama	S1
Staff Direktur Utama	S1
Direktur Produksi & Teknik	S2
Staff Direktur Produksi & Teknik	S1
Direktur Keuangan & Pemasaran	S2
Staff Direktur Keuangan & Pemasaran	S1
Direktur Umum	S2
Staff Direktur Umum	S1
Kepala Bagian Produksi dan Logistik	S1
Kepala Bagian Teknik	S1
Kepala Bagian Pengembangan Proses & Teknologi	S1
Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja	S1
Kepala Bagian Keuangan	S1
Kepala Bagian Pemasaran	S1
Kepala Bagian Umum	S1
Kepala Bagian Personalia	S1
Kepala Seksi Produksi	S1
Kepala Seksi Control Room	S1
Kepala Seksi Quality Control	S1
Kepala Seksi Utilitas & Pengolahan Limbah	S1
Kepala Seksi Perawatan Pabrik	S1
Kepala Seksi Instrumentasi Listrik	S1
Kepala Seksi Penelitian Proses & Teknologi	S1
Kepala Seksi K3	S1
Kepala Seksi Laboratorium	S1
Kepala Seksi Keuangan	S1
Kepala Seksi Pembelian	S1
Kepala Seksi Penjualan	S1
Kepala Seksi Analisa Pasar	S1
Kepala Seksi Perencanaan Pemasaran	S1
Kepala Seksi Pelayanan Umum	S1
Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	S1
Kepala Seksi Keamanam	S1
Kepala Seksi Transportasi	S1
Kepala Seksi Gudang	S1
Kepala Seksi Personalia	S1
Kepala Seksi Pelatihan Tenaga Kerja	S1
Karyawan Produksi	D3/S1

Karyawan Control Room	D3/S1
Karyawan Quality Control	D3/S1
Karyawan Utilitas & Pengolahan Limbah	D3/S1
Karyawan Perawatan Pabrik	D3/S1
Karyawan Instrumentasi Listrik	D3/S1
Karyawan Penelitian Proses & Teknologi	D3/S1
Karyawan k3	D3/S1
Karyawan Laboratorium	D3
Karyawan Keuangan	D3/
Karyawan Pembelian	D3/S1
Karyawan Penjualan	D3/S1
Karyawan Analisa Pasar	D3/S1
Karyawan Perencanaan Pemasaran	D3/S1
Karyawan Pelayanan Umum	D3/S1
Karyawan Hubungan Masyarakat	D3/S1
Karyawan Transportasi	D3/S1
Karyawan Gudang	D3/S1
Karyawan Personalia	D3/S1
Karyawan Pelatihan Tenaga Kerja	D3/S1
Dokter	S1
Perawat	S1/D3
Operator Operasi	SMK/D3
Operator Utilitas	SMK D3
Petugas Keamanan	SMA sederajat
Sopir	SMA sederajat
<i>Office Boy/Girl</i>	SMA sederajat
Petugas Kebersihan (Taman/Halaman)	SMP sederajat

Setiap karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang diatur oleh undang-undang ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerjanya, yaitu:

- Karyawan Pra-Kontrak

Merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karyawan akan

dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.

- **Karyawan Tetap**

Merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan. Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap memiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan.

- 1) **Hak Karyawan**

- **Gaji Pokok**

Gaji pokok karyawan diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan karyawan, masa kerja, serta prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dilakukan per tahun sesuai dengan pertumbuhan ekonomi serta prestasi dari karyawan. Daftar gaji karyawan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Gaji & Jumlah Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Direktur Utama	1	50.000.000	50.000.000
2	Sekretaris Direktur Utama	1	30.000.000	30.000.000
3	Staff Direktur Utama	1	30.000.000	30.000.000
4	Direktur Prouksi & Teknik	1	40.000.000	40.000.000
5	Staff Direktur Prouksi & Teknik	1	30.000.000	30.000.000
6	Direktur Keuangan & Pemasaran	1	40.000.000	40.000.000
7	Staff Direktur Keuangan & Pemasaran	1	30.000.000	30.000.000
8	Direktur Umum	1	40.000.000	40.000.000

9	Staff Direktur Umum	1	30.000.000	30.000.000
10	Kepala Bagian Produksi dan Logistik	1	25.000.000	25.000.000
11	Kepala Bagian Teknik	1	25.000.000	25.000.000
12	Kepala Bagian Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000
13	Kepala Bagian K33	1	20.000.000	20.000.000
14	Kepala Bagian Keuangan	1	20.000.000	20.000.000
15	Kepala Bagian Pengembangan Proses & Teknologi	1	20.000.000	20.000.000
16	Kepala Bagian Umum	1	20.000.000	20.000.000
17	Kepala Bagian Personalia	1	20.000.000	20.000.000
18	Kepala Seksi Laboratorium	1	16.000.000	16.000.000
18	Kepala Seksi Produksi	1	16.000.000	16.000.000
19	Kepala Seksi Perawatan Pabrik	1	16.000.000	16.000.000
20	Kepala Seksi Pembelian	1	16.000.000	16.000.000
21	Kepala Seksi Pemasaran	1	16.000.000	16.000.000
22	Kepala Seksi Control Room	1	15.000.000	15.000.000
23	Kepala Seksi Instrumentasi Listrik	1	15.000.000	15.000.000
24	Kepala Seksi Penelitian Proses & Teknologi	1	15.000.000	15.000.000
25	Kepala Seksi K3	1	15.000.000	15.000.000
26	Kepala Seksi Medis	1	15.000.000	15.000.000
27	Kepala Seksi Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
28	Kepala Seksi Quality Control	1	15.000.000	15.000.000
29	Kepala Seksi Utilitas & Pengolahan Limbah	1	15.000.000	15.000.000
30	Kepala Seksi Analisa Pasar	1	15.000.000	15.000.000
31	Kepala Seksi Perencanaan Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000
32	Kepala Seksi Pelayanan Umum	1	15.000.000	15.000.000
33	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	15.000.000	15.000.000
34	Kepala Seksi Keamanam	1	15.000.000	15.000.000

35	Kepala Seksi Transportasi	1	15.000.000	15.000.000
36	Kepala Seksi Gudang	1	15.000.000	15.000.000
37	Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000
38	Kepala Seksi Pelatihan Tenaga Kerja	1	15.000.000	15.000.000
39	Karyawan Produksi	15	12.000.000	180.000.000
40	Karyawan Control Room	3	12.000.000	36.000.000
42	Karyawan Quality Control	3	12.000.000	36.000.000
43	Karyawan Utilitas & Pengolahan Limbah	3	12.000.000	36.000.000
44	Karyawan Perawatan Pabrik	3	12.000.000	36.000.000
45	Karyawan Instrumentasi Listrik	3	12.000.000	36.000.000
46	Karyawan Penelitian Proses & Teknologi	3	12.000.000	36.000.000
47	Karyawan K3	3	12.000.000	36.000.000
48	Karyawan Laboratorium	3	12.000.000	36.000.000
49	Karyawan Keuangan	3	12.000.000	36.000.000
50	Karyawan Pembelian	3	12.000.000	36.000.000
51	Karyawan Penjualan	3	12.000.000	36.000.000
52	Karyawan Analisa Pasar	3	12.000.000	36.000.000
53	Karyawan Perencanaan Pemasaran	3	12.000.000	36.000.000
54	Karyawan Pelayanan Umum	3	12.000.000	36.000.000
55	Karyawan Hubungan Masyarakat	3	12.000.000	36.000.000
56	Karyawan Transportasi	2	12.000.000	24.000.000
57	Karyawan Gudang	2	12.000.000	24.000.000
58	Karyawan Personalia	2	12.000.000	24.000.000
59	Karyawan Pelatihan Tenaga Kerja	2	12.000.000	24.000.000
60	Dokter	2	15.000.000	30.000.000
61	Perawat	4	8.000.000	32.000.000
62	Operator Operasi	24	8.000.000	192.000.000
63	Operator Utilitas	15	8.000.000	120.000.000
64	Petugas Keamanan	6	6.200.000	36.000.000
65	Sopir	9	6.200.000	54.000.000
66	<i>Office Boy/Girl</i>	6	5.600.000	36.000.000

67	Petugas Kebersihan	4	5.600.000	24.000.000
Total		177		2.170.000.000

- Tunjangan dan Fasilitas bagi Karyawan

Selain gaji pokok, setiap karyawan juga mendapatkan tunjangan yang diatur oleh perusahaan. Beberapa jenis tunjangan dan fasilitas yang diberikan oleh perusahaan antara lain adalah.

- Tunjangan makan

Makan siang disediakan oleh perusahaan dan setiap karyawan berhak makan siang yang disediakan. Namun karyawan juga dapat makan siang di luar wilayah perusahaan dan akan diberikan uang makan yang besarnya disesuaikan dengan jabatan karyawan.

- Tunjangan kesehatan

Setiap karyawan akan memiliki asuransi yang diatur oleh perusahaan, sesuai dengan undang-undang Republik Indonesia

Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional Pasal 18. Jenis program jaminan sosial meliputi.

- Jaminan kesehatan
- Jaminan kecelakaan kerja
- Jaminan hari tua
- Jaminan pension dan kematian

Sehingga karyawan yang mengalami kecelakaan ataupun sakit dan harus dirawat, maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatan.

- Tunjangan hari raya

Setiap karyawan akan mendapatkan tunjangan hari raya sebesar 1 bulan gaji setiap tahunnya.

- Tunjangan keluarga

Karyawan yang telah memiliki keluarga akan mendapatkan tunjangan bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) yang ketentuannya telah diatur oleh perusahaannya.

- Tunjangan Hari Tua

Karyawan yang telah berumur 60 tahun akan memasuki usia pensiun dan akan diberikan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja.

- Penyediaan Fasilitas bagi Karyawan

- a. Penyediaan sarana transportasi
- b. Penyediaan fasilitas tempat ibadah
- c. Beasiswa kepada anak-anak karyawan yang berprestasi.
- d. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

- e. Penyediaan fasilitas perumahan
- f. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh pihak medis

- **Cuti dan Hari Libur Nasional**

Setiap karyawan tetap akan mendapatkan cuti kerja sebanyak 15 hari per tahunnya dan hal ini tidak berlaku akumulatif. Selain itu pada hari libur nasional, karyawan *non-shift* akan libur, namun karyawan shift yang memiliki jadwal kerja pada hari tersebut tidak libur namun jam kerjanya akan dihitung sebagai jam kerja lembur.

2) Kewajiban Karyawan

Hak yang diterima oleh karyawan perlu diimbangi juga dengan kewajiban yang harus diberikan oleh setiap karyawan. Beberapa kewajiban karyawan diantaranya adalah.

- Wajib turut serta menyukseskan visi dan misi perusahaan
- Wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati sebelumnya antara perusahaan dan karyawan
- Wajib menjaga kerahasiaan proses produksi pabrik.

BAB V UTILITAS

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Umumnya, untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik dapat menggunakan air sungai, air laut, air sumur maupun air danau. Pada perancangan pabrik ini, sumber air yang digunakan berasal dari air laut perairan selat sunda berdasarkan pertimbangan berikut.

- a. Lokasi pendirian pabrik yang terletak tidak jauh dari laut sehingga memudahkan dalam pengangkutan dan penggunaan air.
- b. Jumlah air laut yang melimpah melebihi air sungai atau air sumur, sehingga dapat menghindari kendala akan kekurangan air.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

Air digunakan sebagai media pendingin berdasarkan beberapa faktor berikut.

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang memiliki relativitas yang tinggi persatuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan suhu pada pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

2. Air umpan *Boiler*

Syarat agar air dapat dijadikan sebagai air umpan untuk Boiler adalah sebagai berikut.

a. Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya solid matter, suspended matter, dan kebasaaan yang tinggi. Adapun kesullitan yang akan dihadapi apabila terdapat busa dalam air sebagai air umpan boiler:

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi cairan dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat sehingga padatan akan menempel pada permukaan alat dan menyebabkan terjadinya korosi apabila tidak dilakukan pemanasan lanjutan.

Untuk mengatasi hal-hal tersebut, perlu adanya pengecekan dan pengendalian terhadap kandungan lumpur, kerak dan alkanitas pada air umpan boiler.

b. Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas, sehingga proses perpindahan panas terhambat. Selain itu, kerak yang terbentuk dapat pecah dan mengakibatkan kebocoran pada dinding permukaan alat.

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan karena rendahnya pH, minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik serta gas yang larut dalam air. Reaksi elektrokimia yang terjadi antara besi dan air akan membentuk lapisan anti korosi pada permukaan baja.

Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk molekul air. Korosi terjadi disebabkan oleh hilangnya lapisan anti korosif.

3. Air Domestik

Air domestik adalah air yang diperlukan untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, musholla dan lainnya. Air domestik harus memenuhi kualitas tertentu, yakni

a. Syarat fisika, meliputi :

- Suhu : Di bawah suhu udara
- Warkna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
- Tidak mengandung bakteri

4. Air Proses

Air proses digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses antara lain pada proses alat seperti *mixer* dan tangki.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Sumber air pada pabrik yang didirikan berasal dari air laut. Penggunaan air laut sebagai sumber air pada suatu pabrik perlu diolah terlebih dahulu secara fisika dan kimiawi, maupun dengan penambahan desinfektan. Hal ini dilakukan untuk mencegah munculnya kerak pada dinding alat penukar panas. Pengolahan secara fisika menggunakan screening, sedangkan untuk proses kimiawi dilakukan dengan menambahkan klorin.

Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari darah terbuka ke water intake system yang terdiri dari screen dan pompa. Kegunaan *screen* adalah untuk memisahkan kotoran dan benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke suction pompa dan dialirkan melalui pipa menuju ke unit pengolahan air. Pada discharge pompa diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya.

1. Desalinasi

Air laut adalah air murni yang di dalamnya terlarut berbagai zat padat dan gas. Zat tersebut meliputi garam organik, gas terlarut dan garam anorganik yang berwujud ion. Banyaknya kadar garam

dalam air laut membuat proses desalinasi harus dilakukan. Desalinasi merupakan proses menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut sehingga air tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode *reverse osmosis*. Metode ini telah banyak dipakai dalam sektor industrial. *Reverse osmosis* menggunakan membran *semi permeable* yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membran). Proses pemisahan pada membran berupa perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

2. Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah untuk mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah melewati proses ini disebut sebagai air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air *filter* dengan penukar ion untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan *boiler*.

Untuk keperluan air umpan *boiler*, diperlukan juga penghilangan kandungan mineral berupa garam-garam yang terlarut

dalam air tersebut. Garam yang terlarut dalam air memiliki ikatan ion positif atau kation dan ion negatif atau anion.

Untuk prosesnya sendiri dimulai dengan air bersih dialirkan ke cation exchanger yang diisi resin cation guna untuk mengikat kation dan melepaskan ion H^+ . Kemudian air akan mengalir ke *anion exchanger*, dimana anion dalam air akan bertukar dengan ion OH^- dari resin anion. Air yang keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garamnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan selanjutnya dialirkan menuju tangki penyimpanan ().

Pada waktu tertentu, resin yang digunakan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat kation atau anion secara optimal. Untuk itu perlu dilakukannya penyegaran atau pengaktifan kembali secara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin kation diregenerasi menggunakan larutan H_2SO_4 , sedangkan resin anion menggunakan larutan $NaOH$.

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

3. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube *boiler*. Air yang keluar dari *deaerator* ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

4. Pendinginan dan *Cooling Tower*

Air yang telah digunakan dalam *cooler*, temperturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan dalam *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendinginan pabrik.

5.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air domestik

a. Air kantor

Jumlah karyawan	= 177 orang
Kebutuhan air masing-masing karyawan	= 100 kg/hari
Total kebutuhan air untuk semua karyawan	= 17.700 kg/hari

b. Air Mess

Jumlah mess	= 20
Jumlah penghuni tiap mess	= 40 orang
Total kebutuhan air mess	= 80.000 kg/hari

2. Service Water

- Bengkel = 200 kg/hari
- Poliklinik = 300 kg/hari
- Laboratorium = 500 kg/hari
- Pemadam kebakaran = 1.000 kg/hari
- Kantin, musholla dan kebun = 2.000 kg/hari

Total kebutuhan *service water* = 4.000 kg/hari

Total kebutuhan air domestik = (17.700 + 80.000 + 4.000) kg/hari

= 101.700 kg/hari

= 4.237,5 kg/jam

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air domestik menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air domestik } \textit{over design} &= 1,2 \times \text{kebutuhan air domestik} \\ &= 1,2 \times 4.237,5 \text{ kg/jam} \\ &= 5.085 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan air pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	10.594,22
<i>Separator</i>	SP-01	19.655,28
<i>Condensor</i>	CD-01	2.090,16
<i>Condensor</i>	CD-01	3.280,56
<i>Cooler</i>	CL-01	649,81
Total		36.217,48

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin } \textit{over design} &= 1,2 \times 36.217,48 \text{ kg/jam} \\ &= 43.460,9771 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan *make up water* (W_m) untuk pendingin:

$$\text{Make up} = W_e + W_d + W_b$$

a. Mencari nilai *Evaporation loss* (W_e) dengan persamaan:

$$W_e = 0,00085 W_c (T_1 - T_2)$$

(Perry, 1999)

Diketahui:

$$W_c = 43.460,9771 \text{ kg/jam}$$

$$T1 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Maka,

$$W_e = 0,00085 \times 43.460,9771 \text{ kg/jam} \times (303,15 - 298,16) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$W_e = 283 \text{ kg/jam}$$

b. Mencari nilai *Drift Loss* (W_d) dengan persamaan :

$$W_d = 0,0002 \times W_c$$

(Perry, 1999)

$$W_d = 0,0002 \times 43.460,9771 \text{ kg/jam}$$

$$W_d = 8,6922 \text{ kg/jam}$$

c. Mencari nilai *Blowdown* (W_b) dengan persamaan :

$$W_b = \frac{W_e - (\text{cycle} - 1) \times W_d}{(\text{cycle} - 1)}$$

Dimana : *Cycle* berkisar 3 – 5 kali (dipilih 4 kali)

$$W_b = (185 - (4 - 1) \times 8,6922) / (4 - 1)$$

$$W_b = 52,8775 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah make up air adalah :

$$\text{Make up} = (185 + 8,6922 + 52,8775) \text{ kg/jam}$$

$$= 246,2789 \text{ kg/jam}$$

4. Kebutuhan air pemanas

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Stripping Column</i>	ST-01	5.198,1225
<i>Heater</i>	HE-01	440,9035
<i>Heater</i>	HE-02	187,24
<i>Heater</i>	HE-03	10,6962
Total		5.836,9671

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air pemanas menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pemanas } \textit{over design} &= 1,2 \times 5.836,9671 \text{ kg/jam} \\ &= 7.004,3605 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- a. Menghitung nilai *Blowdown*

Blowdown pada boiler adalah 15% dari kebutuhan *steam*.

$$\textit{Blowdown} = 15\% \times \text{kebutuhan } \textit{steam}$$

$$\textit{Blowdown} = 15\% \times 7.004,3605 \text{ kg/jam}$$

$$\textit{Blowdown} = 1.050,6541 \text{ kg/jam}$$

- b. Menghitung nilai *Steam Trap*

Steam trap adalah 5% dari kebutuhan *steam*.

$$\textit{Steam trap} = 5\% \times \text{kebutuhan } \textit{steam}$$

$$\textit{Steam trap} = 5\% \times 7.004,3605 \text{ kg/jam}$$

$$\textit{Steam trap} = 350,2180 \text{ kg/jam}$$

c. Menghitung kebutuhan air *Make Up Steam*

$$\text{Make up} = \text{blowdown} + \text{steam trap}$$

$$\text{Make up} = (1.050,6541 + 350,2180) \text{ kg/jam}$$

$$\text{Make up} = 8.055.0146 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan air proses

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses

No.	Alat	Kode	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	<i>Mixer</i>	M-01	3.373,9007
2	<i>Centrifuge</i>	CF-01	1.570,4307
Total			4.944,3314

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air proses menjadi:

$$\text{Kebutuhan air pemanas } \textit{over design} = 1,2 \times 4.944,3314 \text{ kg/jam}$$

$$= 5.933,1977 \text{ kg/jam}$$

Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	Air Domestik	5,085.0000
2	<i>Service Water</i>	166.6666667
3	Air Pendingin	43,460.9771
4	Air Pemanas	7.004,3605
5	Air Proses	5933.1977
Total		77.058,8341

5.2. Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap atau *boiler* dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Kapasitas : 3.315.460,08 kg/jam
- Jenis : *Fire Tube Boiler*
- Jumlah : 1 buah

Boiler ini dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengamanan-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika yang mungkin masih terikut dengan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu, pH-nya perlu diatur dengan kadar 10,5 sampai 11,5 karena pH yang terlalu tinggi memiliki tingkat korosivitas yang tinggi juga.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini, temperatur air ditingkatkan hingga 190°C sebelum diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke dalam *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, kemudian air di dalam boiler akan menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api yang menyebabkan air tersebut menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul hingga suhunya mencapai 120°C dengan tekanan

1 atm, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.3. Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan *generator diesel*. *Diesel* digunakan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan. *Diesel* juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting seperti *boiler*, kompresor dan pompa. Spesifikasi *diesel* yang digunakan adalah.

- Kapasitas : 600 kW
- Jenis : AC Generator
- Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari *diesel* ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi sehingga menghasilkan panas yang akan digunakan untuk memutar poros engkol yang akan menghidupkan *generator* yang mampu menghasilkan tenaga listrik.

Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari, listrik yang berasal dari PLN digunakan sebesar 100%. Namun apabila listrik padam, 100% operasinya akan menggunakan tenaga listrik yang berasal dari *diesel*.

1. Kebutuhan listrik untuk proses dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer	M-01	10	7.457
Reaktor	R-01	20	14.914
Centrifuge	CF-01	0,50	372,85
Rotary dryer	RD-01	2	745,70
Vibrating Screen	VS-01	4	2.982,80
Blower	B-01	0,08	62,14
Pompa 1	P-01	2	1.491,40
Pompa 2	P-02	0,33	248,57
Pompa 3	P-03	0,75	559.,28
Pompa 4	P-04	0,75	559,28
Pompa 5	P-05	3	2.237,10
Pompa 6	P-06	1	745,70
Screw Conveyor	SC-01	15	11.185,50
Screw Conveyor	SC-02	40	29.828
Total		99,42	74.135,01

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		hp	Watt
Cooling Tower	CT-01	5	3.728,50
Kompresor	KU-01	3	2.237,10
Pompa Utilitas 1	PU-01	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 2	PU-02	2	1.491,40
Pompa Utilitas 3	PU-03	2	1.491,40
Pompa Utilitas 4	PU-04	2	1.491,40
Pompa Utilitas 5	PU-05	2	1.491,40
Pompa Utilitas 6	PU-06	3	2.237,10
Pompa Utilitas 7	PU-07	3	2.237,10
Pompa Utilitas 8	PU-08	3	2.237,10
Pompa Utilitas 9	PU-09	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 10	PU-10	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 11	PU-11	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 12	PU-12	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 13	PU-13	0,05	37,29
Pompa Utilitas 14	PU-14	0,05	37,29
Pompa Utilitas 15	PU-15	1,5	1.118,55
Total		34,10	25.428,37

2. Kebutuhan listrik untuk menggerakan alat kontrol, kantor dan penerangan adalah sebagai berikut :

- Untuk penerangan dan AC = 180 kW
- Untuk laboratorium dan bengkel = 100 kW
- Untuk instrumentasi = 30 kW

Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	a. Proses	74,14
	b. Utilitas	25,4284
2	a. Listrik Ac	30
	b. Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	100
4	Instrumentasi	30
Total		409,5634

5.4. Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatik control*.

Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 29,906 m³/jam.

5.5. Unit Penyedia Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada *boiler* dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar *boiler* menggunakan *fuel oil* sebanyak 3.774,5545 kg/jam, sedangkan bahan bakar *diesel* menggunakan minyak solar sebanyak 70,5151 L/jam.

5.6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah gas dan limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah-limbah tersebut di antaranya :

5.6.1 Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan pada pabrik ini adalah air hasil dari *rotary dryer*. Gas tersebut langsung dibuang ke lingkungan melalui *stack* karena tidak berbahaya dan beracun.

5.6.2 Limbah Cair

Limbah cair dari proses ini berasal dari keluaran *centrifuge* dan *separator*, dimana komposisi terbanyak dari campuran limbah yang keluar dari *centrifuge* adalah air, sisanya adalah campuran *polyvinyl alcohol*, *butylated hydroxytoluene*, *dilauroyl peroxide* dan *vinyl chloride monomer*. Sedangkan limbah yang keluar dari *separator* seluruhnya adalah air.

Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut harus diolah lebih lanjut agar dapat dibuang ke lingkungan dengan kisaran parameter cairan yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

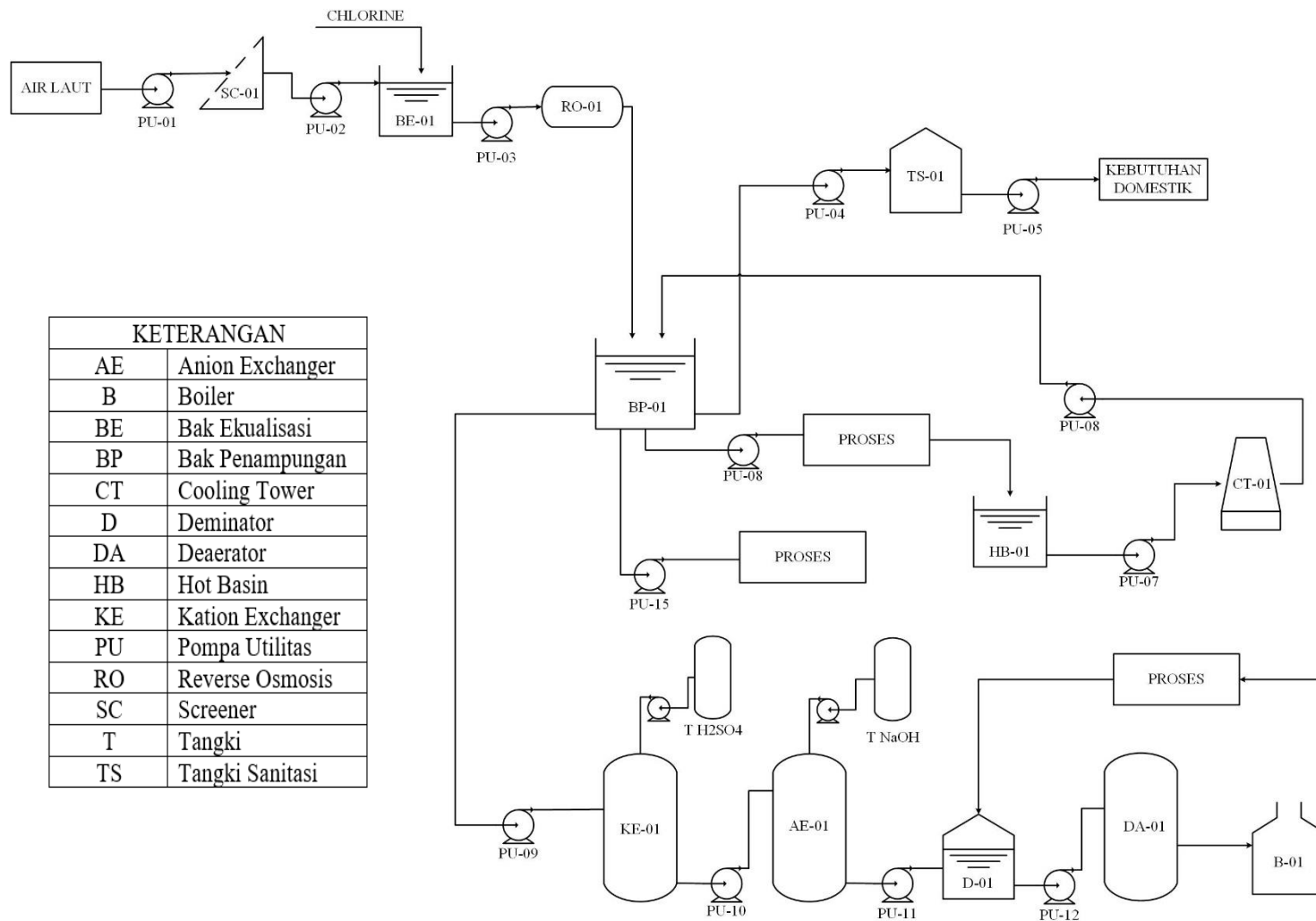
- *Chemical Oxygen Demand (COD)* : maksimal 100 mg/L
- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* : maksimal 20 mg/L
- *Total Suspension Solid (TSS)* : maksimal 80 mg/L
- *Oil* : maksimal 5 mg/L
- *pH* : 6,5 – 8,5

5.6.3 Air Utilitas

Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi.

Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan pH hingga 7 menggunakan H_2SO_4 atau $NaOH$ sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.





KETERANGAN	
AE	Anion Exchanger
B	Boiler
BE	Bak Ekualisasi
BP	Bak Penampungan
CT	Cooling Tower
D	Deminator
DA	Deaerator
HB	Hot Basin
KE	Kation Exchanger
PU	Pompa Utilitas
RO	Reverse Osmosis
SC	Screener
T	Tangki
TS	Tangki Sanitasi

Gambar 5. 1 Diagram Alir Air Utilitas

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi merupakan salah satu aspek yang penting dalam pendirian suatu pabrik, pabrik yang nantinya akan didirikan harus memberikan keuntungan secara ekonomis agar proses produksi dapat terus berjalan. Dengan adanya evaluasi ekonomi dapat diperkirakan modal investasi dalam pendirian suatu pabrik untuk mengetahui pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak untuk didirikan. Selain itu, dapat ditentukan estimasi kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi pabrik, meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi yang dapat dikembalikan dan besarnya nilai titik impas atau balik modal pabrik. Hal-hal yang perlu ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi antara lain:

1. Penentuan Modal Industri (*Capital Investment*)

- a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

- a. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing Cost meliputi beberapa hal yaitu:

- i) Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

- ii) Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - iii) Biaya produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

3. Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik, meliputi:

- a. *Percent Return on Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)
- d. *Break Even Point* (BEP)
- e. *Shut Down Point* (SDP)

6.1 Penaksiran Harga Alat

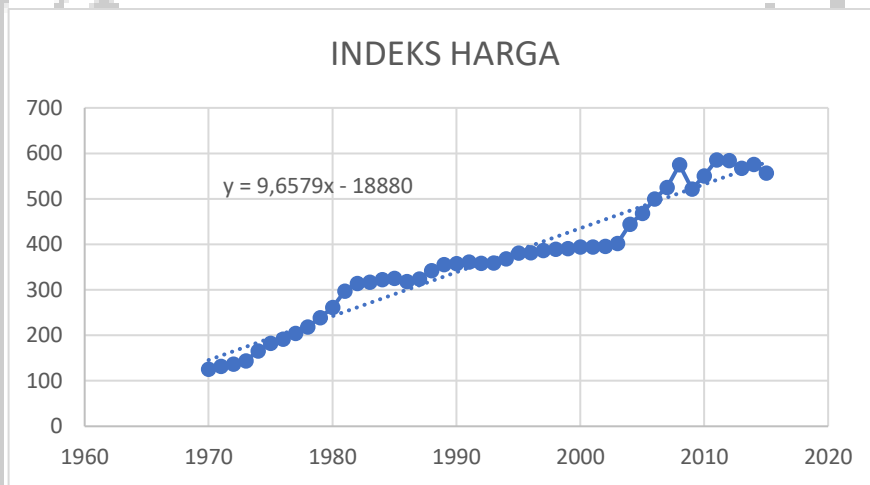
Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga alat pada keadaan atau tahun tertentu diperlukan perhitungan konversi harga alat sekarang terhadap harga alat beberapa tahun lalu, berdasarkan sumber Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)

Tabel 6. 1 Harga Indeks CEPCI

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

Pada perancangan pabrik Polivinil Klorida ini direncanakan akan dibangun pada tahun 2026, sehingga perlu dicari indeks harga alat pada tahun tersebut. Untuk menentukan besarnya harga alat pada tahun 2026 dapat digunakan menggunakan metode regresi linear dengan memplotkan nilai Xi dan Yi, dengan

data dari tabel indeks harga di atas didapatkan persamaan regresi $y = 9,5679x - 18880$. Dari persamaan regresi tersebut maka didapatkan nilai indeks harga pada tahun 2026 sebesar 686,905. Grafik hasil *plotting* data dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut.



Gambar 6. 1 Grafik hubungan tahun terhadap index CEPCI

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan yang lainnya diperoleh dari situs matche (www.matche.com). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$E_x = \frac{N_x}{N_y} E_y \quad (\text{Aries \& Newton})$$

Keterangan:

E_x = Harga tahun pembelian

E_y = Harga pembelian alat pada tahun referensi

N_x = Indeks harga pada tahun pembelian

N_y = Indeks harga pada tahun referensi

Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut.

Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses pada Tahun 2026

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Perkiraan Harga Alat	
			USD	Rupiah
Mixer	M-01	1	\$20.576	Rp305.592.720
Reaktor Polimerisasi	R-01	1	\$552.185	Rp8.201.046.431
Stripper	ST-01	1	\$553.700	Rp8.223.557.237
Separator	SP-01	1	\$26.112	Rp387.818.132
Centrifuge	CF-01	1	\$353.170	Rp5.245.284.513
Rotary Dryer	RD-01	1	\$113.227	Rp1.681.642.819
Tangki VCM	TP-01	1	\$873.625	Rp12.975.084.277
Silo Dilauroyl Peroxide	TP-02	1	\$1.189	Rp17.664.142
Silo BHT	TP-03	1	\$714	Rp10.598.591
Silo PVA	TP-04	1	\$1.425	Rp21.161.766
Silo PVC	S-01	1	\$366.916	Rp5.449.429.145
Pompa 01	P-01	1	\$8.943	Rp132.814.429
Pompa 02	P-02	1	\$3.815	Rp56.667.490
Pompa 03	P-03	1	\$3.815	Rp56.667.490
Pompa 04	P-04	1	\$7.512	Rp111.564.120
Pompa 05	P-05	1	\$7.512	Rp111.564.120
Pompa 06	P-06	1	\$7.512	Rp111.564.120
Screw Conveyor 01	SC-01	1	\$6.200	Rp92.084.671
Screw Conveyor 02	SC-02	1	\$6.200	Rp92.084.671
Heater 01	HE-01	1	\$3.696	Rp54.896.631
Heater 02	HE-02	1	\$1.908	Rp28.333.745
Heater 03	HE-03	1	\$2.742	Rp40.729.758

Condensor 01	CD-01	1	\$78.337	Rp1.163.454.397
Condensor 02	CD-02	1	\$55.921	Rp830.532.896
Blower	B-01	1	\$2.862	Rp42.500.617
Filter	F-01	1	\$27.712	Rp411.578.563
Cooler	CL-01	1	\$166.156	Rp2.467.741.674
Vibrating Screen	VS-01	1	\$9.657,93	Rp143.439.583
Total			\$3.263.338	Rp48.467.098.746

Tabel 6. 3 Perkiraan HargaAlat Utilitas pada Tahun 2026

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Perkiraan Harga Alat	
			USD	Rupiah
Screener	FU-01	1	\$5.365,52	Rp79.688.657
Boiler	B-01	1	\$8.704,06	Rp129.272.711
Bak ekualisasi	BU-01	1	\$53.059,00	Rp788.032.278
Revers Osmosis (SW)		1	\$19.196,63	Rp285.108.307
Reverse Osmosis (BW)		1	\$17.169,65	Rp255.003.704
Bak Penampungan Air	BU-02	1	\$78.455,78	Rp1.165.225.256
Tangki Sanitasi	TU-01	1	\$33.743,14	Rp501.153.112
Tangki Hot Basin	TU-02	1	\$59.616,85	Rp885.429.526
Cooling Tower	CT-01	1	\$20.269,73	Rp301.046.039
Ion Exchanger (Kation)		1	\$4.650,11	Rp69.063.503
Ion Exchanger (Anion)		1	\$4.650,11	Rp69.063.503
Tangki NaOH	TU-03	1	\$77.501,91	Rp1.151.058.384
Tangki HCl	TU-04	1	\$2.861,61	Rp42.500.617
Tangki Demin Water	TU-05	1	\$170.504,20	Rp2.532.328.445
Daerator	DE-01	1	\$9.896,40	Rp146.981.301
Tangki Kaporit	TU-06	1	\$14.784,98	Rp219.586.522
Tangki Klorinasi	TU-07	1	\$9.538,70	Rp141.668.724
Generator		1	\$1.192,34	Rp17.708.591
pompa 1	PU-01	1	\$5.842,45	Rp86.772.094

pompa 2	PU-02	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 3	PU-03	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 4	PU-04	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 5	PU-05	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 6	PU-06	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 7	PU-07	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 8	PU-08	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 9	PU-09	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 10	PU-10	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 11	PU-11	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 12	PU-12	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 13	PU-13	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 14	PU-14	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 15	PU-15	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 16	PU-16	1	\$3.815,48	Rp56.667.490
pompa 17	PU-17	1	\$3.815,48	Rp56.667.490
pompa 18	PU-18	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 19	PU-19	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 20	PU-20	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 21	PU-21	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 22	PU-22	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 23	PU-23	1	\$7.511,72	Rp111.564.120
pompa 24	PU-24	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 25	PU-25	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 26	PU-26	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 27	PU-27	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 28	PU-28	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 29	PU-29	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 30	PU-30	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 31	PU-31	1	\$5.842,45	Rp86.772.094

pompa 32	PU-32	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 33	PU-33	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
pompa 34	PU-34	1	\$5.842,45	Rp86.772.094
Total			\$795.766	Rp11.818.713.316

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisa ekonomi pabrik Polivinil Klorida ini adalah.

1. Kapasitas produksi : 125.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Pabrik didirikan tahun : 2026
4. Pabrik beroperasi tahun : 2027
5. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp. Rp14.852,00
6. Umur alat : 10 tahun

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment atau disebut juga dengan modal investasi atau sejumlah uang yang harus disiapkan sebelum mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. *Capital Investment* mencakup 2 hal, yaitu.

- a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment adalah biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan alat operasi lainnya. Biaya *fixed capital* didapatkan dari penjumlahan biaya pembangunan plant, biaya kontraktor, dan biaya cadangan (biaya tidak terduga). Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik PVC ini memerlukan rencana *physical plant cost, direct plant cost and fixed capital investment* seperti pada tabel-tabel berikut.

Tabel 6. 4 *Physical plant cost* (PPC)

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp60.142.372.479	\$4.049.446,03
<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp15.035.593.120	\$1.012.361,51
Instalasi cost	Rp11.681.377.579	\$786.518,82
Pemipaan	Rp15.004.452.880	\$1.010.264,80
Instrumentasi	Rp15.383.991.259	\$1.035.819,50
Insulasi	Rp2.595.789.394	\$174.777,09
Listrik	Rp6.014.237.248	\$404.944,60
Bangunan	Rp76.917.500.000	\$5.178.932,13
<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp147.895.000.000	\$9.957.918,13
Total	Rp350.670.313.958	\$23.610.982,63

Tabel 6. 5 *Direct plant cost* (DPC)

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Physical Plant Cost</i>	Rp350.670.313.958	\$23.610.982,63
<i>Engineering and Construction</i>	Rp70.134.062.792	\$4.722.196,53
Total	Rp420.804.376.750	\$28.333.179,15

Tabel 6. 6 *Fixed Capital Investment* (FCI)

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Direct Plant Cost</i>	Rp420.804.376.750	\$28.333.179,15
<i>Cotractor's fee</i>	Rp16.832.175.070	\$1.133.327,17
<i>Contingency</i>	Rp42.080.437.675	\$2.833.317,92
Total	Rp479.716.989.495	\$32.299.824,23

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha agar operasi dapat berjalan sesuai dengan target dalam waktu tertentu. Biaya ini didapatkan dari biaya bahan baku untuk kebutuhan produksi dan siklus produksi, biaya penyimpanan produk sebelum dikirimkan ke konsumen, biaya pelayanan konsumen, dan biaya pembayaran gaji, jasa, dan material.

Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu melalui pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan sharing profit atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu.

- a. Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- b. Investasi yang cepat kembali
- c. Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dll.

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment (WCI)*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Raw Material Inventory</i>	Rp66.712.220.769	\$4.491.800,48
<i>Inproses Onventory</i>	Rp198.562.604.138	\$13.369.418,54
<i>Product Inventory</i>	Rp144.409.166.646	\$9.723.213,48
<i>Extended Credit</i>	Rp185.650.000.000	\$12.500.000,00
<i>Available Cash</i>	Rp144.409.166.646	\$9.723.213,48
Total	Rp739.743.158.198	\$49.807.645,99

6.3.2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik. *Manufacturing cost* adalah akumulasi dari *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost* yang berkaitan dalam pembuatan produk. *Manufacturing cost* diantaranya:

- a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Direct Manufacturing Cost merupakan pengeluaran yang langsung berkaitan dengan pembuatan suatu produk atau operasi

manufaktur. Biaya *direct manufacturing cost* didapatkan dari total biaya bahan baku, tenaga kerja, *supervisor, maintenance, dan plant supplies*.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Raw Material</i>	Rp733.834.428.459	\$49.409.805,31
<i>Labor</i>	Rp26.004.000.000	\$1.750.875,30
<i>Supervision</i>	Rp2.600.400.000	\$175.087,53
<i>Maintenance</i>	Rp71.957.548.424	\$4.844.973,63
<i>Plant Supplies</i>	Rp10.793.632.264	\$726.746,05
<i>Royalty and Patents</i>	Rp40.843.000.000	\$2.750.000,00
<i>Utilities</i>	Rp518.494.115.321	\$34.910.726,86
Total	Rp1.404.527.124.468	94.568.214,68

b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Indirect Manufacturing Cost merupakan pengeluaran yang tidak langsung ditinjau dari operasi pabrik. Biaya *indirect manufacturing cost* didapatkan dari total biaya *payroll overall, laboratorium, plant overhead, packaging, dan shipping*.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Payroll Overhead</i>	Rp3.900.600.000	\$262.631,30
<i>Laboratory</i>	Rp2.600.400.000	\$175.087,53
<i>Plant Overhead</i>	Rp13.002.000.000	\$875.437,65
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp102.107.500.000	\$6.875.000,00
Total	Rp121.610.500.000	\$8.188.156,48

c. Biaya produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

Biaya – biaya tertentu yang tetap dikeluarkan pada saat kondisi pabrik beroperasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi. Biaya *fixed manufacturing cost* didapatkan dari total biaya depresiasi, pajak properti, dan asuransi.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Depreciation</i>	Rp47.971.698.950	\$3.229.982,42
<i>Propertu taxes</i>	Rp9.594.339.790	\$645.996,48
<i>Insurance</i>	Rp4.797.169.895	\$322.998,24
Total	Rp62.363.208.634	\$4.198.977,15

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp1.404.527.124.468	\$94.568.214,68
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp121.610.500.000	\$8.188.156,48
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp62.363.208.634	\$4.198.977,15
Total	Rp1.588.500.833.102	\$106.955.348,31

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Biaya pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk Manufacturing Cost. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 12 *General Expenses*

Jenis Biaya	Jumlah Biaya	
	Rupiah	USD
<i>Administration</i>	Rp40.843.000.000	\$2.750.000,00
<i>Sales Expense</i>	Rp102.107.500.000	\$6.875.000,00
<i>Research</i>	Rp81.686.000.000	\$5.500.000,00
<i>Finance</i>	Rp24.389.202.954	\$1.642.149,40
Total	Rp249.025.702.954	\$16.767.149,40

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp1.588.500.833.102	\$106.955.348,31
<i>General Expenses(GE)</i>	Rp249.025.702.954	\$16.767.149,40
Total	Rp1.837.526.536.056	\$123.722.497,71

7.4. Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp2.042.150.000.000,00

Total biaya produksi : Rp1.837.659.727.710,00

Keuntungan : Total Penjualan - Total Biaya Produksi
: Rp204.490.272.290,00

2. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak : 22% x Rp204.490.272.290,00
: Rp44.987.859.904

(Perpu No.1 Tahun 2020)

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak
: Rp159.502.412.386,00

6.5. Analisa Resiko Pabrik

Dalam perancangan ekonomi pabrik ini juga dibahas risk management pada pendirian pabrik *Polivinyll Chloride* dengan menggunakan pendekatan kualitatif. *Risk management* adalah suatu proses identifikasi, analisis, penilaian, pengendalian, dan upaya menghindari, meminimalisir, atau bahkan menghapus risiko yang mungkin dapat terjadi. Risk management ini diterapkan pada perusahaan dengan tujuan untuk melindungi perusahaan maupun lingkungan sekitar dari risiko kejadian yang dapat merugikan, menciptakan lingkungan kerja yang aman dan terjamin untuk semua staf maupun pelanggan, meningkatkan stabilitas operasional pabrik sekaligus mengatur tanggung jawab hukum, memberikan proteksi untuk semua orang dan aset yang terlibat dalam risiko berbahaya, membantu menetapkan kebutuhan asuransi perusahaan sehingga dapat meminimalkan premi yang tidak penting. Untuk hasil identifikasi risiko ini dapat menentukan kategori risiko termasuk dalam *low risk*, *medium risk*, dan *high risk*. Dengan mengetahui kategori risiko maka dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan dan tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak negatif dan probabilitas yang dapat terjadi di masa yang akan datang.

Penyebab Risk Management	penyebab	Dampak
Produk (PVC resin)	Berbentuk bubuk	Menyebabkan alergi kulit dan pernapasan. Dapat menyebabkan iritasi mata dan kulit. Tidak dikenal sebagai bahaya kesehatan akut. PVC tidak mengandung komponen yang dianggap persisten, bioakumulatif, dan toksik (PBT), atau sangat persisten dan sangat bioakumulatif (vPvB) pada tingkat 0,1% atau lebih tinggi.
Alat Proses	Suhu tertinggi dalam pembuatan PVC adalah Reaktor 60°C dan suhu Stripping Column 120°C	Dapat menyebabkan pemuaian sehingga membutuhkan spesifikasi bahan konstruksi yang memadai

6.6. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui besar atau tidaknya keuntungan yang diperoleh, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain.

1. *Percent Return on Investment (ROI)*

ROI merupakan suatu tingkatan keuntungan yang bisa didapatkan dari hasil tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga. Nilai ROI didapatkan menggunakan rumus:

$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{profit}}{\text{fixed capital investment}} \times 100\%$$

a. ROI sebelum pajak (ROI b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).

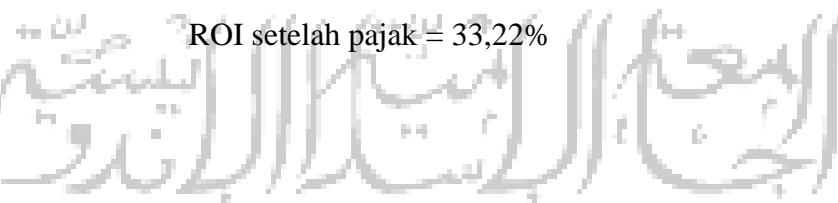
$$\text{ROI sebelum pajak} = \frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 42,59\%$$

b. ROI setelah pajak

$$\text{ROI setelah pajak} = \frac{\text{keuntungan setelah pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 33,22\%$$



2. *Pay Out Time (POT)*

POT merupakan waktu pengembalian modal yang didapatkan dari keuntungan. Perhitungan ini diperlukan dengan tujuan untuk

mengetahui dalam berapa tahun investasi akan kembali. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun. Nilai POT didapatkan menggunakan rumus:

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{keuntungan} + 0,1 \times \text{fixed capital})} \times 100\%$$

a. POT sebelum Pajak

$$POT \text{ sebelum pajak} = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan sebelum pajak} + (0,1 \times \text{fixed capital})}$$

$$POT \text{ sebelum pajak} = 1,90 \text{ tahun}$$

b. POT sesudah Pajak

$$POT \text{ setelah pajak} = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan setelah pajak} + (0,1 \times \text{fixed capital})}$$

$$POT \text{ setelah pajak} = 2,31 \text{ tahun}$$

3. Break Even Point (BEP)

BEP adalah titik impas produksi dimana menunjukkan tingkat jumlah biaya dan penghasilan dengan nilai yang sama. Titik ini melambangkan kondisi pabrik dimana tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Pabrik akan mengalami keuntungan jika pabrik beroperasi di atas titik impas (BEP), begitu juga sebaliknya pabrik akan mengalami kerugian apabila pabrik beroperasi dibawah BEP. BEP

digunakan untuk menganalisa performa pabrik, sehingga tidak memiliki batasan pasti. Semakin kecil nilai BEP, maka kemungkinan pabrik untung dengan produksi yang sedikit akan semakin besar. Nilai BEP didapatkan menggunakan rumus:

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 \times Ra)}{a - Va - (0,7 \times Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa= *fixed cost* (total biaya depresiasi, pajak properti, dan asuransi)

Ra= *regulated cost*

Va= *variable cost* (total biaya bahan baku, *packaging*, *shipping*, dan royalti)

Sa= *sales* (biaya penjualan)

Tabel 6. 14 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
Depresiasi	Rp47.971.698.950	\$3.229.982,42
<i>Property Taxes</i>	Rp9.594.339.790	\$645.996,48
Asuransi	Rp4.797.169.895	\$322.998,24
Total	Rp62.363.208.634	\$4.198.977,15

Tabel 6. 15 *Annual regulated expenses (Ra)*

Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
Gaji Karyawan	Rp26.004.000.000	\$1.750.875,30

<i>Payroll Overhead</i>	Rp3.900.600.000	\$262.631,30
<i>Supervision</i>	Rp2.600.400.000	\$175.087,53
<i>Plant Overhead</i>	Rp13.002.000.000	\$875.437,65
<i>Laboratorium</i>	Rp2.600.400.000	\$175.087,53
<i>General Expense</i>	Rp249.025.702.954	\$16.767.149,40
<i>Maintenance</i>	Rp71.957.548.424	\$4.844.973,63
<i>Plant Supplies</i>	Rp10.793.632.264	\$726.746,05
Total	Rp379.884.283.642	\$25.577.988,39

Tabel 6. 16 *Annual variabel value (Va)*

Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material</i>	Rp733.834.428.459	\$49.409.805,31
<i>Packaging</i>	Rp81.686.000.000	\$5.500.000,00
<i>Shipping</i>	Rp20.421.500.000	\$1.375.000,00
<i>Utilities</i>	Rp518.494.115.321	\$34.910.726,86
<i>Royalty & Patent</i>	Rp40.843.000.000	\$2.750.000,00
Total	Rp1.395.279.043.780	\$93.945.532,17

Tabel 6. 17 *Annual sales value (Sa)*

Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Annual Sales Value</i>	Rp2.042.150.000.000	\$137.500.000,00
Total	Rp2.042.150.000.000	\$137.500.000,00

Dengan menggunakan data yang telah didapatkan pada tabel diatas, maka akan didapatkan nilai BEP sebagai berikut.

$$\text{BEP} = 46,31\%$$

4. *Shut Down Point (SDP)*

SDP adalah titik penentuan suatu operasi pabrik atau aktivitas produksi dihentikan. Hal ini dapat terjadi jika nilai *variable cost* yang terlalu tinggi, atau faktor lainnya seperti sistem manajemen yang buruk sehingga tidak dapat menghasilkan suatu profit. Kapasitas persen minimal suatu pabrik bisa mencapai kapasitas produk dalam jangka waktu satu tahun, apabila persen yang ditentukan tidak bisa dicapai dalam waktu satu tahun maka pabrik yang sebelumnya beroperasi harus diberhentikan/ditutup sementara atau ditutup secara permanen Nilai SDP didapatkan menggunakan rumus:

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Ra = Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va = Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa = Annual Sales Value pada produksi maksimum

Maka, didapatkan nilai perhitungan SDP sebagai berikut.

$$SDP = 29,27\%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discount Cash Flow Rate of Return merupakan salah satu Cara metode yang digunakan untuk menghitung prospek suatu

pertumbuhan investasi dalam beberapa kurun waktu kedepan. Gambaran dari metode *Discount Cash Flow Rate of Return* ini jika kita sebagai seorang investor dan menginvestasikan sebagian dana, ingin mengetahui pertumbuhan berapa persen atau mungkin berapa kali lipat setelah beberapa waktu kedepan. Biasa disebut juga arus kas yang terdiskon, dikarenakan dari cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana yang akan datang untuk kemudian di potong dan bisa menghasilkan nilai pada masa terkini. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut.

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^n}{CF} = \{(1 + i)^{(n-1)} + (1 + i)^{(n-2)} + \dots + (1 + i) + 1\} + \frac{(WC + SV)}{CF}$$

Keterangan:

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut.

FCI = Rp479.716.989.495,00

WCI = Rp739.743.158.198,00

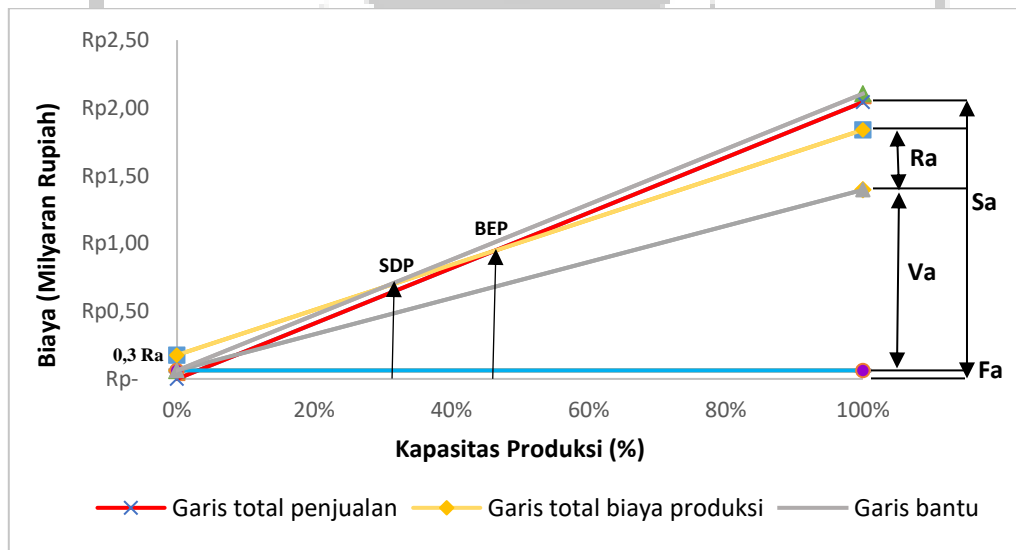
$$SV = \text{Rp}47.971.698.950,00$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah.

$$\text{DCFR} = 19,27\%$$

Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Pabrik Polyvinyl Chloride dari Vinyl Chloride Monomer dengan kapasitas 125.000 ton/tahun ini termasuk pabrik yang memiliki resiko rendah berdasarkan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, kualitas produk dan teknologi prosesnya. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil laporan ini adalah sebagai berikut.

- Berdasarkan kebutuhan impor, ekspor dan konsumsi serta membandingkannya dengan total produksi yang ada di Indonesia, didapat hasil kapasitas pabrik *Polyvinyl Chloride* sebesar 125.000 ton/tahun.
- Pabrik *Polyvinyl Chloride* didirikan berdasarkan beberapa pertimbangan, di antaranya adalah kebutuhan produk dalam negeri, mengurangi kebutuhan impor dan memberikan lapangan kerja serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- Pabrik akan didirikan di Cilegon dengan pertimbangan dekat dengan pabrik bahan baku yakni PT. Asahimas Chemical, tenaga kerja, tersedianya listrik dan air yang memadai, serta memiliki prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.

- Pabrik asetanilida didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi impor, memberi lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- Berdasarkan sifat produk dan kondisi operasinya, pabrik ini termasuk ke dalam pabrik berisiko rendah (*low risk*)
- Luas tanah yang diperlukan untuk mendirikan pabrik PVC ini adalah 13.214 m²
- Berdasarkan analisis ekonomi, didapatkan:
Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp204.490.727.710,00 sedangkan keuntungan setelah pajak adalah sebesar Rp159.502.412.386,00
- Nilai ROI sebelum pajak sebesar 42,59% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 33,22%. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia berisiko rendah harga ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sehingga sudah memenuhi syarat.
- Nilai Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 1,9 tahun dan sesudah pajak adalah 2,31 tahun. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia berisiko rendah nilai POT sebelum pajak maksimum 5 tahun.
- Diperoleh nilai Break Even Point (BEP) sebesar 46,31%. Untuk pabrik kimia di Indonesia nilai BEP sekitar 40% - 60%.
- Diperoleh nilai Shut Down Point (SDP) sebesar 29,93 % dengan standar rata-rata SDP pabrik kimia adalah sekitar 20-30%.

- Nilai Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) diperoleh sebesar 19,27%.
- Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik *Polyvinyl Chloride* dari *Vinyl Chloride Monomer* dengan kapasitas 125.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

Diperlukan adanya pemahaman konsep-konsep dasar sebelum merancang suatu pabrik kimia, sehingga dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik tersebut. Misalnya, seperti pada optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku yang digunakan agar mendapat keuntungan yang lebih besar. Penulis juga berharap ke depannya akan ada pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan dikarenakan limbah yang dihasilkan terkadang cukup berlimpah dan juga berbahaya apabila tidak diolah dengan benar sebelum dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1973. Process of Producing Polyvinyl Chloride Containing Polymers. United States. Patent 3767637.

Bank Indonesia. 2022. Suku Bunga Acuan Bank Indonesia. <http://bi.go.id/>. Diakses pada Tanggal 13 September 2022 Pukul 11:15 WIB.

Billmeyer, F.W., 1984. Textbook of polimer Science, 3rd Edition. John Willey and Sons, inc, Singapore Brandrup, J., Immergut, E.H., 1975. Polymer Handbook, 2ed. John Wiley and Sons, Inc., New York

Brown, George Granger. 1978. *Unit Operation*. New York. John Wiley and Sons. Inc.

Brownell, Llyod. E. dan Edwin H Young. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons. Inc., New York.

Carraher, Charles E. (2006). Polymer Chemistry Seventh Edition. New York: Taylor & Francis Group, LLC.

Coniwanti, P., Laila, M. R., dan Alfira. 2014. Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol. Jurnal Teknik Kimia.

Coulson, J. M. dan J. F. Richardson 1983. Chemical Engineering volume 6. Pergamon Press, New York.

Couper, J. R., W. R. Penney, J. R. Fair, dan S. M. Walas. 2005. Chemical Process Equipment: Selection and Design. Gulf Professional Publishing.

Cowd, M. A. 1991. Kimia Polimer. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Faith, Keyes dan Clark. 1975. Industrial Chemicals 4th ed. John Wiley and Sons, In., New York.

Fauzi, Fitra. 2016. Pengaruh Degradasi Termal Polivinil Klorida Terhadap Nilai Konduktivitas. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Flory, P.J., 1969. Principles of Polymer Chemistry, 7ed. Cornell University Press, London

Geankoplis, C. J. 1978. Transport Process and Unit Operations, 3rd ed, P. T. R. Prentice-Hall, Inc., United States.

Harsojuwono, Bambang admadi dan I Wayan Arnata. 2015. Teknologi Polimer Industri Pertanian. Denpasar, Bali.

Hiermeier, dkk. 2012. Process for the Production of A Polyvinyl Chloride (PVC) Resin. United States. Patent 20120095176A1.

Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. McGraw-Hill Book Company, Japan.

Khan Ansar, Malvi CS. "PVC Pipe Designer Furniture" International Journal of Polymer & Composites, Vol.4, No.2 (2016)

Kirk Othmer, 1998, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4nd ed. Vol.7.
Interscience Willey

Kirk, R. E., dan D. F. Othmer. 1963. Encyclopedia of Chemical Engineering
Technology, volume 1, 2nd edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Lizawa, dkk. 1998. Methode for Producing Polyvinyl Chloride. United States. Patent
5741874.

Makrup, Ali. 2016. Polyvinyl Chloride.

Matche. 2022. Equipment Cost. <https://www.matche.com>.

Marilina, Ari. 2010. Uji Kualitas Polyvinyl Chloride. Politeknik Negeri Bandung,
Bandung.

McCabe, W. L., J. C. Smith dan P. Harriott. 1993. Unit Operations of Chemical
Engineering volume 5. McGraw-Hill, New York.

UN Comtrade Database. 2021. Trade Statistic.

Perry, R. H. dan D. W. Green. 1984. Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th
edition. McGraw-Hill Book Co., Singapore.

Peters, M. S., dan K. D. Timmerhaus. 2004. Plant Design and Economics for Chemical
Engineers, 5th edition. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

Steven, M. P. 2001. Kimia Polimer. Jakarta: Erlangga.

Ulrich, G. D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Design and Economics. John Wiley and Sons, Inc., United States.

Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

Sumber Data:

www.alibaba.com

<https://comtrade.un.org/data>

<https://bps.go.id/publication.html?Publikasi%5BtahunJudul%5D=2019&Publikasi%5BkataKunci%5D=statistik+manufaktur&Publikasi%5BcekJudul%5D=0&yt0=Tampilkan>

<https://industri.kontan.co.id/news/produsen-pvc-lirik-pasar-ekspor--1>

<https://cci-indonesia.com/produsen-polivinil-klorida-semakin-melirik-pasar-ekspor/>

<https://pdfcoffee.com/data-perusahaan-bim-pdf-free.html#Nuzulia+Fajriningrum>

<https://www.thefreelibrary.com/Development+of+PVC+resin+industry.-a0228435011>

<https://plasticranger.com/top-10-pvc-manufactures-and-suppliers-in-the-world/>

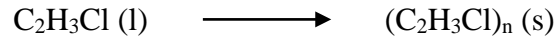
LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR ALIR TANGKI BERPENGADUK

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan senyawa C_2H_3Cl (<i>Vinyl Chloride Monomer</i>) dan bahan pendukung lainnya yakni <i>Dilauroyl Peroxide</i> , <i>Butylated Hydroxytoluene</i> , <i>Polyvinyl Alcohol</i> dan air.
Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kondisi	: Tekanan : 8 atm Suhu : 60 °C (Ali Makrup, 2016)
Konversi	: 75% (Ali Makrup, 2016)

1. Neraca Massa

Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Tabel 1. 1. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input		Output
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$		20.939,08	5.234,77
$\text{C}_{24}\text{H}_{46}\text{O}_4$	0,0293		0,0293
$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$	0,0008		0,0008
$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0,0265		0,0265
$(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$			15.704,31
H_2O	3.373,9		3.373,9
Total	24.313,03		24.313,03

2. Penentuan Kecepatan *Volumetric* (Fv)

Tabel 1. 2. Tabel Kecepatan Volumetrik (Fv)

Komponen	Density (kg/m ³)	BM (kg/kmol)	Massa	Mol	Fv	xn	xf	ρi.xf (kg/m ³)
			kg/jam	kmol/jam	m ³ /jam			
C ₂ H ₃ Cl	837,8101	62,5	20.939,08	335,0252	24,9926	6,74 x 10 ⁻¹	8,6 x 10 ⁻¹	53,83
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	910	398,6	0,0293	0,00007	0,00003	1,41 x 10 ⁻⁷	1,21 x 10 ⁻⁶	4,81 x 10 ⁻⁴
(C ₂ H ₃ Cl) _n	1290	74.800	0,0008	0,00000001	0,0000006	2 x 10 ⁻¹¹	3,21 x 10 ⁻⁸	0,0024
C ₁₅ H ₂₄ O	903,7730	220,4	0,0265	0,00012	0,00003	2,31 x 10 ⁻⁷	1,9 x 10 ⁻⁶	2,4 x 10 ⁻⁴
(C ₂ H ₃ Cl) _n	911	18.750						
H ₂ O	1063,4695	18	3.373,9	187,231	3,1725	3,59 x 10 ⁻¹	1,39 x 10 ⁻¹	2,5
Total				552,2563	28,1652	1	1	56,33

3. Menghitung Konsentrasi

- Konsentrasi C_2H_3Cl

$$F_{a0} = 335,0252 \text{ kmol/jam}$$

$$C_{a0} = \frac{F_{a0}}{F_v}$$

$$C_{a0} = 11,895 \text{ kmol/m}^3$$

4. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

Dari rumus dasar volume RATB, didapatkan:

$$k = \frac{(-\ln(1-x))}{t}$$

Dimana: $x = 0,75$

$$\tau = 4,5 \text{ jam}$$

sehingga, $k = 0,3081 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$

5. Menghitung Laju Reaksi

$$(-r_a) = k \cdot C_a$$

$$(-r_a) = k \cdot (C_{a0}(1-x))$$

$$(-r_a) = 0,9996 \text{ kmol/m}^3 \text{ jam}$$

6. Optimasi Jumlah Reaktor

Optimasi bertujuan untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor. Volume untuk reaktor seri dengan rumus:

$$V = \frac{F_v \cdot (X_{A_n} - X_{A_{01}})}{k \cdot (1-x)}$$

a. Jumlah 1 reaktor

$$V_1 = 23,0583 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

b. Jumlah 2 reaktor

$$V_1 = V_2 = 11,5295 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

c. Jumlah 3 reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = 7,6816 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

d. Jumlah 4 reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 5,7646 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

e. Jumlah 5 reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = 4,6117 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

f. Jumlah 6 reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_6 = 3,8431 \text{ m}^3$$

$$t = 0.8187 \text{ jam}$$

Tabel 1. 3. Optimasi Jumlah Reaktor Over design 20%

Jumlah Reaktor (n)	V Reaktor (m ³)	V Reaktor (gal)	Biaya (USD)	Biaya Total (USD)
1	27,67	7.309,63	\$ 522.185	\$ 522.185
2	13,8350	3.654,82	\$ 360.400	\$ 720.800
3	9,2233	2.436,54	\$ 290.700	\$ 872.100
4	6,9175	1.827,41	\$ 249.600	\$ 998.400
5	5,5340	1.461,93	\$ 221.700	\$ 1.108.500
6	4,6117	1.218,27	\$201.400	\$ 1.208.400

(Sumber: matche.com)

Hasil optimasi diatas dapat dibuatkan grafik hubungan antara jumlah reaktor (n) dengan total harga (US\$) sebagai berikut:



Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat diperoleh bahwa dipilih satu

reaktor karena dilihat dari grafik terjadi kenaikan harga, sehingga biaya yang dikeluarkan akan jauh lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan dua reaktor.

7. Menghitung Dimensi Reaktor

a. Menentukan diameter reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum $H:D < 2$. Nilai $H:D < 2$ atau $H:D$ diusahakan mendekati 1, karena jika terlalu besar/kecil maka pengadukan tidak sempurna, ada gradien konsentrasi dalam reaktor, dan distribusi panas tidak merata. Perancangan ini memilih $D:H = 1,5:1$.

$$\text{Volume reaktor} = 2.951,269 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1,5D$$

$$\text{Volume reaktor} = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,5D^3$$

$$25,0247 = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,5D^3$$

$$D = 3,1708 \text{ m}$$

Maka nilai H:

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 4.7562 \text{ m}$$

Untuk P operasi 1 atm dipilih bentuk *elliptical dished head* (Brownell and Young, Hal: 88).

$$V_{\text{dish}} = 0,000076 Ds^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,000076 \times (129,086)^3 \\ &= 163,4750 \text{ in}^3 \\ &= 0,0027 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dipilih $sf = 2 \text{ in}$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} D^2 sf$$

$$V_{\text{sf}} = 303,9976 \text{ in}^3 = 0,005 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{head}} = 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}})$$

$$V_{\text{head}} = 2 (147,8469 + 293,9841)$$

$$V_{\text{head}} = 883,6620 \text{ in}^3 = 0,0145 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 27,6853 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{bottom}} = 0,0077 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cairan}} = V_{\text{shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{cairan}} = 27,6623 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = 3,2779 \text{ m} = 10,7542 \text{ ft}$$

Menentukan Tekanan Desain

Tekanan Operasi (P_{ops})	= 8 atm	= 117,57 psi
Densitas campuran	= 918,7099 kg/m ³	= 3,9702 lb/ft ³
Tinggi cairan	= 3,2779 m	= 10,7542 ft

$$P_{Hidrostatik} = \frac{\rho g h}{gc}$$

$$= 6,4161 \text{ psi}$$

Maka,

Tekanan absolut	= tekanan operasi + tekanan hidrostatik
Tekanan absolut	= (117,57 + 6,4161) psi
Tekanan absolut	= 123,9837 psi
Tekanan design	= <i>overdesign</i> 20 % x Tekanan absolut
Tekanan design	= 1,2 x 123,9837 psi
Tekanan design	= 148,7804 psi

8. Menghitung Tebal Shell (t_s)

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell and Young, hal. 254

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(fE - 0,6 P)} + C$$

Dimana : t_s = tebal shell, in

r = jari-jari, in = 64,5430 in

f = allowable stress = 17.000 psi (*stainless steel SA-167 grade 3 type 304*)

E = joint efisiensi = 0,80

C = corrosion allowance = 0,125 in

Sehingga, dari data-data diatas dapat diperoleh tebal *shell* (t_s) = 0,8357 in. Dari tabel Brownell and Young, hal. 88 tentang tebal *shell*, dipilih t_s standart = 7/8.

OD shell = ID + 2 t_s

OD shell = 129,0860 + (2 x 0,875)

OD shell = 130,8360 in

Dari tabel 5.7 (Brownell, 1959) untuk OD standar maka diambil OD terdekat yaitu = 132 in = 3,3825 m. Sehingga diperoleh standarisasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} icr &= 8 \text{ in} \\ r &= 130 \text{ in} \\ ID &= OD - 2ts \\ ID &= 130 - 2(0,875) \\ ID &= 130,8360 \text{ in} = 3,3084 \text{ m} \\ H &= 195,375 \text{ in} = 4,9625 \text{ m} \\ V &= 2.602.137,583 \text{ in}^3 = 42,6414 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9. Menghitung Tebal Head (th)

Menentukan tebal head digunakan persamaan (Brownell & Young, hal. 138):

$$t_h = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2fE - 0,2P)} + C$$

Dimana : t_h = Tebal head, in

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 17.000 psi

E = joint efisiensi = 0,80

C = corrosion allowance = 0,125 in

$$P = P_{\text{design}} - P_{\text{lingkungan}}$$

$$P = 148,1018 \text{ psi}$$

$$OD = ID \text{ Shell} + 2 \text{ ts}$$

$$OD = 126,5840 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{P \cdot d \cdot V}{2fE - 0,2P} + c \text{ (pers 13.10 Brownell hal.256)}$$

$$V = \frac{1}{6}(2 + k^2)$$

dimana, $k = a/b$

$$a = \frac{ID}{2} \quad (\text{brownell, 1959 hal.87})$$

untuk elliptical dish, depth of dish:

$$b = \frac{ID}{4}$$

$$a = 62,417 \text{ in}$$

$$b = 31,209 \text{ in}$$

$$k = 2$$

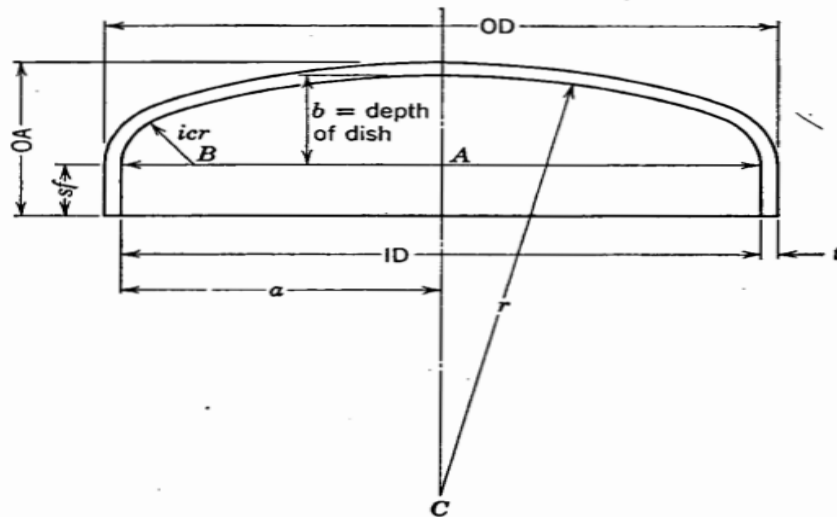
$$V = 1$$

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,8055 in. Dari tabel Brownell an Young, hal. 350 tentang tebal head ,dipilih:

$$\text{Th standart} = 7/8 \text{ in} = 0,8750 \text{ m}$$

10. Menghitung Tinggi Head (OA)

Common Types of Formed Heads and Their Selection 87



Dengan th sebesar 0,8750 in maka nilai sf adalah 1 1/2 – 4, sehingga dipilih nilai sf sebesar

3 in.

$$OA = th + b + sf$$

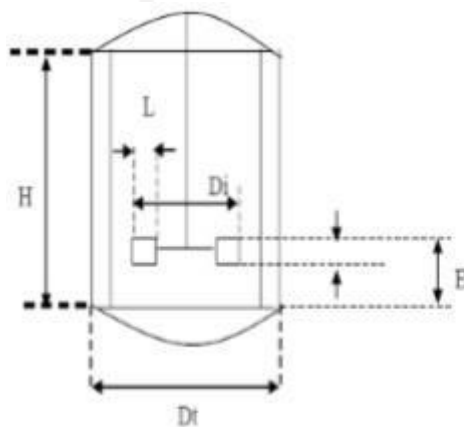
$$OA = 0,8750 \text{ in} + 32,272 \text{ in} + 3 \text{ in}$$

$$OA = 36,1465 \text{ in} = 0,9181 \text{ m}$$

$$h_{\text{reaktor}} = 2 h_{\text{head}} + h_{\text{shell}}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = (2 \times 0,9181 \text{ m}) + 4,9182 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 6,7544 \text{ m}$$



Keterangan

ID : diameter dalam pengaduk

Di : diameter pengaduk

L : panjang sudut pengaduk

W : lebar sudut pengaduk

E : jarak pengaduk dengan dasar tangki

J : lebar baffle

H : tinggi cairan

11. Menghitung Ukuran dan Lebar Pengaduk

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" hal. 507:

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = \text{ID}/3 = 1,0929 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = \text{Di} \times 3,9 = 4,2624 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = \text{Di} \times 0,25 = 0,2732 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = \text{ID} \times 0,1 = 0,1858 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = \text{Di} (0,75-1,3) = 1,4208 \text{ m}$$

$$\text{dipilih } 1,3$$

$$\text{Tinggi Cairan (ZL)} = 3,2779 \text{ m}^3$$

12. Menghitung Kecepatan Putar Pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}, WELH = Z_L \times Sg \quad 181$$

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm

D = diameter pengaduk, ft

Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m

S_g = *specific gravity*

WELH = *Water Equivalent Liquid Height*, ft

S_g (Specific Gravity) = ρ_{cairan}/ρ_{air}

S_g (Specific Gravity) = 0,9215 kg/m³

WELH = 3,2779 m x 0,9215 kg/m³

WELH = 3,0205 m = 9,9097 ft

Jumlah pengaduk = WELH/ID = 0,9212 ft = 1 buah

Maka dipakai 1 buah pengaduk, sehingga diperoleh kecepatan putar pengaduk sebesar:

N = 62,6429 rpm = 1,0440 rps

13. Menghitung Power Pengaduk (P)

Brown, Hal. 507

$$P = \frac{N_p \times N^3 \times D_i^5 \times \rho}{g_c}$$

NRe = 200.105,6697

N_p = 6

Dari Fig 9.12 McCabe hal. 250 Curved (six-blade turbine, vertical blades) didapat:

Pemilihan Curve	
Da/Dt (S1)	0,33
E/Dt (S2)	0,33
L/Di (S3)	0,25
w/Di (S4)	0,2
B/Dt (S5)	0,1
H/Dt (S6)	1,0
Didapat jumlah baffle	4
Curve	A



Sehingga didapat:

$$N_p = 6$$

$$P = 13,1084 \text{ Hp}$$

14. Menghitung daya motor

Berdasarkan fig. 14.28 Peters, hal. 521 efisiensi motor adalah 86%.

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{n}$$

$$\text{Daya motor} = 15,2423 \text{ Hp}$$

Dipilih power motor standar NEMA 20 Hp (Rase and Barrow, 1957, hal. 358)

15. Neraca Panas

Tabel 1. 4. Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₂ H ₃ Cl		1.048.940,8022	262.235,2005
C ₂₄ H ₄₆ O ₄	1,789		1,789
(C ₂ H ₄ O) _n	0,00004		0,00004
C ₁₅ H ₂₄ O	1,9538		1,9538
(C ₂ H ₃ Cl) _n			3.554,0366
H ₂ O	493.197,3302		493.197,3302
Reaksi	759.584,4193		
Pendingin			1.542.735,9843
Sub Total	1.542.141,8753	759.584,4193	2.301.726,2946
Total	2.301.726,2946		2.301.726,2946

16. Menghitung Panas Steam

$$Hv_{120^{\circ}\text{C}} = 1.160,6$$

$$Hl_{120^{\circ}\text{C}} = 208,34 \quad (\text{diperoleh dari kern, tabel 7})$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{pendingin}} &= Q_{\text{reaksi}} + Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \\ &= 759.584,4193 \text{ kJ/jam} + 1.542.141,8753 \text{ kJ/jam} \\ &\quad - 758.990,3103 \text{ kJ/jam} \\ &= 2.301.726,2949 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$m = Q/\lambda s$$

$$m = 1.542.735,9843 / 2.634,24$$

$$m = 10.541,67 \text{ kg/jam}$$

17. Menentukan Rancangan Jacket pada Reaktor

$$\text{Suhu masuk pendingin} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar pendingin} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Massa steam yang digunakan} = 10.541,67 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Volume tutup bawah (Vh)} = 0,0027 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter luar tangki} = \text{diameter dalam jaket}$$

$$Do = Dij = Di + (2 \cdot t_{\text{shell}})$$

Do : diameter luar tangki

Dij : diameter dalam jaket

Di : diameter dalam tangki = 132 in

Tshell : tebal tangki = 0,875 in

Do :

$$Di = 132 \text{ in} = 11 \text{ ft} = 3,3528 \text{ m}$$

Luas permukaan jaket, $A_j = \pi \cdot Dij \cdot HL$

$$A_j = 562,3544 \text{ ft}^2$$

Luas permukaan tutup bagian bawah, $A_h = \pi \cdot r^2$

$$A_h = 94,985 \text{ ft}^2$$

Luas permukaan dinding jaket, $A_{jw} = A_j + A_h$

$$A_{jw} = 562,3544 \text{ ft}^2 + 94,985 \text{ ft}^2$$

$$A_{jw} = 657,3394 \text{ ft}^2$$

Tinggi jaket, $H_j = H_s + H_e$

$$H_j = 18,6263 \text{ ft} = 5,6773 \text{ m}$$

Lebar jaket, $Do_j = Dij + 2 t_j$

Keterangan:

Doj = Diameter luar jaket

Dij = Diameter dalam jaket = 11 ft

Tj = Tebal jaket = 0,125 ft

$$D_{oj} = 11 \text{ ft} + (2 \times 0,125 \text{ ft})$$

$$D_{oj} = 11,25 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter equivalen jaket, } D_{ej} = \frac{D_{oj}^2 - D_{ij}^2}{D_{ij}}$$

$$D_{ej} = 0,5057 \text{ ft}$$

$$\text{Laju aliran air panas, } A = \frac{\pi(D_{oj}^2 - D_{ij}^2)}{4}$$

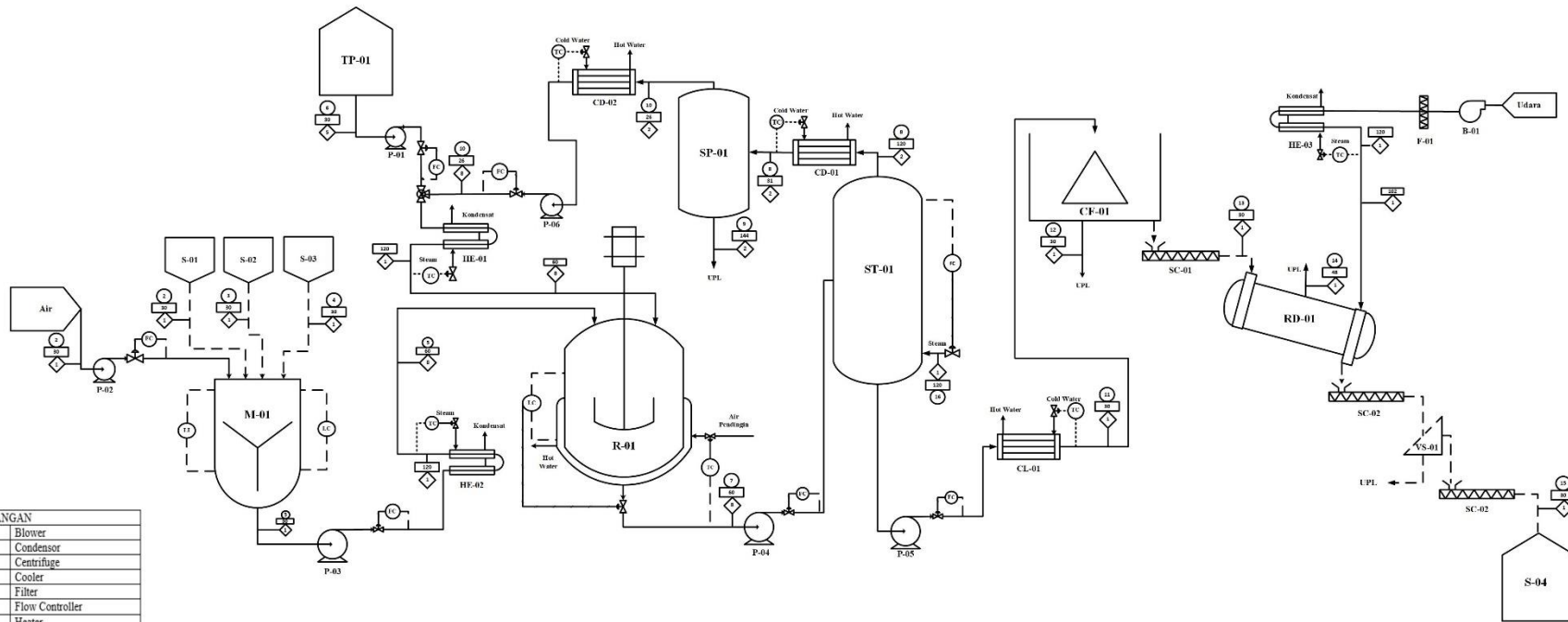
$$A = 4,3666 \text{ ft}^2$$

$$\text{Laju alir air panas perluasan luas, } G_j = m/A$$

$$G_j = 5.322,3511 \text{ lbm/jam.f}$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK POLIVINIL KLORIDA (PVC) DARI MONOMER VINIL KLORIDA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
B	Blower
CD	Condensor
CF	Centrifuge
CL	Cooler
F	Filter
FC	Flow Controller
HE	Heater
K	Kompresor
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
M	Mixer
P	Pompa
R	Reaktor
RD	Rotary Dryer
S	Silo
SC	Screw Conveyor
SP	Separator
ST	Stripping Column
T	Tangki
TC	Temperature Controller
○	Nomor Arus
□	Suhu, °C
◇	Tekanan, atm
⊠	Control Valve
⊞	Mixing Valve
—	Piping
---	Non-Piping
—/—	Udara Tekan
—/—	Aliran Listrik

No	Komponen	Nomor Arus (kg/jam)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	C ₂ H ₃ Cl						20939.076	20939.076	5198.126		5198.126	36.643	36.643				
2	C ₂ H ₄ O ₄	0.029				0.029		0.029		0.029		0.029	0.029				
3	(C ₂ H ₄ O) _n				0.001	0.001		0.001		0.001		0.001	0.001				
4	C ₁₅ H ₂₄ O			0.027		0.027				0.027		0.027	0.027				
5	(C ₂ H ₃ Cl) _n											15704.307		15704.307		15704.307	
6	H ₂ O		3373.901			3373.901		3373.901			3373.901	7485.578	826.542	748.021	78.522		
7	Steam								259.906	259.646	0.260	4938.219					5198.126
	Total	0.029	3373.901	0.027	0.001	3373.957	20939.076	24313.033	5458.032	259.646	5198.385	24053.127	7522.278	16530.849	748.021	15782.828	5198.126

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK POLYVINYL CHLORIDE
DARI VINYL CHLORIDE MONOMER
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

1. Hening Kurnia Putri 18521182
2. Safwa Eorica Junhani 18521196

Dosen Pembimbing :



1. Arif Hidayat, Dr., S.T., M.Eng.
2. Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.

LAMPIRAN C

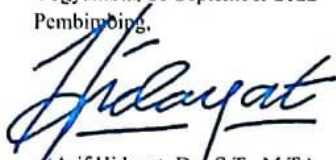
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Hening Kurnia
PutriNo. Mahasiswa 1 : 18521182
Nama Mahasiswa 2 : Safwa Eorica
JumhaniNo. Mahasiswa 2 : 18521196.
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan pabrik PVC dari VCM kapasitas 85.000
ton/tahun
Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021
Selesai Masa Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	24 Januari 2022	Diskusi terkait kapasitas pabrik dan tinjauan pustaka	<i>[Signature]</i>
2.	3 Februari 2022	Diskusi terkait diagram alir	<i>[Signature]</i>
3.	4 Februari 2022	Diskusi terkait diagram alir dan neraca massa	<i>[Signature]</i>
4.	19 April 2022	Diskusi terkait diagram alir kuantitatif	<i>[Signature]</i>
5.	22 Juni 2022	Diskusi terkait diagram alir dan neraca massa	<i>[Signature]</i>
6.	28 Juni 2022	Diskusi terkait diagram alir kuantitatif	<i>[Signature]</i>
7.	5 Juli 2022	Diskusi terkait diagram alir kuantitatif	<i>[Signature]</i>
8.	13 Juli 2022	Diskusi terkait diagram alir kuantitatif	<i>[Signature]</i>
9.	10 Agustus 2022	Diskusi terkait perancangan Reaktor dan alat pemisah	<i>[Signature]</i>
10.	18 Agustus 2022	Diskusi terkait perancangan Reaktor, alat pemisah dan alat transportasi	<i>[Signature]</i>
11.	8 September 2022	Diskusi terkait perancangan Reaktor, alat pemisah, alat transportasi dan alat penukar panas	<i>[Signature]</i>

12	16 September 2022	Diskusi terkait Utilitas	
13	20 September 2022	Penyempurnaan Naskah	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 20 September 2022
Pembimbing,


(Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.)

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

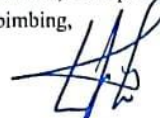
**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRA RANCANGAN PABRIK**

Nama Mahasiswa 1 : Hening Kumia Putri
 No. Mahasiswa 1 : 18521182
 Nama Mahasiswa 2 : Safwa Eorica Jumhani
 No. Mahasiswa 2 : 18521196.
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan pabrik PVC dari VCM kapasitas 125.000 ton/tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
 Selesai Masa Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	6 Januari 2022	Diskusi terkait kapasitas pabrik	/
2.	14 Januari 2022	Revisi kapasitas pabrik	/
3.	23 Januari 2022	Persetujuan kapasitas pabrik	/
4.	8 Februari 2022	Persetujuan luaran 1,2,3, dan 4	/
5.	3 Maret 2022	Diskusi terkait diagram alir	/
6.	15 Maret 2022	Diskusi terkait tinjauan termodinamika	/
7.	2 April 2022	Diskusi terkait tinjauan termodinamika	/
8.	11 Mei 2022	Diskusi terkait penentuan suhu dan tekanan pada diagram alir	/
9	21 Mei 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
10	3 Juni 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
11	17 Juni 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
12	24 Juni 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
13	1 Juli 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
14	8 Juli 2022	Diskusi terkait neraca massa dan diagram alir kuantitatif	/
15	12 Juli 2022	Diskusi terkait tinjauan termodinamika, tinjauan kinetika, dan diagram alir	/
16	25 Juli 2022	Diskusi terkait diagram alir kuantitatif	/
17	5 Agustus 2022	Diskusi terkait flash calculation dan diagram alir kuantitatif	/

18	10 Agustus 2022	Diskusi terkait Reaktor dan alat pemisah	/
----	-----------------	--	---

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 20 September 2022
Pembimbing,












(Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.)

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

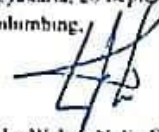
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Hening Kumia Putri
 No. Mahasiswa 1 : 18521182
 Nama Mahasiswa 2 : Safwa Eorica Jumhani
 No. Mahasiswa 2 : 18521196.
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan pabrik PVC dari VCM kapasitas 125.000 ton/tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
 Selesai Masa Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	15 Agustus 2022	Diskusi terkait Reaktor, alat pemisah, alat penukar panas dan alat transportasi	
2.	25 Agustus 2022	Diskusi terkait Reaktor, alat pemisah, alat penukar panas, tangki penyimpanan bahan dan alat transportasi	
3.	31 Agustus 2022	Diskusi terkait Reaktor, alat pemisah, alat penukar panas, tangki penyimpanan bahan, alat transportasi dan PEFD	
4.	2 September 2022	Diskusi terkait Reaktor, alat pemisah, alat penukar panas, alat transportasi dan PEFD	
5.	7 September 2022	Diskusi terkait Reaktor, alat pemisah, alat transportasi dan PEFD	
6.	8 September 2022	Diskusi terkait alat pemisah, alat transportasi, PEFD dan BAB 4	
7.	9 September 2022	Diskusi terkait tangki penyimpanan, PEFD dan BAB 4	
8	15 September 2022	Diskusi terkait Utilitas dan ekonomi	
9	19 September 2022	Diskusi terkait Utilita dan ekonomi	

10	29 September 2022	Penyempurnaan Naskah	9
----	-------------------	----------------------	---

Disetujui Draft Penulisan -
Yogyakarta, 20 September 2022
Pembimbing,



(Lucky Wahyu N. S., S. I., M. Eng.)

Catatan

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Fabrik.
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy.