

NO: TK/TA/2018/80

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NOVOLAK
RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Riantoro Raharjo

NIM : 14521062

Nama : Aditya Firnandy

NIM : 14521089

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

2018

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riantoro Raharjo
NIM : 14521062

Nama : Aditya Firnandy
NIM : 14521089

Yogyakarta, 22 Oktober 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan 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 risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Riantoro Raharjo
14521062



Aditya Firnandy
14521089

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NOVOLAK
RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN
KAPASITAS 12000 TON/TAHUN



Oleh:

Nama : Riantoro Raharjo

Nama : Aditya Firnandy

NIM : 14521062

NIM : 14521089

Yogyakarta, 27 Oktober 2018

Pembimbing I

Ir. Sukirman, M.M. C.Text.ATI

Pembimbing II

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN
FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Riantoro Raharjo

NIM : 14521062

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

Yogyakarta, Desember 2018

Tim Penguji,

Ir. Sukirman, M.M. C.text.ATI
Ketua Penguji

Prof. Ir. Zainus Salimin, Msi.
Anggota I

Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN
FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Aditya Firnandy

NIM : 14521089

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

Yogyakarta, Desember 2018

Tim Penguji,

Ir. Sukirman, M.M. C.text.ATI
Ketua Penguji

Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.
Anggota I

Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur senantiasa terucap atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya. Dengan segala pemberian-Nya itu, kita masih dapat merasakan betapa indahny hidup ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Agung Muhammad SAW. Semoga dengan senantiasanya kita bershalawat kepadanya, sehingga Beliau dapat menolong kita di akhirat kelak. Aamiin.

Alhamdulillah rabbil alamiin, penyusun ucapkan seiring dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir yang berjudul” **Prarancangan Pabrik Kimia Novolak Resin Dari Fenol dan Formaldehid Dengan Kapasitas 12.000 Ton/Tahun**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun sangat banyak dibantu oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Musiran dan Ibu Sri, selaku orang tua penyusun yang selalu memberikan *support* materil dan nonmateri kepada penyusun, serta yang selalu memberikan doa yang tak pernah terputus.
2. Bapak Supriyanto dan Ibu Susiwi, selaku orang tua dari penyusun yang selalu memberikan *support* materil dan nonmateri kepada penyusun, serta yang selalu memberikan doa yang tak pernah terputus.
3. Keluarga penyusun yang turut serta dalam memberikan support dan segala bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.
4. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Ir. Sukirman, M.M. C.Text.ATI. dan Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membagikan ilmunya kepada kami dan juga telah sabar dalam membimbing kami selama melaksanakan tugas akhir ini hingga selesai.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia dari semester 1 sampai dengan sekarang, yang telah memberikan berbagai macam pembelajaran hingga sampai pada titik ini.
9. Patner tugas akhir atas kerjasama yang baik selama ini.
10. Kakak tingkat dan alumni Teknik Kimia FTI UII yang senantiasa membagi pengalamannya kepada kami.
11. Teman-teman seangkatan yang sama-sama berjuang serta membantu untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT memberi keberkahan atas pertolongannya dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penyusun. Sebagai manusia yang tidak sempurna, penyusun memohon maaf yang apabila terdapat kesalahan dan kekhilafan di dalam laporan Tugas Akhir ini. Penyusun memohon saran dan kritikan yang dapat menjadi masukan bagi penyusun untuk membangun diri dan memperbaiki kesalahan tersebut. Demikian laporan ini penulis susun, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamu"alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, November 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Sampul.....	i
Lembar Pernyataan Keaslian.....	ii
Lembar Pengesahan Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Penguji	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xii
Abstrak	xiii
<i>Abstrack</i>	xiv
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1.1. Kapasitas Perancangan	2
1.2. Tinjauan Pustaka.....	7
1.2.1. Macam-macam Resin Fenol-Formaldehid.....	7
1.2.2. Tinjauan Kinetika	9
1.2.3. Kegunaan Produk	9
Bab II Perancangan Produk.....	10
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	10
2.2. Pengendalian Kualitas	12
2.2.1. Bahan Baku	13
2.2.2. Alat-alat Proses	13
2.2.3. Proses Produksi	13
2.2.4. Produk.....	15
Bab III Perancangan Proses.....	16
3.1. Uraian Proses.....	16
3.1.1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku	16
3.1.2. Tahap Persiapan Bahan Baku	17
3.1.3. Tahap Reaksi.....	18

3.1.4.	Tahap Penetralan	18
3.1.5.	Tahap Pemurnian Produk.....	19
3.2.	Spesifikasi Alat Proses	19
3.2.1.	Alat-Alat Penyimpanan	20
3.2.2.	Alat-Alat Proses	25
3.2.3.	Alat-Alat Perpindahan Panas	30
3.2.4.	Alat-Alat Transportasi	38
3.3.	Perencanaan Produksi	44
3.3.1.	Analisa Kebutuhan Bahan Baku	44
3.3.2.	Analisa Kebutuhan Peralatan Proses	44
Bab IV	Perancangan Pabrik	45
4.1.	Lokasi Pabrik	45
4.1.1.	Faktor Primer Pemilihan Lokasi Pabrik	45
4.1.2.	Faktor Sekunder Pemilihan Lokasi Pabrik	47
4.2.	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	48
4.3.	Tata Letak Alat Proses	52
4.4.	Alir Proses dan Material.....	55
4.4.1.	Neraca Massa	55
4.4.2.	Neraca Panas	58
4.5.	Utilitas	65
4.5.1.	Unit Penyedia Air dan Pengolahan Air	65
4.5.2.	Unit Pembangkit Steam	75
4.5.3.	Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik	75
4.5.4.	Unit Penyedia Udara Instrumen	78
4.5.5.	Unit Penyedia Bahan Bakar	78
4.5.6.	Unit Pengolahan Limbah	79
4.6.	Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja	79
4.7.	Manajemen Perusahaan.....	80
4.7.1.	Bentuk Perusahaan	80
4.7.2.	Struktur Organisasi.....	82
4.7.3.	Tugas dan Wewenang.....	86

4.7.4. Status Karyawan.....	92
4.7.5. Jabatan dan Keahlian	93
4.7.6. Pembagian Waktu Kerja	94
4.7.7. Ketenagakerjaan	96
4.7.8. Sistem Gaji Pegawai.....	97
4.7.9. Fasilitas Karyawan	98
4.8. Evaluasi Ekonomi	100
4.8.1. Penaksiran Harga Alat	101
4.8.2. Harga Alat	103
4.8.3. Dasar Perhitungan	106
4.8.4. Perhitungan Biaya	106
4.8.4.1. <i>Capital Investment</i>	106
4.8.4.2. <i>Total Production Cost</i>	107
4.8.5. Analisa Keuntungan	109
4.8.6. Analisa Kelayakan.....	109
Bab V Penutup.....	113
5.1. Kesimpulan.....	113
Daftar Pustaka	114
Lampiran	
Perhitungan Reaktor	
<i>Process Engineering Flow Diagram</i>	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor Novolak Resin	3
Tabel 1.2. Data Ekpor Novolak Resin	4
Tabel 1.3. Data Konsumsi Novolak Resin	4
Tabel 2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	11
Tabel 3.1. Spesifikasi Alat Penyimpanan	20
Tabel 3.2. Spesifikasi Alat <i>Heater</i>	30
Tabel 3.3. Spesifikasi Alat <i>Cooler</i>	34
Tabel 3.4. Spesifikasi Alat Pompa.....	38
Tabel 3.5. Kebutuhan Bahan Baku	44
Tabel 4.1. Keterangan Nama Bangunan dan Ukuran Bangunan.....	51
Tabel 4.2. Neraca Massa Total	55
Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor 1	56
Tabel 4.4. Neraca Massa Reaktor 2	56
Tabel 4.5. Neraca Massa Netralizer	57
Tabel 4.6. Neraca Massa Dekanter	57
Tabel 4.7. Neraca Massa Menara Distilasi.....	58
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Mixer</i>	58
Tabel 4.9. Neraca Panas <i>Heater</i> 1	58
Tabel 4.10. Neraca Panas <i>Heater</i> 2.....	59
Tabel 4.11. Neraca Panas <i>Heater</i> 3.....	59
Tabel 4.12. Neraca Panas <i>Heater</i> 4.....	59
Tabel 4.13. Neraca Panas <i>Cooler</i> 1.....	60
Tabel 4.14. Neraca Panas <i>Cooler</i> 2.....	60

Tabel 4.15. Neraca Panas Reaktor 1	60
Tabel 4.16. Neraca Panas Reaktor 2	61
Tabel 4.17. Neraca Panas Netralizer	61
Tabel 4.18. Neraca Panas Dekanter	61
Tabel 4.19. Neraca Panas Menara Distilasi.....	62
Tabel 4.20 Neraca Panas <i>Mixer</i>	62
Tabel 4.21. Kebutuhan <i>Steam</i>	73
Tabel 4.22. Kebutuhan Air Pendingin	74
Tabel 4.23. Kebutuhan Listrik Proses.....	76
Tabel 4.24. Keperluan Listrik Utilitas	77
Tabel 4.25. Keperluan Listrik Rumah Tangga dan Instrumentasi.....	78
Tabel 4.26. Jabatan dan Jenjang Pendidikan	93
Tabel 4.27. Waktu Kerja <i>Non Shift</i>	95
Tabel 4.28. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	95
Tabel 4.29. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	96
Tabel 4.30. Gaji karyawan	97
Tabel 4.31. Indeks Harga Alat.....	101
Tabel 4.32. Harga Alat Proses	103
Tabel 4.33. Harga Alat Utilitas.....	104
Tabel 4.34. <i>Physical Plant Cost</i>	106
Tabel 4.35. <i>Direct Plant Cost</i>	107
Tabel 4.36. <i>Fixed Capital Investment</i>	107
Tabel 4.37. <i>Working Capital</i>	107
Tabel 4.38. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	108
Tabel 4.39. <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	108

Tabel 4.40. <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	108
Tabel 4.41. <i>Manufacturing Cost</i>	108
Tabel 4.42. <i>General Expense</i>	109
Tabel 4.43. <i>Fixed Cost</i>	110
Tabel 4.44. <i>Variable Cost</i>	110
Tabel 4.45. <i>Regulated Cost</i>	110
Tabel 4.46. Analisa Kelayakan.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Impor Novolak Resin	3
Gambar 1.2. Grafik Ekspor Novolak Resin	5
Gambar 1.3. Grafik Konsumsi Novolak Resin.....	6
Gambar 3.1. Uraian Proses Produk.....	16
Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik	48
Gambar 4.2. Layout Denah Pabrik	51
Gambar 4.3 Layout Alat Proses.....	54
Gambar 4.4. Diagram Kuantitatif	63
Gambar 4.5. Diagram Kualitatif	64
Gambar 4.6. Diagram Pengolahan Air	68
Gambar 4.7. Struktur Organisasi Perusahaan.....	85
Gambar 4.8. Grafik Indeks Harga Alat	102
Gambar 4.9. Grafik BEP dan SDP.....	112

ABSTRAK

Novolak resin digunakan sebagai lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi. Kebutuhan novolak resin di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Kapasitas pabrik novolak resin ini yaitu 12.000 ton/tahun, beroperasi selama 330 hari. Pabrik direncanakan akan dibangun di Jombang, Jawa Timur dengan jumlah pekerja 154 orang. Pabrik berdiri di tanah seluas 13.991 m². Reaksi pembentukan novolak resin merupakan reaksi eksotermis yang terjadi di reaktor tangki alir berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi 95°C dan tekanan 1 atm.

Pabrik novolak resin ini membutuhkan bahan baku fenol sebanyak 1195,394 kg/jam, formaldehid sebanyak 1039,095 kg/jam serta katalis asam sulfat sebanyak 14,466 kg/jam. Kebutuhan utilitas pabrik novolak resin meliputi air sebanyak 6312,345 kg/jam, kebutuhan listrik didapat dari PLN dan generator berkapasitas 300 KW, bahan bakar solar sebanyak 238,035 L/jam, dan kebutuhan udara bertekanan sebanyak 42,99 m³/jam.

Dari analisis ekonomi, pabrik novolak resin ini membutuhkan *fixed capital investment* sebesar \$47.596.038 dan *working capital* sebesar \$15.434.254. Keuntungan sebelum pajak \$9.691.819 per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar \$7.268.865 per tahun. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 20% dan setelah pajak sebesar 15%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3,29 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 3,96 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 53% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 10%. Berdasarkan hasil analisa kelayakan ekonomi, maka pabrik novolak resin ini cukup menarik untuk didirikan.

Kata-kata Kunci: Novolak Resin, Fenol, Formaldehid, RATB

ABSTRACT

Novolac Resin is used as a lacquer, laminating of the material, wood adhesives, varnishes and decoration of wall panels. The needed for novolac resin in Indonesia had increased every year. The capacity of the novolac resin's factory was 12,000 tons / year, operating for 330 days. The factory was planned to be built in Jombang, East Java with a total of 154 workers. This factory founded in 13.991 m². The reaction of novolac resin formation was an exothermic reaction that occurs in continuous stirred tank reactors (CSTR) with an operating condition of 95°C and a pressure of 1 atm.

This novolac resin's factory requires 1195.394 kg / hour phenol raw material, 1039,095 kg / hour formaldehyde and 14.466 kg / hour sulfuric acid catalyst. The utility of novolac resin's factory, need included 4838.485 kg / hour of water, the electricity need 300 Kwh from PLN and generator, 203.339 kg / hour of diesel fuel, and 41.121 m³ / hour of compressed air.

From economic analyzed, the novolac resin factory required a large fixed capital investment of \$47,596,038 and a working capital of \$15,434,254. Pre-tax profits were \$9,691,819 per year, while post-tax profits amount to \$7,268,865 per year. This feasibility analyzed given results that "Return On Investment" (ROI) before tax was 20% and after tax was 15%. "Pay Out Time" (POT) before tax was 3.29 years while after tax was 3.96 years. "Break Even Point" (BEP) was 53% capacity, and "Shut Down Point" (SDP) was 30% capacity. "Discounted Cash Flow" (DCF) of 10%. Based on the results of the economic feasibility analysis, the novolac resin's factory was quite interesting to establish.

Keywords: Novolac Resin, Phenol, Formaldehyd, CSTR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara terbesar di dunia. Total penduduk di Indonesia merupakan ke-empat yang terbesar di dunia. Hal ini membuat Indonesia memiliki sumber daya manusia yang melimpah. Keberlimpahan penduduk Indonesia ini harus diikuti kesejahteraan masyarakatnya. Luas wilayah yang luas didukung dengan sumber daya alam dan manusia yang melimpah belum membuat Indonesia menjadi negara maju. Saat ini, Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan Industri Pertanian dan Pertambangan sebagai hal utama penunjang perekonomian. Perkembangan ekonomi dunia yang tak pasti, membuat Indonesia berusaha untuk mampu bertahan di era ini. Sebagai negara berkembang, Indonesia harus mampu bertahan dan bersaing dengan negara-negara di dunia. Untuk mampu bersaing, Indonesia banyak melakukan pembangunan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang industri.

Globalisasi yang pesat disertai dengan persaingan ekonomi yang ketat, dengan pertumbuhan penduduk yang semakin padat, membuat Indonesia bergerak kearah industri. Sektor Industri di Indonesia saat ini menghasilkan produk jadi atau setengah jadi. Pembangunan sektor industri merupakan jangka panjang rencana pembangunan nasional. Sektor industri diharapkan mampu memberikan dampak yang baik terhadap perekonomian Indonesia kedepan.

Industri kimia merupakan salah satu sektor industri yang akan dibangun. Hal ini diharapkan meningkatkan kemampuan Indonesia dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri, serta dapat memecahkan masalah lapangan kerja. Industri ini juga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia, dan meningkatkan kemampuan ekspor Indonesia sehingga dapat menambah devisa negara.

Berdasarkan proses produksinya, industri diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu industri hulu dan industri hilir. Dimana dalam pengolahannya

menjadi produk, kedua industri ini saling berkaitan. Sebagian produk dari industri hulu merupakan bahan baku dalam industri hilir. Salah satu contoh produk dari industri hulu adalah novolak resin.

Novolak resin ($C_7H_8O_2$) adalah resin yang terbentuk dari reaksi fenol dengan formaldehid. Dalam dunia industri, novolak resin dapat digunakan sebagai lak, bahan *laminating*, bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi. Kelebihan dari novolak resin itu sendiri adalah mudah dicetak, dibentuk, mudah diwarnai dan yang paling penting adalah tidak menimbulkan efek racun yang berbahaya bagi tubuh. Dengan sifat-sifat tersebut novolak resin dapat diolah kedalam berbagai bentuk seperti, lembaran, plat, batang dan lain-lain (Tobianson, 1990).

Kebutuhan akan novolak resin di Indonesia semakin meningkat seiring dengan penggunaannya di industri seperti industri mobil, industri plastik, industri perekat, industri cat dan industri-industri lainnya yang mengakibatkan kebutuhan novolak resin semakin meningkat. Biasanya digunakan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan (Prasetyanigrum, 2008).

Sebenarnya di Indonesia sendiri sudah ada yang memproduksi novolak resin, akan tetapi tidak sebanding dengan kebutuhan novolak resin. Oleh karena itu, pendirian pabrik novolak resin di Indonesia sangat penting guna memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pendirian pabrik novolak resin dapat membuka lapangan kerja baru dan menekan angka impor, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara. Selain itu juga untuk memenuhi pasar di luar negeri yang di harapkan dapat meningkatkan devisa negara.

1.1.1. Kapasitas Perancangan

Prediksi akan kapasitas pabrik yang dibangun didasarkan pada kebutuhan novolak resin yang ada di Indonesia. Data yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) meliputi data impor, ekspor, konsumsi, dan produksi. Penentuan kapasitas meliputi *demand* dan *supply*,

A. Supplay

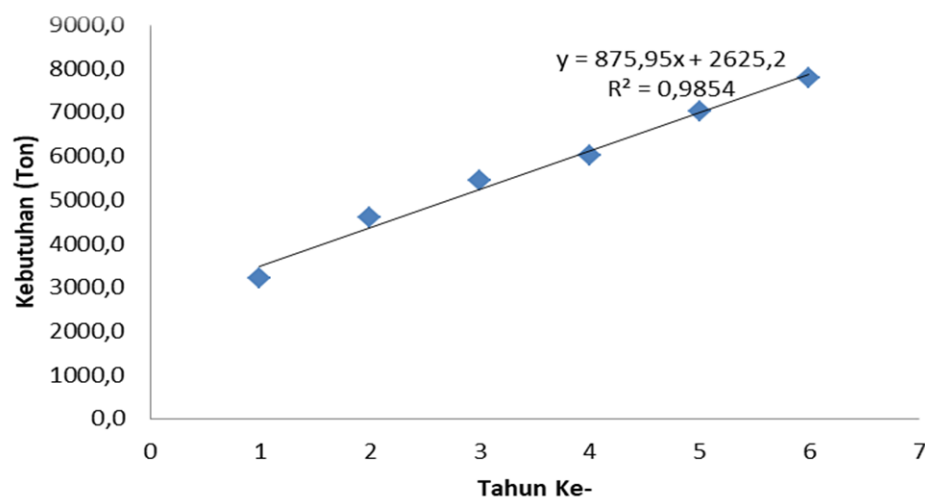
a) Impor

Tabel 1.1. Data Impor Novolak Resin

No	Tahun	Impor (Ton)
1	2012	3224,3
2	2013	4617,3
3	2014	5462,1
4	2015	6014,2
5	2016	7031,1
6	2017	7797,2

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Berdasarkan tabel diatas, dibuat grafik hubungan antara tahun impor dengan banyaknya novolak resin yang diimpor,



Gambar 1.1. Grafik Impor Novolak Resin

Dari grafik diatas berlaku suatu persamaan regresi linear, maka,

$$y = ax + b \quad (1.1)$$

$$y = 875,95x + 2625,2 \quad (1.2)$$

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2021. Prediksi impor novolak resin pada tahun ke-10 dapat dihitung sebagai berikut :

$$y = 875,95(10) + 2625,2$$

$$y = 11.384 \text{ ton}$$

Data proyeksi nilai import pada tahun 2021 sebesar 11.384 ton

b) Produksi Dalam Negeri

Produk novolak resin telah diproduksi dalam negeri oleh PT. Indoperin Jaya dengan kapasitas produksi 12000 ton/tahun dan PT. Binajaya Rodakarya 12000 ton/tahun, sehingga kapasitas produksi sebesar 24.000 ton. Asumsi hingga tahun 2021 tidak ada pabrik baru yang memproduksi novolak resin. Produksi novolak resin pada tahun 2021 bekisar diharga 24.000 ton

Berdasarkan data impor dan produksi novolak resin di Indonesia pada tahun 2021 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply* novolak resin di Indonesia, yaitu :

$$\text{Supply} = \text{Impor} + \text{Produksi} \quad (1.3)$$

$$\text{Supply} = (11.384 + 24.000)\text{ton}$$

$$\text{Supply} = 35.384 \text{ ton}$$

B. Demand

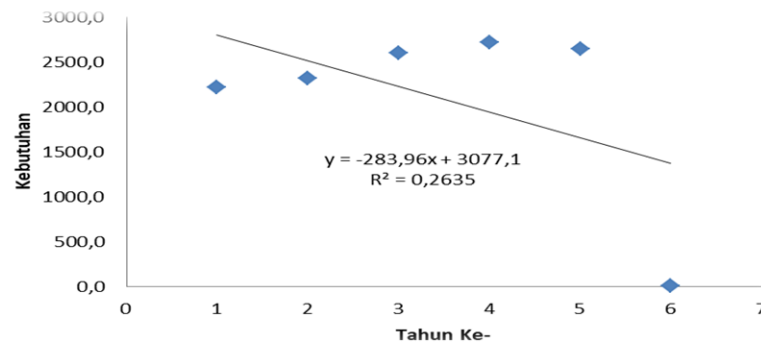
a) Ekspor

Tabel 1.2. Data Ekspor Novolak Resin

No	Tahun	Kebutuhan (Ton)
1	2012	2216,1
2	2013	2316,3
3	2014	2600,1
4	2015	2714,0
5	2016	2644,5
6	2017	8,7

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Berdasarkan tabel diatas, dibuat grafik hubungan antara tahun ekspor dengan banyaknya novolak resin yang diekspor,



Gambar 1.2. Grafik Ekspor Novolak Resin

Dari grafik diatas berlaku suatu persamaan regresi linear, maka,

$$y = ax + b$$

$$y = -283,96x + 3077,1 \quad (1.4)$$

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2021. Prediksi ekspor novolak resin pada tahun ke-10 dapat dihitung sebagai berikut :

$$y = -283,96(10) + 3077,1$$

$$y = 238 \text{ ton}$$

Data proyeksi nilai import pada tahun 2021 sebesar 238 ton

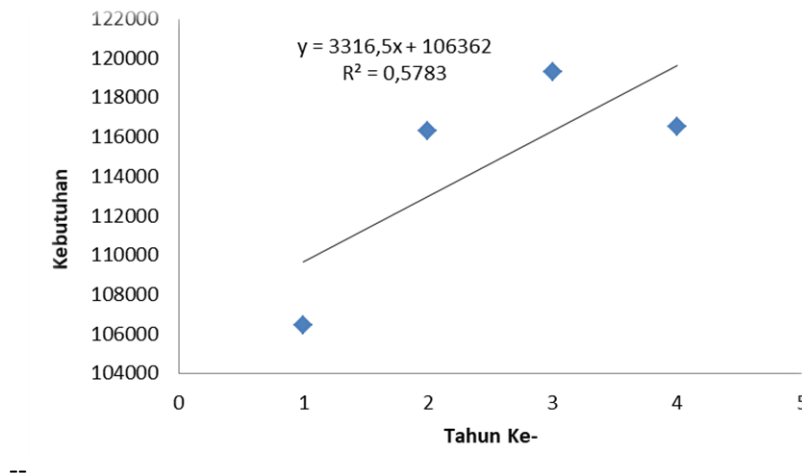
b) Konsumsi

Tabel 1.3. Data Konsumsi Novolak Resin

No	Tahun	Konsumsi (Ton)
1	2012	106460
2	2013	116323
3	2014	119311
4	2015	116519

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Berdasarkan tabel diatas, dibuat grafik hubungan antara tahun konsumsi dengan banyaknya novolak resin yang dikonsumsi,



Gambar 1.3. Grafik Konsumsi Novolak Resin

Dari grafik diatas berlaku suatu persamaan regresi linear, maka,

$$y = ax + b$$

$$y = -3316,5x + 106362 \quad (1.5)$$

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2021. Prediksi impor novolak resin pada tahun ke-10 dapat dihitung sebagai berikut :

$$y = -3316,5(10) + 106362$$

$$y = 139.527 \text{ ton}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi novolak resin di Indonesia pada tahun 2021 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai demand novolak resin di Indonesia, yaitu :

$$Demand = Ekspor + Konsumsi \quad (1.6)$$

$$Demand = (238 + 139.527) \text{ ton}$$

$$Demand = 139.765 \text{ ton}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi pada tahun 2021. Maka, peluang pasar untuk novolak resin dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$Peluang = Demand - Supply \quad (1.7)$$

$$Peluang = (139.765 - 35.384) \text{ ton}$$

Peluang = 104.381 ton

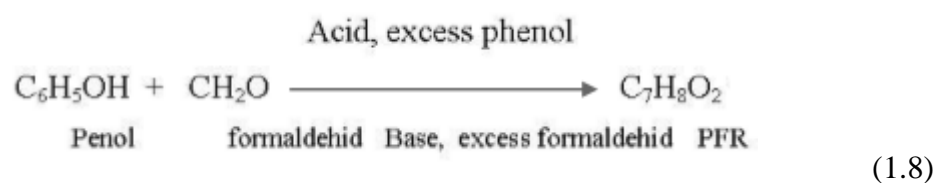
Kapasitas pabrik novolak resin yang akan didirikan diambil 11,5% dari kebutuhan di Indonesia sebesar 11,5% x 104.381 ton = 12003 ton. Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik novolak resin ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 12.000 ton/tahun. Kapasitas ini merupakan kapasitas ekonomis yang kita pilih, karena sesuai dengan kapasitas yang telah dijalankan oleh PT Indopherin Jaya dan PT. Binajaya Rodakarya masing-masing sebesar 12.000 ton/tahun.

1.2. Tinjauan Pustaka

Polimer sintesis yang pertama digunakan dalam skala komersial adalah resin fenol formaldehida. Dikembangkan pada permulaan tahun 1900-an oleh kimiawan kelahiran Belgia, Leo Backeland (Stevan, 1995).

1.2.1. Macam-Macam Resin Fenol-Formaldehid

Resin fenol formaldehid biasanya dipreparasi melalui dua metode yang berbeda. Pertama melibatkan katalis asam dengan menggunakan fenol yang berlebih terhadap formaldehid. Produknya disebut novolak resin, dan yang kedua melibatkan katalis basa dengan formaldehid yang berlebih terhadap fenol. Produk yang dibentuk disebut dengan resol (Hesse, 1991). Berikut reaksinya,



Berdasarkan jumlah perbandingan bahan baku proses pembuatan fenol-formaldehid resin serta katalis yang digunakan maka dapat dibedakan menjadi 2 macam (Pillato,2010),

A. Resol

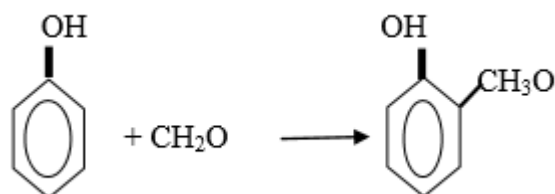
Resol dihasilkan dari reaksi antara fenol dengan formaldehid dalam suasana basa dengan jumlah formaldehid yang berlebih. Perbandingan mol untuk menghasilkan resol adalah 1:4 dengan jumlah formaldehidnya yang berlebih. Perbandingan rasio ini mempengaruhi struktur atom dan massa jenis yang

dihasilkan. Katalis yang digunakan biasanya NaOH. Reaksi berjalan di suhu tinggi dengan waktu yang lama. pH yang dicapai berkisar 10. Resol memiliki sifat larut dalam air dan tidak larut dalam air. Hal ini dipengaruhi oleh jenis katalis basa yang digunakan. Kekurangan dari resin jenis ini adalah tingginya pH dan banyaknya reaktan, sehingga waktu kering dalam penggunaan produknya semakin lama. Warna yang dihasilkan dari produk resol adalah merah kecoklatan, sehingga tidak cocok digunakan untuk diterapkan dalam aplikasi beberapa produk.

Resol, reaksinya dirumitkan dengan kecenderungan percabangan rantai dan proses gelasi. Pada proses industri bahan jadi, proses ikat silang dilakukan dengan menambahkan para-formaldehida atau hexametilen tetramin, suatu zat padat bertitik lebur tinggi (230°C) yang didapatkan melalui reaksi formaldehid dengan ammonia.

B. Novolak Resin

Proses pembuatan novolak resin dengan bahan baku fenol dan formaldehid dengan suasana asam disebut novolak resin. Perbandingan mol fenol dan formaldehid yang biasanya dipakai 1:0,85. Katalis yang biasanya digunakan dalam proses pembuatan adalah H_2SO_4 (Asam Sulfat) dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Asam Oksalat). Reaksi yang dijalankan dalam fase cair. Fenol direaksikan bersama formaldehid dalam fase cair dan ditambahkan katalis asam sulfat dengan komposisi 0,01 dari berat fenol. Reaksi yang dijalankan dalam proses pembuatan novolak resin pada suhu 95°C dan pada tekanan kostan 1 atm. Reaksi berjalan secara eksotermis yang berarti reaksi menghasilkan panas dan membutuhkan pendingin dalam menjaga suhu reaksi. Kondisi operasi harus di jaga dengan baik untuk menekan terbentuknya novolak dengan berat molekul yang rendah. (Kirk, Othmer, 1996)



1.2.2. Tinjauan Kinetika

Reaksi Pembentukan resin novolak antara fenol dan formaldehid yang memiliki perbandingan mol 1: 0,85 dengan katalis asam berupa asam sulfat merupakan reaksi orde 2. Dari eksperimen diperoleh harga kecepatan reaksi sebesar $40,680 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$. (Zavitsas, 1966)

1.2.3. Kegunaan Produk

Novolak resin digunakan pada berbagai industri dengan berbagai kegunaan seperti:

1. Sebagai solven industri cat, lak, vernis, industri plastik,
2. Sebagai bahan tambahan, senyawa solven pada cetakan,
3. Sebagai bahan *laminating*, untuk panel dinding dekorasi,
4. Sebagai bahan perekat khususnya untuk kayu lapis dan *particle board*,
5. Sebagai bahan onderdil pada mesin sebagai pengganti logam.
6. Sebagai bahan serat kaca atau *fiber glass*
7. Sebagai serat aramid *honeycomb*

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan standar dan keinginan pasar, maka perancangan pabrik novolak resin ini didasarkan pada variabel yaitu, spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk dan pengendalian kualitas.

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Spesifikasi bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan novolak resin, serta produk yang dihasilkan dapat dilihat di tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Sifat Kimia dan Fisika	Bahan Baku				Produk
	Fenol	Formaldehid	Asam Sulfat	Natrium Hidroksida	Novolak Resin
Rumus Molekul	C ₆ H ₅ OH	CH ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	C ₇ H ₈ O ₂
Berat Molekul (Kg/Mol)	94,108	30,026	98,08	40	124,14
Fasa	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair
Kemurnian	99%	37%	98%	48%	98%
Impuritas	1% H ₂ O	63% H ₂ O	2% H ₂ O	52% H ₂ O	2% C ₆ H ₅ OH
Warna	Bewarna	Tidak Bewarna	Berwarna	Bewarna	Kuning transparan
Kelarutan	8,3% dalam air	Larut dalam air	Larut dalam air	Larut dalam air	<1% larut dalam air
Titik Didih (°C)	182	98	270	143	202,8
Titik Leleh (°C)	42	-15	-35	4,4	318
Reaktivitas	- Golongan asam lemah	- Reaktif dalam suasana alkalis - Lebih reaktif dari senyawa aldehyd lain	- Golongan asam kuat - Larut dalam etil alcohol - Larut dalam air dan melepaskan panas	- Golongan basa kuat - Larut dalam air dan melepaskan panas	

2.2. Pengendalian Kualitas

Menurut G.R Terry pengendalian dapat didefinisikan sebagai proses penentuan apa yang harus dicapai yaitu standar, apa yang sedang dilakukan yaitu pelaksanaan, menilai pelaksanaan dan apabila perlu melakukan perbaikan-perbaikan sehingga pelaksanaan sesuai dengan rencana yaitu selaras dengan standar. Menurut Dr. Zulian Yamit (2010) kualitas adalah suatu yang cocok dengan selera (*fitness for use*), produk dikatakan berkualitas apabila produk tersebut mempunyai kecocokan penggunaan bagi dirinya. Maka pengendalian kualitas dapat diartikan sebagai usaha untuk mempertahankan mutu kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pimpinan perusahaan (Sofjan Assauri, 2008).

Dari pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas adalah hal yang sangat penting dalam suatu perusahaan dalam hal ini adalah industri kimia. Hal ini berkaitan dengan kualitas dan mutu dari produk yang dihasilkan oleh sebuah industri yang nantinya akan sampai ketangan konsumen. Barang yang dihasilkan jangan sampai ada kerusakan apalagi cacat yang menyebabkan konsumen kecewa.

Dari pengendalian kualitas diharapkan tidak hanya mendeteksi kerusakan produk pada suatu rangkaian proses produksi tetapi tujuan utamanya adalah dapat menekan seminimal mungkin angka kerusakan barang yang dihasilkan. Dengan dilakukannya pengendalian kualitas ini diharapkan produk akan terkendali sehingga perusahaan dapat mengetahui penyebab dari kerusakan produk dan dapat segera menyelesaikan dan meninjau ulang permasalahan yang ada sehingga dengan begitu dapat mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan dan perusahaan pun mendapat untung darinya.

Dalam dunia industri kimia, pengendalian kualitas berawal dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Demikian juga dengan pabrik novolak yang dibangun mengikuti tahap pengendalian proses tersebut. Tujuan dari pengendalian ini adalah agar novolak resin yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pasar yang ada.

2.2.1. Bahan Baku

Pengendalian kualitas terhadap bahan baku adalah tahap pertama yang harus dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan untuk proses. Pengendalian ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dan kelayakan dari bahan baku yang digunakan. Hal ini perlu dilakukan supaya produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi sehingga mampu bersaing dengan pasar. Total bahan baku harus selalu dikontrol untuk mengantisipasi kekurangan bahan baku pada proses produksi, sehingga dapat menimbulkan kerugian.

2.2.2. Alat-Alat Proses

Alat proses merupakan salah satu bagian penting yang harus selalu dikontrol. Alat proses merupakan bagian terpenting dari suatu pabrik, karena untuk menjalankan proses produksi. Pemilihan alat dan spesifikasinya ditentukan dengan cermat sesuai kebutuhan proses yang berlangsung. Alat proses dalam pabrik novolak resin terdiri dari alat utama, alat pendukung, dan unit utilitas. Apabila ada salah satu diantaranya mengalami kerusakan, maka proses produksi akan terganggu. Hal ini akan menyebabkan kerugian.

Kerusakan pada alat industri, dapat diantisipasi dengan melakukan perawatan secara berkala. Perawatan alat meliputi pemeliharaan dan pengelolaan yang tepat. Pada prinsipnya terdapat 2 jenis pemeliharaan (*maintenance*) yaitu, *preventive maintenance* dan *line maintenance*. *Preventive maintenance* adalah pengecekan kondisi pada alat-alat yang baru dibeli, sedangkan *line maintenance* adalah pengecekan kondisi alat-alat yang digunakan setiap hari untuk proses produksi. (Neti Budiwati, 2004)

2.2.3. Proses Produksi

Pengendalian proses produksi perlu dilakukan untuk mengontrol terjadinya kesalahan yang bisa terjadi kapan saja. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang terpasang di setiap alat produksi. Proses pengendalian berpusat di *control room*.

Berdasarkan konsep kerjanya pengendalian proses produksi dibagi menjadi 2 jenis yaitu pengendalian secara manual dan pengendalian secara otomatis. Untuk pengendalian secara manual tidak membutuhkan alat

instrumentasi dan instalasi yang cukup banyak, karena prosesnya dikendalikan langsung oleh operator. Namun, pengendalian ini berpotensi terjadi banyak kesalahan (*error*). Sedangkan pengendalian secara otomatis dijalankan oleh suatu *controller* yang menggantikan kerja operator (Johnson, 1997).

Pengendalian proses tidak terlepas dari penggunaan alat instrumen. Fungsi alat instrumen sebagai penunjuk (indikator), pencatat (*recorder*), pengontrol (*regulator*), dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan/diset, maka dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi *alarm*, dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *setting* semula baik secara manual maupun otomatis.

Dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang terdapat dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien, sehingga kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. Pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum, sehingga produk yang dihasilkan optimal (Perry & Green, 1999).

Variabel yang biasanya dilakukan kontrol berserta alat kontrolnya,

A. Suhu

Alat yang digunakan untuk mengendalikan suhu apabila terjadi perubahan adalah *temperature controller* (TC). Sedangkan *temperature indicator* (TI) adalah instrumen yang dapat menunjukkan suhu yang terukur pada alat.

B. Tinggi Cairan

Alat yang digunakan untuk mengendalikan ketinggian cairan apabila terjadi perubahan adalah *level controller* (LC). Sedangkan *level indicator* (LI) adalah instrumen yang dapat menunjukkan ketinggian permukaan cairan yang terukur dalam suatu alat.

C. Tekanan

Alat yang digunakan untuk mengendalikan tekanan apabila terjadi perubahan adalah *pressure controller* (PC). Sedangkan *pressure indicator* (PI)

adalah alat yang digunakan untuk mengamati tekanan yang terukur dalam suatu alat.

D. Laju alir

Alat yang digunakan untuk mengendalikan laju alir apabila terjadi perubahan adalah *flow controller* (FC). Sedangkan *flow indicator* (FI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati laju aliran dalam suatu alat.

E. Rasio

Alat yang digunakan untuk mengendalikan rasio pada refluks di menara distilasi apabila terjadi perubahan adalah *ratio controller* (RC). Sedangkan *ratio indicator* (RI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati laju rasio dalam suatu alat.

Variabel-variabel tersebut dikontrol oleh sistem control yang mengacu pada tipe atau jenis aliran tertentu. Berikut jenis-jenis tipe aliran dalam sistem control,

- A. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- B. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- C. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.2.4. Produk

Produk yang memiliki bermutu baik dan layak dipasarkan dihasilkan dari bahan baku yang berkualitas disertai dengan pengendalian terhadap proses dengan cara sistem kontrol. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

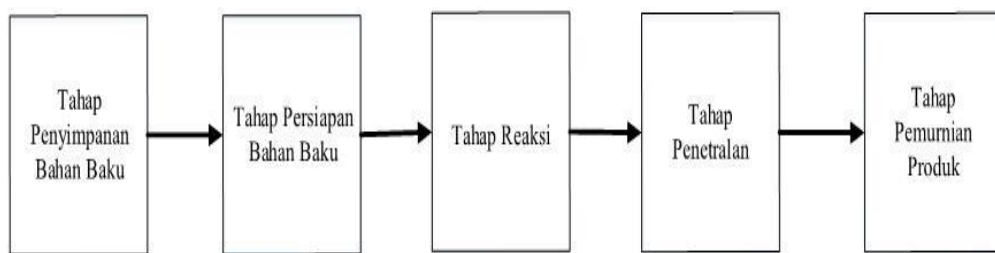
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Proses produksi novolak resin dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku
2. Tahap Persiapan Bahan Baku
3. Tahap Reaksi
4. Tahap Penetralan
5. Tahap Pemurnian Produk



Gambar 3.1. Uraian Proses Produk

3.1.1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

A. Fenol

Fenol merupakan salah satu bahan baku utama dalam pembuatan novolak resin. Fenol disimpan dalam bin bahan baku (B) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi fenol supaya tetap kondisi cair. Kemurnian fenol dijaga agar tetap 99%.

B. Formaldehid

Formaldehid bahan pendukung dalam pembuatan novolak resin. Formaldehid disimpan dalam tangki bahan baku (T-02) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi formaldehid supaya tetap kondisi cair. Kemurnian fenol dijaga agar tetap 37%.

C. Asam Sulfat

Asam Sulfat merupakan katalis dalam proses pembuatan novolak resin. Penambahan katalis bertujuan untuk mempercepat laju reaksi. Asam sulfat disimpan dalam tangki bahan baku (T-03) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi asam sulfat supaya tetap kondisi cair. Kemurnian asam sulfat dijaga agar tetap 98%.

D. Natrium Hidroksida

NaOH merupakan yang digunakan untuk di alat netralizer (N-01). Penambahan NaOH dilakukan untuk menetralkan hasil keluaran alat reaktor (R-02) supaya tidak menyebabkan korosi. NaOH disimpan dalam tangki bahan baku (T-04) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi NaOH supaya tetap kondisi cair. Kemurnian NaOH dijaga agar tetap 48%.

3.1.2. Tahap Persiapan Bahan Baku

A. Fenol

Sebelum masuk reaktor (R-01), fenol diumpankan ke *mixer* agar terlarut menjadi cair. Fenol keluar dari bin bahan baku (B) dengan suhu 30°C. Fenol di angkut dengan konveyor menuju *mixer* (M) untuk dilarutkan menjadi cair. Setelah dari *mixer*, suhu diubah menjadi 95°C dengan menggunakan *heater* (HE-01).

B. Formaldehid

Formaldehid keluar dari tangki bahan baku (T-01) dengan suhu 30°C di pompa menuju *mixer* (M) sebagai pelarut dari fenol sebelum diumpankan ke reaktor. Setelah dari *mixer*, suhu diubah menjadi 95°C dengan menggunakan *heater* (HE-01).

C. Asam Sulfat

Asam Sulfat keluar dari tangki bahan baku (T-02) dengan suhu 30°C di pompa menuju *heater* (H-02) untuk diubah suhunya menjadi 95 °C sesuai dengan kondisi operasi reaktor.

D. Natrium Hidroksida

NaOH keluar dari tangki bahan baku (T-04) dengan suhu 30°C di pompa menuju *heater* (H-04) untuk diubah suhunya menjadi 40 °C sesuai dengan kondisi operasi netralizer.

3.1.3. Tahap Reaksi

A. Reaktor

Bahan baku yang telah disiapkan kondisi operasinya, masuk ke reaktor (R-01). Rasio mol bahan baku yang masuk antara fenol dan formaldehid adalah 1 : 0,85. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki alir berpengaduk (RATB). Kondisi operasi reaktor 95°C dengan tekanan 1 atm. Tahap reaksi di reaktor berlangsung secara eksotermis. Maka, diperlukan koil pendingin untuk menjaga suhunya agar tetap konstan. Media pendingin yang digunakan adalah air pendingin. Untuk mempercepat laju reaksi, ditambahkan katalis asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1% dari total berat mol fenol yang masuk sehingga menghasilkan konversi total sebesar 96% pada dua reaktor.

Reaksi pembentukan novolak resin terjadi di dua reaktor. Reaktor memiliki volume yang sama, dengan kondisi operasi yang sama. Reaktor pertama terjadi konversi hingga 80%, sedangkan reaktor kedua terjadi reaksi hingga 96%.

3.1.4. Tahap Penetralan

A. Netralizer

Hasil keluaran reaktor (R-02) di pompa dilewatkan *cooler* (CL-01) untuk menurunkan suhu hingga 40°C disesuaikan dengan kondisi operasi netralizer (N-01). NaOH yang telah disiapkan di tahap bahan baku, di umpankan ke netralizer (N). Terjadi proses penetralan antara H_2SO_4 dengan NaOH sehingga menghasilkan Na_2SO_4 . Proses berlangsung secara spontan dengan kondisi eksotermis, sehingga diperlukan koil pendingin dengan media air sebagai pendinginnya untuk menjaga suhu dalam netralizer tetap konstan.

3.1.5. Tahap Pemurnian Produk

Proses ini berfungsi memisahkan novolak resin dari impuritis untuk mendapatkan novolak resin dengan kemurnian 98%.

A. Dekanter

Produk dari netralizer di pisahkan fraksi berat dan ringannya dengan menggunakan dekanter (DE), fraksi berat terdiri dari C_6H_5OH , $C_7H_6O_2$ sedangkan fraksi ringan C_6H_5OH , $C_7H_6O_2$, CH_2O , H_2O , Na_2SO_4 . Fraksi ringan keluar sebagai hasil bawah yang akhirnya dialirkan unit pengolahan limbah. Sedangkan, fraksi berat diumpankan menuju menara distilasi (MD).

B. Menara Distilasi

Bertujuan untuk memisahkan sebagian besar fenol dan novolak resin yang terikut dalam hasil atas dekanter (DE). Umpan masuk menara distilasi (MD) dialirkan dengan pompa (P-09) dilewatkan *heater* (HE-05) diubah supaya cairan menjadi cair jenuh. Hasil atas dari menara distilasi (MD) di *recycle* ke reaktor (R-01), sedangkan hasil bawah adalah campuran yang mengandung sebagian besar novolak resin. Kemudian hasil bawah tersebut dilewatkan *cooler* (CL-02) dan di pompa ke tangki penyimpanan produk (T-05).

3.2. Spesifikasi Alat Proses

Spesifikasi alat proses terdiri dari alat penyimpanan, alat proses, alat perpindahan panas, dan alat transportasi. Spesifikasi alat penyimpanan dapat dilihat di tabel 3.1.

3.2.1. Alat-alat Penyimpanan

A. Tangki Penyimpanan

Tabel 3.1. Spesifikasi Alat Penyimpanan

Kode	T-01	T-04
Tugas	Menyimpan bahan baku formaldehid selama 14 hari sebanyak 349.135,940 kg	Menyimpan bahan baku produk novolak resin selama 14 hari sebanyak 509.090,909 kg
Jenis	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>
Fasa	Cair	Cair
Jumlah	1	1
Kondisi Operasi		
- Suhu (°C)	30	35
- Tekanan (atm)	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>
Spesifikasi Tangki		
- Volume (m ³)	640,719	810,835

- Diameter (m)	12,195	13,720
- Tinggi total (m)	5,488	5,488
- Tebal <i>roof</i> (inchi)	0,25	0,3125
- Tebal <i>bottom</i> (inchi)	0,25	0,25
Tebal <i>Shell</i> (inchi)		
- <i>Course 1</i> (18ft)	1/4	5/16
- <i>Course 2</i> (12ft)	1/4	3/16
- <i>Course 3</i> (6ft)	3/16	3/16
Harga	\$ 515.282	\$ 600.542

Tabel 3.1. Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)

Kode	T-02	T-03
Tugas	Menyimpan bahan baku asam sulfat selama 14 hari sebanyak 4.860,73 kg	Menyimpan bahan baku natrium hidroksida selama 14 hari sebanyak 8.094,239 kg
Jenis	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>
Fasa	Cair	Cair
Jumlah	1	1
Kondisi Operasi		
- Suhu (°C)	30	30
- Tekanan (atm)	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Spesifikasi Tangki		
- Volume (m ³)	27,028	27,028
- Diameter (m)	3,049	3,049
- Tinggi total (m)	3,659	3,659
- Tebal <i>roof</i> (inchi)	0,1875	0,1875
- Tebal <i>bottom</i> (inchi)	0,25	0,25

Tebal <i>Shell</i> (inchi)		
- <i>Course</i> 1 (18ft)	3/16	3/16
- <i>Course</i> 2 (12ft)	3/16	3/16
Harga	\$ 167.244	\$ 49.236

B. Bin Penyimpan (BP)

Tugas	: Menyimpan fenol padat untuk keperluan selama 14 hari
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut
Kondisi Operasi	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Spesifikasi	:
Volume	: 452,515 m ³
Diameter	: 7 m
Tinggi	: 10,4 m
Diameter Bukaan Bawah	: 0,0418 m
Tebal Shell	: 0,4375 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>
Harga	: \$ 55200

C. Accumulator (ACC)

Tugas	: Menampung embun dari kondenser (CD)
Jenis	: Tangki <i>silinder horizontal</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi:	
Suhu	: 167,409 °C
Tekanan	: 0,8 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>
Spesifikasi Tangki	
Volume	: 0,0488 m ³
Diameter	: 0,214 m
Panjang	: 1,494 m
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 inchi
Tebal <i>Shell</i>	: 3/16 inchi
Harga	: \$ 2.371

3.2.2. Alat-Alat Proses

A. Reaktor (R-01 dan R-02)

Tugas : Tempat berlangsungnya reaksi pembuatan produk.

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB)

Kondisi Operasi

Suhu : 95°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi Reaktor

Volume Reaktor : 0,2762 m³

Diameter Reaktor : 0,661 m

Tebal *Head* : 3/16 inchi

Tebal *Shell* : 3/16 inchi

Tinggi *Head* : 0,261 m

Tinggi *Total* : 1,187 m

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Pemilihan Pengaduk

Jenis Pengaduk : *Flat Blade Turbines Impellers*

Jumlah *Blade* : 4 Buah

Jumlah *Baffle* : 6 Buah

Diameter Pengaduk : 0,220 m

Tinggi Pengaduk : 0,132 m

Lebar Pengaduk : 0,055 m

Jumlah *Impeller* : 1 Buah

Putaran Pengaduk : 190 rpm

Power Pengaduk : 2 HP

Pendingin Reaktor

Jenis Pendingin : Koil Pendingin

Panjang Koil : 2,321 m

Jumlah Lilitan Koil : 2 Lilitan

Jumlah : 2 Buah

Isolator

Jenis Isolator	: <i>Polyurethane</i>
Tebal Isolator	: 10 cm
Harga	: \$ 105.699/buah

B. Netralizer (N)

Tugas : Tempat menetralkan hasil keluaran reaktor (R-02) dengan bantuan NaOH 48%

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi :

Suhu : 40°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi Netralizer

Volume Netralizer	: 2,545 m
Diameter Netralizer	: 1,386 m
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 inchi
Tebal <i>Shell</i>	: 3/16 inchi
Tinggi <i>Head</i>	: 0,2849 m
Tinggi Total	: 1,956 m

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Pemilihan Pengaduk

Jenis Pengaduk	: <i>Flat Blade Turbines Impellers</i>
Jumlah <i>Blade</i>	: 6 Buah
Jumlah <i>Baffle</i>	: 4 Buah
Diameter Pengaduk	: 0,462 m
Tinggi Pengaduk	: 0,277 m
Lebar Pengaduk	: 0,115 m
Jumlah <i>Impeller</i>	: 1 Buah
Putaran Pengaduk	: 155 rpm
Power Pengaduk	: 5 HP

Pendingin Netralizer

Jenis Pendingin	: Koil Pendingin
Panjang Koil	: 25,687 m
Jumlah Lilitan Koil	: 8 Lilitan
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 146.014

C. Dekanter (D)

Tugas : Memisahkan keluaran netralizer menjadi fasa ringan dan fasa berat

Jenis : Horisontal Dekanter

Kondisi Operasi :

Suhu : 40°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi Dekanter :

Panjang Dekanter : 2,739 m

Diameter Dekanter : 1,108 m

Tebal *Shell* : 3/16 inchi

Tebal *Head* : 3/16 inchi

Tinggi *Head* : 0,261 m

Waktu Tinggal : 10 menit

Tinggi Pipa Pemasukan : 0,200 m

Tinggi Pipa Pengeluaran Hasil Atas : 0,361 m

Tinggi Pipa Pengeluaran Hasil Bawah : 0,537 m

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Jumlah : 1 Buah

Harga : \$ 205.074

D. Menara Distilasi (MD)

Tugas : Memurnikan produk novolak resin hingga 98%

Jenis : *Sieve Tray*

Kondisi Operasi

Umpan :

Suhu : 188,448 °C

Tekanan : 1 atm

Bottom :

Suhu : 204,241 °C

Tekanan : 1,2 atm

Puncak :

Suhu : 167,409 °C

Tekanan : 0,8 atm

Dimensi Menara Distilasi

Diameter Menara : 1,63 m

Tinggi Menara : 19,5 m

Jumlah *Plate* : 64 plate

Tebal *Shell* : 3/16 inchi

Tebal *Head* : 3/16 inchi

Dimensi *Tray*

Diameter *Tray* : 1,15 m

Hole Pitch : 13 mm

Jumlah Lubang : 6388 Lubang

Tray Spacing : 0,3 m

Tray Thickness : 3 mm

Panjang *Weir* : 0,87 m

Tinggi *Weir* : 50 mm

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Jumlah : 1 Buah

Isolator

Jenis Isolator	:	<i>Polyurethane</i>
Tebal Isolator	:	5,5 cm
Harga	:	\$ 139.060

E. Mixer

Tugas	:	Tempat mengencerkan fenol dengan formaldehid
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Kondisi Operasi	:	
Suhu	:	30°C
Tekanan	:	1 atm

Dimensi *Mixer*

Volume <i>Mixer</i>	:	137,5 m ³
Diameter <i>Mixer</i>	:	5,6 m
Tinggi	:	5,6 m
Tebal <i>Shell</i>	:	3/16 inchi
Tebal <i>Head</i>	:	3/16 inchi

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Pemilihan Pengaduk

Jenis Pengaduk	:	<i>Flat Blade Turbines Impellers</i>
Jumlah <i>Blade</i>	:	6 Buah
Jumlah <i>Baffle</i>	:	4 Buah
Diameter Pengaduk	:	1,865 m
Tinggi Pengaduk	:	1,119 m
Lebar Pengaduk	:	0,466 m
Jumlah <i>Impeller</i>	:	1 Buah
Putaran Pengaduk	:	155 rpm
Power Pengaduk	:	5 HP
Jumlah	:	1
Harga	:	\$ 1.480.059

3.2.3. Alat-alat Perpindahan Panas

A. Heater

Tabel 3.2. Spesifikasi Alat *Heater*

Kode	HE-01		HE-02	
Tugas	Menaikkan suhu keluaran mixer (M) sebelum masuk reaktor-01 (R-01)		Menaikkan suhu asam sulfat dari tangki penyimpanan (T-03) sebelum masuk reaktor-01 (R-01)	
Jenis Alat	<i>Double Pipe Exchanger</i>		<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Suhu Masuk (°C)	30			
Suhu Keluar (°C)	95			
Beban Panas (Kj/Jam)	277.617,954		1440,258	
Luas Transfer Panas (ft ²)	6,717		0,1045	
Jenis Pemanas	<i>Steam</i>		<i>Steam</i>	
Ukuran Alat	Anulus	Inner	Anulus	Inner
IPS	2 ½	1 ¼	2 ½	
OD (Inchi)	2,88	1,66	2,88	

ID (Inchi)	2,469	1,38	2,469	
Pressure Drop (psi)	0,0177	0,0317	2×10^{-5}	4×10^{-6}
Panjang Alat (ft)	12		12	
Jumlah Hairpin	1		1	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>		<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	
Harga	\$ 1.129		\$ 339	

Tabel 3.2. Spesifikasi Alat *Heater* (Lanjutan)

Kode	HE-03		HE-04	
Tugas	Menaikkan suhu natrium hidroksida 48% dari tangki penyimpanan (T-04) sebelum masuk netralizer (N)		Menaikkan suhu hasil atas dekanter (D) sebelum masuk ke menara distilasi (MD)	
Jenis Alat	<i>Double Pipe Exchanger</i>		<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Suhu Masuk (°C)	30		40	
Suhu Keluar (°C)	40		188,44	
Beban Panas (Kj/Jam)	775,736		528612,6	
Luas Transfer Panas (ft ²)	0,046		77,453	
Jenis Pemanas	<i>Steam</i>		<i>Steam</i>	
Ukuran Alat	Anulus	Inner	Anulus	Inner
- IPS	2 ½	1 ¼	2 ½	1 ¼
- OD (Inchi)	2,88	1,66	2,88	1,66
- ID (Inchi)	2,469	1,38	2,469	1,38

- Pressure Drop (psi)	5×10^{-5}	1×10^{-6}	0,0177	0,104
Panjang Alat (ft)	12		12	
Jumlah Hairpin	1		9	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	
Harga	\$ 339		\$ 4.065	

B. Cooler

Tabel 3.3. Spesifikasi Alat *Cooler*

Kode	CL-01		CL-02	
Tugas	Menurunkan suhu hasil keluaran reaktor-02 (R-02) sebelum ke netralizer (N)		Menurunkan suhu hasil bawah menara distilasi (MD) sebelum masuk ke tangki penyimpanan produk (T-05)	
Jenis Alat	<i>Double Pipe Exchanger</i>		<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Suhu Masuk (°C)	95		204,242	
Suhu Keluar (°C)	40		35	
Beban Panas (Kj/Jam)	350.835,049		542.718,92	
Luas Transfer Panas (ft ²)	139,969		125,331	
Jenis Pemanas	Air Pendingin		Air Pendingin	
Ukuran Alat	Anulus	Inner	Anulus	Inner
- IPS	2 ½	1 ¼	2 ½	1 ¼
- OD (Inchi)	2,88	1,66	2,88	1,66

- ID (Inchi)	2,469	1,38	2,469	1,38
- Pressure Drop (psi)	0,783	0,148	1,752	0,049
Panjang Alat (ft)	12		12	
Jumlah Hairpin	16		14	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>		<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	
Harga	\$ 46.300		\$ 44.493	

C. Kondenser (CD)

Tugas : Mengembunkan hasil bawah menara distilasi (MD)

Jenis Alat : *Double Pipe Exchanger*

Beban Panas : 2.592.630,876 Kj/Jam

Luas Transfer Panas : 147,537 ft²

Jenis Pemanas : Air Pendingin

Ukuran Alat

	Anulus	Inner
IPS	3	2
OD (inchi)	3,5	2,38
ID (inchi)	3,068	2,067
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,0021	7,18

Panjang Alat : 15 ft

Jumlah Hairpin : 10

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Harga : \$ 66.965

D. Reboiler (RB)

Tugas : Menguapkan hasil bawah menara distilasi (MD)

Jenis Alat : *Shell and Tube*

Suhu Masuk : 204,242 °C

Suhu Keluar : 205 °C

Beban Panas : 2635035 Kj/jam

Luas Transfer Panas : 3445,03 ft²

Jenis Pemanas : *Steam*

Ukuran Alat

	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
OD		3/4
ID	29	0,652

<i>Baffle Spacing</i>	14 ½	
<i>Passes</i>	1	2
Nt		526
BWG		18
<i>Pitch</i>		1
<i>Pressure Drop</i>	0,0035	0,0244

Panjang Alat : 20 ft

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Harga : \$ 251.374

3.2.4. Alat-alat Transportasi

A. Pompa

Tabel 3.4. Spesifikasi Alat Pompa

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04
Tugas	Mengalirkan keluaran mixer ke reaktor (R-01)	Mengalirkan formaldehid dari tangki penyimpanan (T-02) ke mixer (R-01)	Mengalirkan asam sulfat dari tangki penyimpanan (T-03) ke reaktor-01 (R-01)	Mengalirkan natrium hidroksida dari tangki penyimpanan (T-04) ke reaktor-01 (R-01)
Jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	7,116	7,214	0,051	0,127
Dimensi Pipa				
IPS	1,25	1,25	1/8	1/8
Sch No.	80	80	80	80
OD (Inchi)	1,66	1,66	0,405	0,405
ID (Inchi)	1,278	1,278	0,215	0,215
Head Pompa (m)	6,54	2,531	7,227	7,988

Effisiensi Motor	80%	80%	80%	80%
Tipe Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Motor Standart (HP)	1	1	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	2	2	2	2
Harga/buah	\$ 4.065	\$ 4.065	\$ 1.807	\$ 903

Tabel 3.4. Spesifikasi Alat Pompa (Lanjutan)

Kode	P-05	P-06	P-07
Tugas	Mengalirkan keluaran reaktor-01 (R-01) ke reaktor (R-02)	Mengalirkan keluaran reaktor-02 (R-02) ke netralizer (N)	Mengalirkan keluaran netralizer (N) ke decanter (D)
Jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	15,498	14,538	14,699

Dimensi Pipa			
- IPS	1,5	1,5	1,5
- Sch No.	80	80	80
- OD (Inchi)	1,9	1,9	1,9
- ID (Inchi)	1,5	1,5	1,5
Head Pompa (m)	2,936	3,713	1,721
Effisiensi Motor	80%	80%	80%
Tipe Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Motor Standart (HP)	1	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>
Jumlah	2	2	2
Harga/buah	\$ 7.566	\$ 7.566	\$ 7.566

Tabel 3.4. Spesifikasi Alat Pompa (Lanjutan)

Kode	P-08	P-09	P-10
Tugas	Mengalirkan hasil bawah dekanter (D) ke UPL	Mengalirkan hasil atas dekanter (D) ke menara distilasi (MD)	Mengalirkan hasil dari <i>accumulator</i> (ACC) ke refluks dan <i>recycle</i>
Jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	4,695	10,032	1,765
Dimensi Pipa			
- IPS	1	1,25	3/4
- Sch No.	80	80	80
- OD (Inchi)	1,32	1,66	1,05
- ID (Inchi)	0,957	1,278	0,742
Head Pompa (m)	3,041	17,933	2,607
Effisiensi Motor	80%	80%	80%
Tipe Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Motor Standart (HP)	1	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Stainless steel SA-167</i>	<i>Stainless steel SA-167</i>

		<i>grade 11 type 316</i>	<i>grade 11 type 316</i>
Jumlah	2	2	2
Harga/buah	\$ 2.710	\$ 6.776	\$ 4.517

B. Expansion Valve (EV)

Tugas : Mengalirkan hasil bawah menara distilasi (MD) ke tangki penyimpanan produk (T-05), sekaligus menurunkan tekanan.

Jenis : *Gate Valve*

Dimensi Pipa:

IPS	: 1,25	
Sch No	: 80	
OD	: 1,66	inchi
ID	: 1,278	inchi
Panjang	: 14,205	m
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>	
Jumlah	: 1 buah	
Harga	: \$ 582	

C. Konveyor (SC)

Tugas : Mengumpankan fenol dari bin penyimpanan ke *mixer*

Jenis : *Helicoid Flight*

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-167 grade 11 type 316*

Kapasitas : 1195,3943 kg/jam

Panjang : 3,1406 m

Diameter Screw : 0,3556 m

Kecepatan : 36 rpm

Power Motor : 1 HP

Harga : \$ 3300

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisa Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan bahan baku terhadap kebutuhan pabrik. Bahan baku fenol diperoleh dari PT Kumenindo Kridanusa, Balongan, Jawa Barat. Formaldehid dari Arjuna Kimia Utama, Surabaya, Jawa Barat. Asam sulfat dari PT Petrokimia Gresik, Gresik, Jawa Timur. Natrium Hidroksida 48% dari PT Perdana Mulia, Surabaya, Jawa Timur.

Tabel 3.5. Kebutuhan Bahan Baku

Bahan Baku	Kebutuhan(Kg/Jam)	Kebutuhan(Ton/Tahun)
Fenol	1195,394	9467,523
Formaldehid	1039,095	8229,632
Asam Sulfat	14,466	114,574
Natrium Hidroksida	24,090	190,792

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisa Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam tahap perancangan pabrik. Hal ini dikarenakan mempengaruhi kelangsungan operasi pabrik, baik produksi produk maupun distribusi produk. Pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik diharapkan dapat memberikan keuntungan yang optimum.. Lokasi yang dipilih harus memberikan biaya produksi dan distribusi yang minimum, dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik. (Peter and timmerhaus, 2003)

Perencanaan pabrik novolak resin dengan kapasitas 12.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Desa Blimbing, Kesamben, Jombang, Jawa Timur. Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut,

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer adalah faktor yang memengaruhi produksi dan distribusi dari pabrik. Faktor ini berpengaruh terhadap kelancaran dan kelangsungan pabrik. Faktor primer meliputi,

A. Penyedia Bahan Baku

Lokasi pabrik didirikan sebaiknya berada didekat dengan pabrik penyuplai bahan baku. Hal ini dikarenakan supaya dalam pengiriman bahan baku berjalan lancar dengan waktu yang efisien serta biaya yang minimum. Bahan baku dikirim melalui darat, dengan via jalan tol jalur pantai selatan.

Bahan baku utama yaitu fenol yang didapat dari PT Kumenindo Kridanusa, Balongan, Jawa Barat. Formaldehid dari PT Arjuna Kimia Utama, Surabaya, Jawa Timur. Asam sulfat dari PT Petrokimia Gresik, Gresik, Jawa Timur. Natrium Hidroksida 48% dari PT Perdana Mulia, Surabaya, Jawa Timur.

B. Pemasaran Produk

Produk novolak resin banyak dibutuhkan oleh industri kayu. Lokasi pabrik di Jombang, Jawa Timur cukup strategis karena banyak di sekitar daerah Jombang terdapat banyak sekali industri-industri kayu dan dekat dengan pelabuhan dan kawasan industri. Sehingga mempermudah pemasaran dalam negeri, dan juga luar negeri. Dalam pemasarannya, pengemasan produk dikemas dalam drum.

C. Utilitas

Utilitas sebagai unit pendukung mempunyai peranan penting dalam kelangsungan pabrik. Unit utilitas meliputi kebutuhan air dan listrik. Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air banyak digunakan sebagai media pendingin, sanitasi, *steam*, serta kebutuhan lain. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan ekonomis karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai, yaitu Sungai Brantas.

Listrik sebagai penunjang operasional kegiatan pabrik disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun untuk menjamin operasional pabrik maka pabrik memiliki generator pembangkit listrik dengan bahan bakar solar. Bahan bakar solar diperoleh dari PT Pertamina.

D. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja sangat mudah dipenuhi. Hal ini mengingat bahwa jumlah penduduk yang banyak di Indonesia. Kawasan industri merupakan tujuan sebagai tujuan para pencari kerja. Sebagian tenaga kerja diambil dari yang berpendidikan kejuruan atau menengah serta sebagian dari sarjana dan kalangan profesional. Kemampuan dan kecakapan dalam bekerja menjadi prioritas dalam perekrutan sehingga akan mendapatkan tenaga kerja yang berkualitas dan berkomitmen dengan baik.

E. Transportasi

Sarana transportasi berhubungan dengan distribusi produk serta penyediaan bahan baku. Pemilihan transportasi didasarkan pada biaya operasi yang seekonomis mungkin. Lokasi pabrik berdekatan dengan jalan tol jalur selatan, sehingga distribusi produk dan penyediaan bahan baku menjadi efisien dan cepat. Untuk pemasaran produk di daerah Jawa, bisa melalui jalan tol jalur pantai

selatan, sedangkan untuk wilayah luar Jawa atau luar negeri bisa melalui pelabuhan terdekat dengan lokasi pabrik.

Berdasarkan pertimbangan di atas, lokasi pendirian pabrik yang tepat adalah di Desa Blimbing, Kecamatan Kesamben, Jombang, Jawa Timur. Pertimbangan lain yang merupakan faktor sekunder untuk menguatkan alasan pendirian di lokasi tersebut antara lain,

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

A. Kondisi Iklim

Kondisi iklim di wilayah Jombang memiliki rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lainnya di Indonesia, Jombang memiliki iklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor jarang terjadi sehingga operasional pabrik dapat berjalan dengan baik.

B. Perluasan Area Unit

Jombang masih memiliki banyak tanah yang kosong, karena tergolong bukan daerah metropolitan, sehingga kesediaan tanah untuk perluasan pabrik masih tersedia dengan baik.

C. Peraturan Pemerintah

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 75 Tahun 2017, UMR wilayah Jombang sebesar Rp 2.264.135. UMR ini lebih terjangkau dibandingkan kawasan industri di Jawa Timur lainnya sehingga lebih ekonomis.

Menurut Perda pemerintah kabupaten Jombang nomor 21/2009 tentang tata ruang, dimana Jombang membagi wilayahnya untuk kepentingan pengembangan investasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah Kabupaten Jombang mendukung adanya investasi dalam bidang industri kimia.

D. Keadaan Masyarakat

Masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik. Hal ini karena pendirian pabrik akan membawa dampak positif bagi mereka terutama dalam bidang ekonomi. Lapangan kerja tersedia bagi masyarakat sekitar. Potensi ekonomi yang lain adalah masyarakat bisa membuka sewa rumah kos bagi karyawan serta membuka usaha kuliner di sekitar pabrik. Disamping itu, pendirian

pabrik tidak akan mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar lokasi pabrik.



Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan hal penting yang harus diperhatikan karena berhubungan dengan keselamatan pekerja dan kelancaran proses produksi. Tata letak pabrik merupakan perencanaan bagian pabrik yang meliputi tempat kerja karyawan, tempat kerja pegawai dan terhubung dengan sarana-sarana penunjang lainnya. Tujuan umum perencanaan tata letak pabrik adalah untuk memberikan kombinasi yang tepat dan optimal terhadap fasilitas produksi dan fasilitas perkantoran dalam pabrik tersebut. Perencanaan tata letak yang tepat dapat memberikan efisiensi terhadap lahan untuk pendirian pabrik dan kenyamanan karyawan.

Perencanaan untuk proses yang berbahaya diletakkan pada jarak yang aman dari bangunan. Perencanaan tata letak harus mempertimbangkan luas pabrik di masa yang akan datang.

Proses-proses yang berbahaya ditempatkan pada jarak yang aman serta jauh dari bangunan lain. Selain itu, dalam perancangan tata letak juga harus mempertimbangkan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

Untuk mendapatkan kondisi yang optimal dan efisien dalam perencanaan tata letak pabrik, maka hal-hal yang harus diperhatikan antara lain,

1. Perluasan pabrik harus disiapkan diawal, sehingga kebutuhan untuk lahan di masa yang datang bisa tercukupi.
2. Perencanaan tata letak pabrik harus memperhatikan faktor keamanan, apabila terjadi hal seperti kebakaran, ledakan, kebocoran gas atau asap beracun dapat ditanggulangi secara cepat dan tepat.
3. Sekitar pabrik ditempatkan alat-alat pengaman seperti hidran, penampung air yang cukup, alat penahan ledakan, dan alat sensor untuk gas beracun.
4. Kondisi iklim Indonesia memungkinkan untuk membuat konstruksi pabrik secara *outdoor*, Hal ini untuk menekan biaya bangunan dan gedung.
5. Efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan sarana-sarana yang tepat penting dilakukan, mengingat lahan yang terbatas.
6. Instalasi dan unit utilitas harus diperhatikan, pemasangan dan distribusi yang tepat meliputi *steam*, air, listrik, dan alat utilitas lainnya dapat membantu proses produksi dan proses perkantoran dengan baik.
7. Pabrik memperhatikan aspek sosial dan ikut menjaga lingkungan. Limbah harus diolah dengan baik agar tidak mengganggu masyarakat sekitar dan merusak lingkungan.
8. Unit proses normalnya diberi jarak 30 meter, sedangkan proses yang berbahaya diberi jarak lebih dari 30 meter.
9. Kantor administrasi dan laboratorium yang relatif banyak pekerja ditempatkan jauh dari area proses yang berpotensi bahaya.
10. Ruang kontrol ditempatkan berdekatan dengan unit proses, namun untuk proses yang cukup berbahaya ruang kontrol ditempatkan pada jarak yang aman dari unit proses.
11. Area penyimpanan utama ditempatkan antara *loading* dan *unloading* fasilitas serta unit proses yang tersedia.

Secara garis besar layout pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

1. Daerah Administrasi atau Perkantoran

Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi perusahaan untuk mengatur kelancaran operasi dan kegiatan administrasi.

2. Daerah Fasilitas Umum

Merupakan fasilitas penunjang aktivitas pabrik dalam memenuhi kepentingan karyawan.

3. Daerah Proses

Tempat yang menjadi pusatnya proses produksi. Alat-alat proses dan pengendali ditempatkan disini. Daerah ini biasanya terletak di bagian belakang daerah administrasi.

4. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses, serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah proses. Daerah ruang kontrol merupakan pusat untuk mengontrol jalannya proses sesuai kondisi yang diinginkan.

5. Daerah Pemeliharaan

Daerah pemeliharaan merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses dan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua peralatan yang dipakai dalam proses. Selain proses, daerah ini juga memperbaiki saran penunjang dalam pabrik.

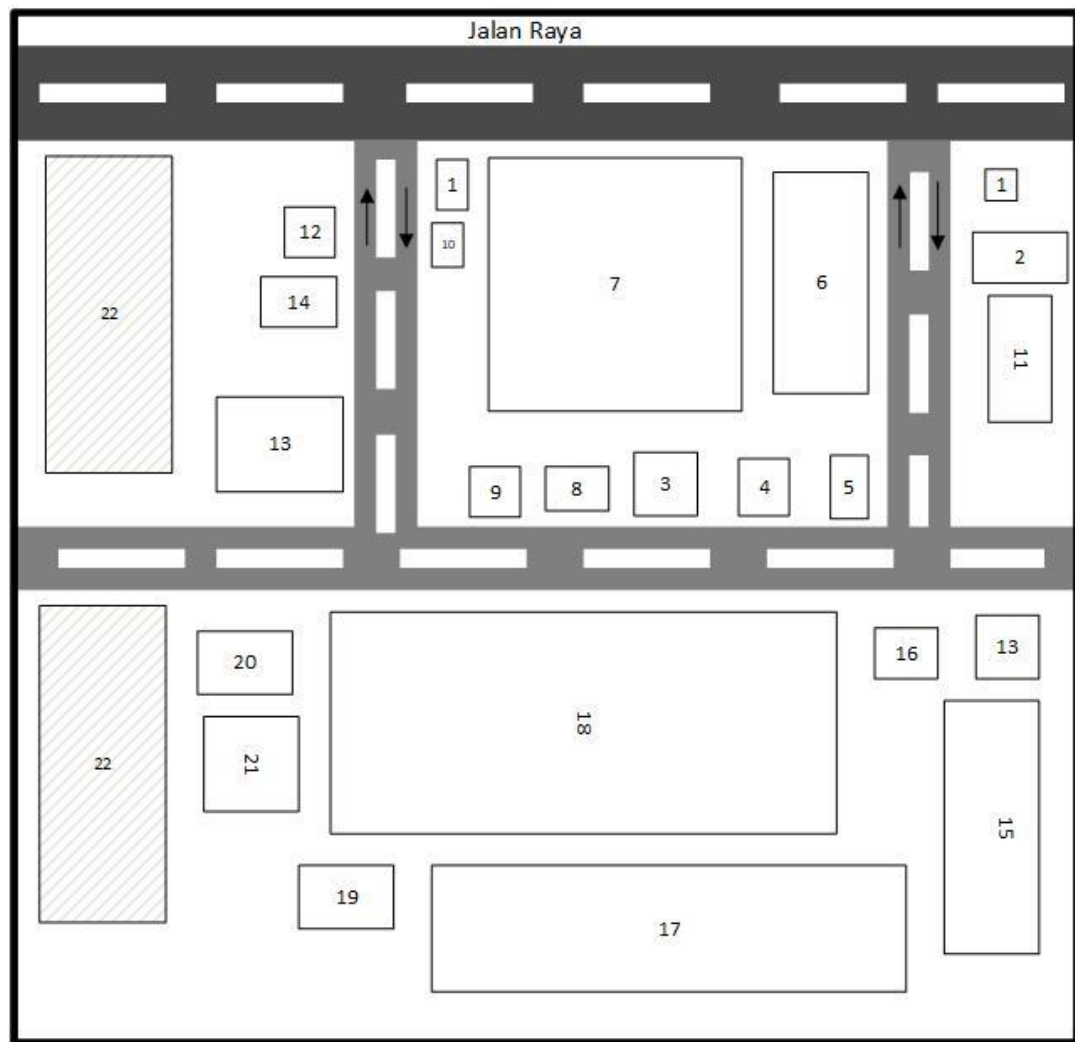
6. Daerah Utilitas

Utilitas merupakan unit pendukung dalam proses. Unit ini sebagai penyediaan air, *steam*, listrik. Tidak hanya bagi proses, tapi bagi semua bangunan di pabrik.

7. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah yang harus ada dalam industri, karena untuk meminimalisir kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah buangan pabrik yang tanpa diolah dengan baik. Hal ini dapat merugikan masyarakat sekitar.

Pendirian pabrik novolak resin ini direncanakan dibangun pada lahan dengan ukuran 13991 m². Berikut adalah rincian luas bangunan di pabrik beserta *layoutnya*,



Skala 1:1000

Gambar 4.2. *Layout Denah Pabrik*

Tabel 4.1. Keterangan Nama Bangunan dan Ukuran Bangunan

No	Nama Bangunan	p (m)	l (m)	L(m ³)
1	Pos Keamanan			65
2	Taman	15	8	120
3	Masjid	10	10	100
4	Perpustakaan	8	9	72
5	Kantin	6	10	60
6	Tempat Parkir	15	35	525
7	Kantor	40	40	1600
8	K3 dan <i>Fire</i> Hidrant	10	7	70

9	Laboratorium	8	8	64
10	Poliklinik	5	7	35
11	Mess	20	10	200
12	Ruang Timbang Truk	8	8	64
13	Parkir Truk			400
14	Bengkel	12	8	96
15	Tangki Bahan Baku	40	15	600
16	Ruang Kontrol	10	8	80
17	Daerah Utilitas	75	17	1275
18	Daerag Proses	35	80	2800
19	UPL	15	10	150
20	Gudang	15	10	150
21	Tangki Produk	15	15	225
22	Perluasan Pabrik			2000
23	Jalan			3240
Luas Bangunan				5326
Luas Tanah				13991

4.3. Tata Letak Alat Proses

Tata letak proses dibuat sesuai dengan urutan kerja dan fungsi alat. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kemudahan kerja bagi karyawan . Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan tata letak proses yang efisien antara lain,

A. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalan aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan dari segi ekonomis, dan memberikan keamanan bagi karyawan serta kelancaran produksi.

B. Aliran Udara

Jalannya aliran udara di area proses harus diperhatikan kelancarannya. Tujuannya untuk menghindari terjadinya stagnasi udara atau tidak mengalirnya udara yang berujung mengakibatkan akumulasi bahan kimia sehingga mengancam keselamatan pekerja.

C. Pencahayaan

Penerangan untuk alat proses harus memadai, terkhusus pada tempat yang berisiko tinggi diperlukan cahaya yang lebih besar pula untuk keselamatan.

D. Lalu Lintas Manusia

Dalam merencanakan *layout* alat proses untuk diperhatikan agar pekerja dapat mencapai semua alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses, pekerja dapat segera memperbaiki dengan cepat sehingga kelancaran produksi tidak terganggu.

E. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya konstruksi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Biaya konstruksi dapat diminimalisir dengan perencanaan tata letak yang memberikan jarak pendek antar pipa-pipa proses dan kebutuhan bahan konstruksi yang sedikit.

F. Lalu Lintas Alat Berat

Sebaiknya diberikan jarak yang cukup lebar antar alat proses, karena agar memudahkan seandainya ada alat berat yang digunakan untuk memperbaiki alat yang mengalami gangguan

G. Tata Letak Alat Proses

Tujuan tata letak proses dirancang dengan baik, yaitu,

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lahan
- c. Biaya material *handling* menjadi rendah dan menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk yang tidak penting.
- d. Pendistribusian utilitas yang mudah

H. Jarak Antar Alat Proses

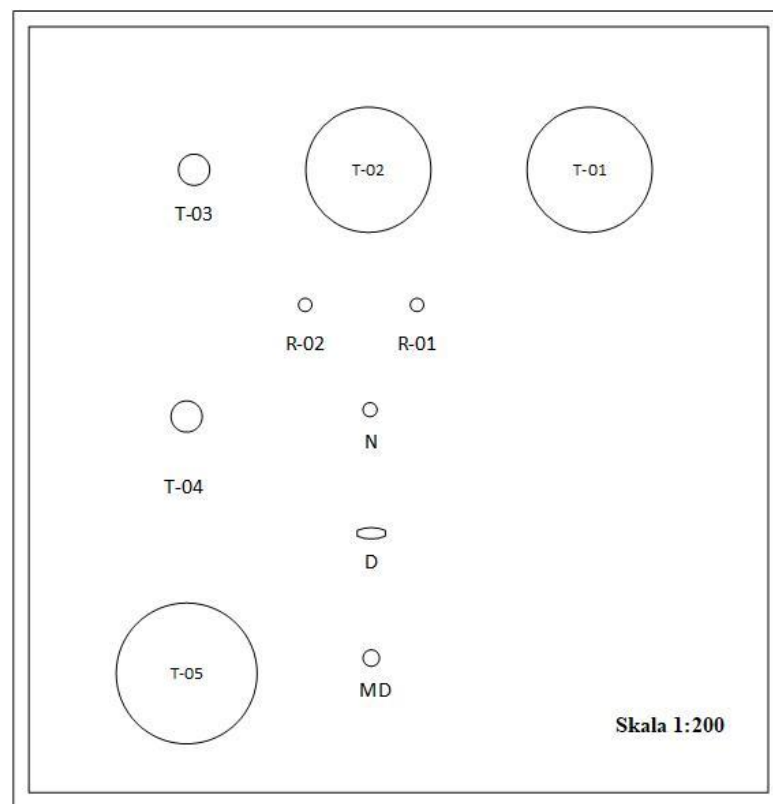
Alat proses yang suhu dan tekanan tinggi diletakkan terpisah dengan alat proses lainnya. Apabila- terjadi kebakaran atau ledakan pada alat tersebut, tidak mengganggu kinerja alat-alat proses lainnya.

I. Kemudahan Dalam Pengoperasian

Peralatan yang membutuhkan perhatian lebih dari operator harus diletakkan dekat ruang kontrol. *Valve*, tempat pengambilan sampel, dan instrumen harus diletakkan pada posisi dan ketinggian yang mudah dijangkau oleh operator.

J. Perluasan

Pabrik diharapkan memiliki perluasan wilayah yang akan datang, hal ini mengantisipasi apabila pabrik ingin memperluas produksinya, tetapi lahan tidak tersedia.



Gambar 4.3 *Layout* Alat Proses

Keterangan:

- T-01 : Tangki bahan baku fenol
- T-02 : Tangki bahan baku formalin
- T-03 : Tangki bahan baku asam sulfat
- T-04 : Tangki bahan baku natrium hidroksida
- T-05 : Tangki produk novolak resin
- R-01 : Reaktor 1

R-02 : Reaktor 2
 N : Netralizer
 D : Dekanter
 MD : Menara Distilasi

4.4. Alir Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

A. Neraca Massa Total

Tabel 4.2. Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg/Jam)				Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 6	Arus 8	Arus 10
C ₆ H ₅ OH	1183,440				21,808	4,779
CH ₂ O		384,465			15,379	
H ₂ SO ₄			14,177		15,568	
C ₇ H ₈ O ₂					684,608	1510,373
H ₂ O	11,954	654,630	0,289	12,527	20,532	
NaOH				11,563	757,894	
Na ₂ SO ₄					2538,142	
Sub Total	1195,394	1039,095	14,466	24,090	757,894	1515,152
Total	2273,046				2273,046	

B. Neraca Massa Alat

1. Neraca Massa Reaktor 1 (R-01)

Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Masuk			Keluar
	Arus 12	Arus 11	Arus 3	Arus 4
C ₆ H ₅ OH	1183,440	234,273		453,668
CH ₂ O	384,465			76,893
H ₂ SO ₄			14,177	14,177
C ₇ H ₈ O ₂		30,824		1302,441
H ₂ O	666,584		0,289	666,873
Sub Total	2234,489	265,096	14,466	2514,052
Total	2514,052			2514,052

2. Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)

Tabel 4.4. Neraca Massa Reaktor 2

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Arus 4	Arus 5
C ₆ H ₅ OH	453,668	260,859
CH ₂ O	76,893	15,379
H ₂ SO ₄	14,177	14,177
C ₇ H ₈ O ₂	1302,441	1556,764
H ₂ O	666,873	666,873
Total	2514,052	2514,052

3. Neraca Massa Netralizer (N)

Tabel 4.5. Neraca Massa Netralizer

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₆ H ₅ OH	260,859		260,859
CH ₂ O	15,379		15,379
H ₂ SO ₄	14,177		
C ₇ H ₈ O ₂	1556,764	12,527	1556,764
H ₂ O	666,873	11,563	684,608
NaOH			
Na ₂ SO ₄			20,532
Sub Total	2514,052	24,090	2538,142
Total	2538,142		2538,142

4. Neraca Massa Dekanter (D)

Tabel 4.6. Neraca Massa Dekanter

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C ₆ H ₅ OH	260,859	21,808	239,051
CH ₂ O	15,379	15,379	
C ₇ H ₈ O ₂	1556,764	15,568	1541,196
H ₂ O	684,608	684,608	
Na ₂ SO ₄	20,532	20,532	
Sub Total	2538,142	757,894	1780,248
Total	2538,142	2538,142	

5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD)

Tabel 4.7. Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C ₆ H ₅ OH	239,051	4,779	234,273
C ₇ H ₈ O ₂	1541,196	1510,373	30,824
Sub Total	1780,248	1515,152	265,096
Total	1780,248	1780,248	

6. Neraca Massa *Mixer* (M)Tabel 4.8. Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Masuk		Keluar
	Arus 1	Arus 2	Arus 12
C ₆ H ₅ OH	1183,440		1183,440
CH ₂ O		384,465	384,465
H ₂ O	11,954	654,630	666,584
Sub Total	1195,394	1039,095	2234,489
Total	2234,489		2234,489

4.4.2. Neraca Panas

1. Neraca Panas *Heater* 1 (HE-01)Tabel 4.9. Neraca Panas *Heater* 2

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q _{in}	229388,234	
Q _{out}		548484,352
ΔH Pemanas	319096,119	
Total	548484,352	548484,352

2. Neraca Panas *Heater 2* (HE-02)Tabel 4.10. Neraca Panas *Heater 3*

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	107,458	
Qout		1547,716
ΔH Pemanas	1440,258	
Total	1547,716	1547,716

3. Neraca Panas *Heater 3* (HE-03)Tabel 4.11. Neraca Panas *Heater 4*

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	388,412	
Qout		1164,148
ΔH Pemanas	775,736	
Total	1164,148	1164,148

4. Neraca Panas *Heater 4* (HE-04)Tabel 4.12. Neraca Panas *Heater 5*

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	50089,222	
Qout		578701,829
ΔH Pemanas	528612,607	
Total	578701,829	578701,829

5. Neraca Panas *Cooler* 1 (CL-01)Tabel 4.13. Neraca Panas *Cooler* 1

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q _{in}	444976,983	
Q _{out}		94141,934
ΔH Pendingin		350835,049
Total	444976,983	444976,983

6. Neraca Panas *Cooler* 2 (CL-02)Tabel 4.14. Neraca Panas *Cooler* 2

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q _{in}	571144,101	
Q _{out}		28425,180
ΔH Pendingin		542718,920
Total	571144,101	571144,101

7. Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)

Tabel 4.15. Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q _{in}	490138,615	
Q _{out}		452321,639
Q _{reaksi}	413867,436	
ΔH Pendingin		451684,412
Total	904006,051	904006,051

8. Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)

Tabel 4.16. Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	452321,639	
Qout		444976,983
Qreaksi	82773,487	
ΔH Pendingin		90118,144
Total	535095,127	535095,127

9. Neraca Panas Netralizer (N)

Tabel 4.17. Neraca Panas Netralizer

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	95306,083	
Qout		95238,401
Qreaksi	56273,285	
ΔH Pendingin		56340,967
Total	151579,368	151579,368

10. Neraca Panas Dekanter (D)

Tabel 4.18. Neraca Panas Dekanter

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	95238,401	
Qout(atas)		50089,222
Qout(bawah)		45149,179
Total	95238,401	95238,401

11. Neraca Panas Menara Distilasi (MD)

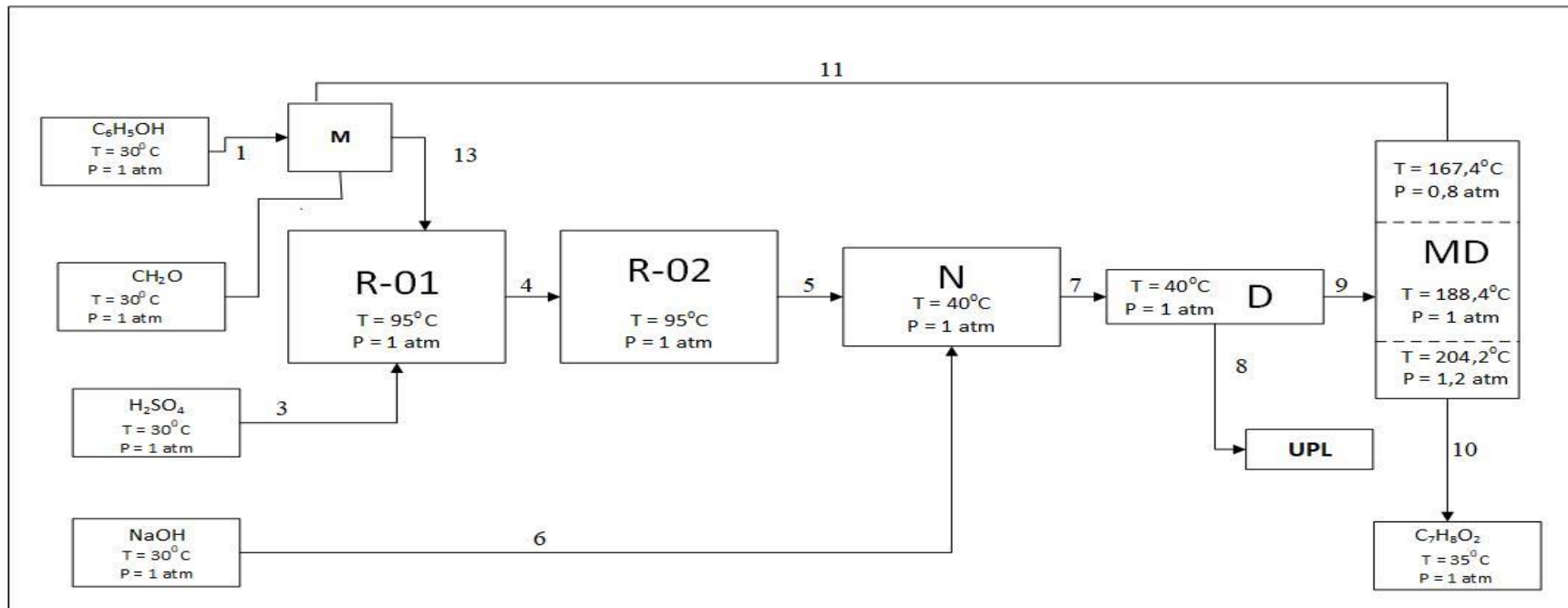
Tabel 4.19. Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	578507,593	
Qout(atas)		68984,666
Qout(bawah)		551927,050
Qkondenser		2592630,876
Qreboiler	2635034,999	
Total	3213542,592	3213542,592

12. Neraca Panas Mixer

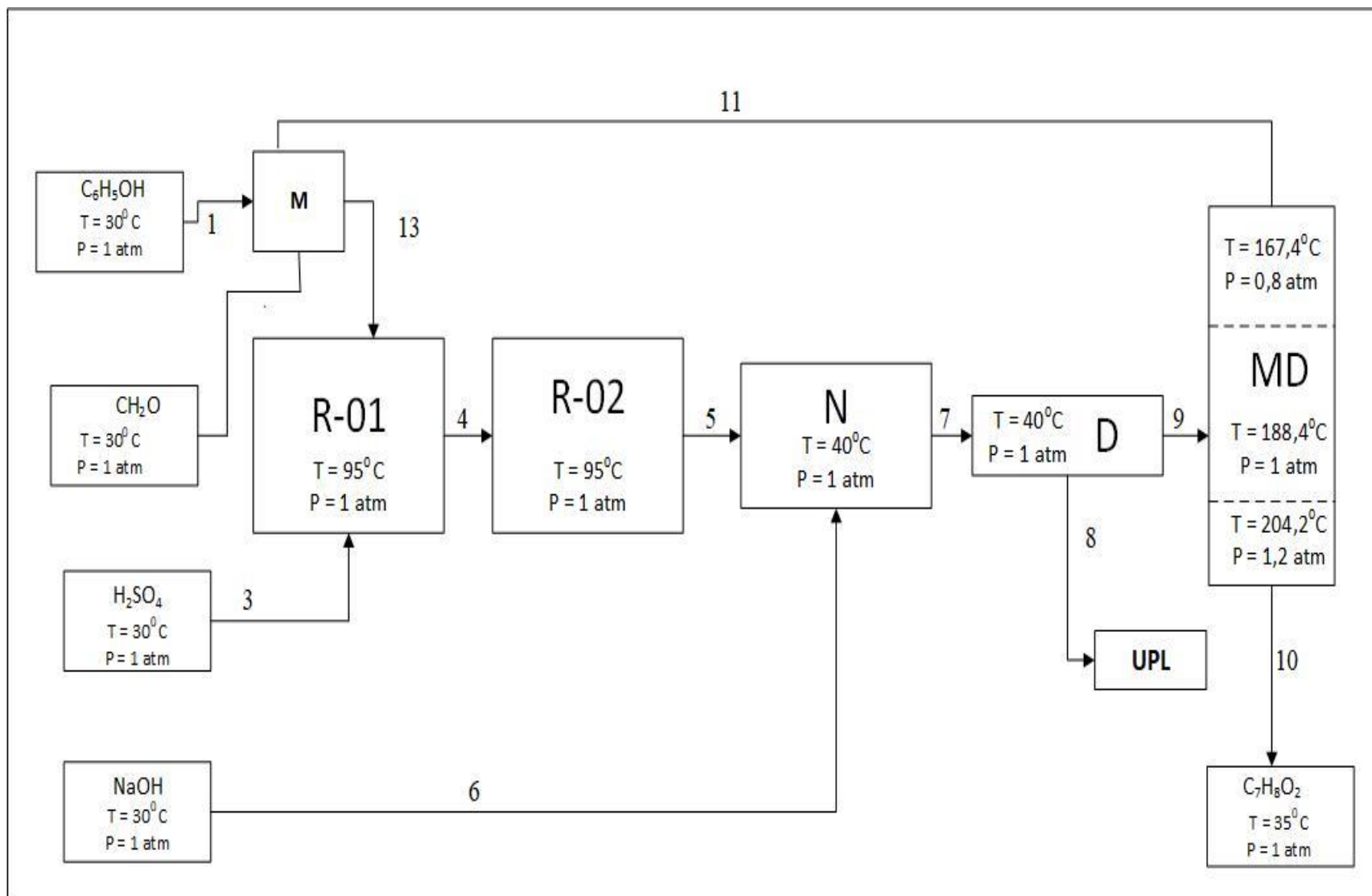
Tabel 4.20. Neraca Panas *Mixer*

Komponen	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Qin	516092,758	
Qout		516092,758
Total	516092,758	516092,758



Komponen	Arus (Kg/Jam)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C ₆ H ₅ OH	1183,440			453,668	260,859		260,859	21,808	239,051	4,779	234,273	1183,440	1417,713
CH ₂ O		384,465		76,893	15,379		15,379	15,379				384,465	384,465
H ₂ SO ₄			14,177	14,177	14,177								
C ₇ H ₈ O ₂				1302,441	1556,764		1556,764	15,568	1541,196	1510,373	30,824		30,824
H ₂ O	11,954	654,630	0,289	666,873	666,873	12,527	684,608	684,608				666,584	666,584
NaOH						11,563							
Na ₂ SO ₄							20,532	20,532					
Total	1195,394	1039,095	14,466	2514,052	2514,052	24,090	2538,142	757,894	1780,248	1515,152	265,096	2234,489	2499,586

Gambar 4.4. Diagram Kuantitatif



Gambar 4.5. Diagram Kualitatif

4.5. Utilitas

Unit utilitas merupakan unit yang sangat penting bagi industri. Unit ini merupakan penunjang dan pendukung dari proses produksi. Proses produksi tidak berjalan dengan baik tanpa adanya unit utilitas. Sarana lain dari pabrik juga memerlukan peranan unit utilitas. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Unit-unit utilitas yang harus ada dalam pabrik antara lain:

1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik (*Power Plant and Power Distribution System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah

4.5.1. Unit Penyedia Air dan Pengolahan Air

A. Unit Penyedia Air

Tugas dari unit ini untuk menyediakan air guna memenuhi kebutuhan proses maupun rumah tangga. Air yang digunakan bisa diambil dari air sungai, sumur, waduk, danau, dan laut. Dalam perancangan pabrik novolak resin ini menggunakan air sungai sebagai sumber air. Air diambil dari sungai Brantas yang dekat dengan lokasi. Alasan menggunakan air sungai sebagai penyedia air dalam pabrik adalah,

1. Air sungai memiliki jumlah yang banyak, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari,
2. Letak lokasi pabrik yang dekat dengan sungai,
3. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biayanya lebih murah dibandingkan dengan menggunakan air laut.

Air dalam unit utilitas ini digunakan dalam lingkungan pabrik sebagai,

1. Air pendingin

Ada beberapa faktor yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin, yaitu,

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar.
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- c. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.
- d. Tidak mengalami penyusutan yang berarti dalam batasan dengan adanya temperatur pendinginan.

2. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* dan untuk kelangsungan proses. Meskipun terlihat jernih, tetapi pada umumnya air masih mengandung larutan garam dan asam. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan- larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 , O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*Scale Forming*)

Kerak terbentuk karena adanya kesadahan dan paparan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam silikat dan karbonat. Kerak tersebut menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat dan apabila kerak tersebut pecah dapat menimbulkan kebocoran.

c. Kandungan senyawa yang menyebabkan pembusaan (*Foaming*)

Pembusaan dapat terjadi karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat tidak larut dalam jumlah yang besar dan pada alkalinitas tinggi.

3. Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang diperlukan untuk keperluan rumah tangga, seperti perumahan, kantor, laboratorium, masjid. Air sanitasi ini berhubungan langsung dengan karyawan sehingga air sanitasi harus memenuhi kriteria tertentu, yaitu:

a. Syarat Fisika

- 1) Suhu dibawah suhu udara luar
- 2) Air tidak berwarna
- 3) Tidak memiliki rasa
- 4) Tidak berbau
- 5) pH = 7

b. Syarat Kimia

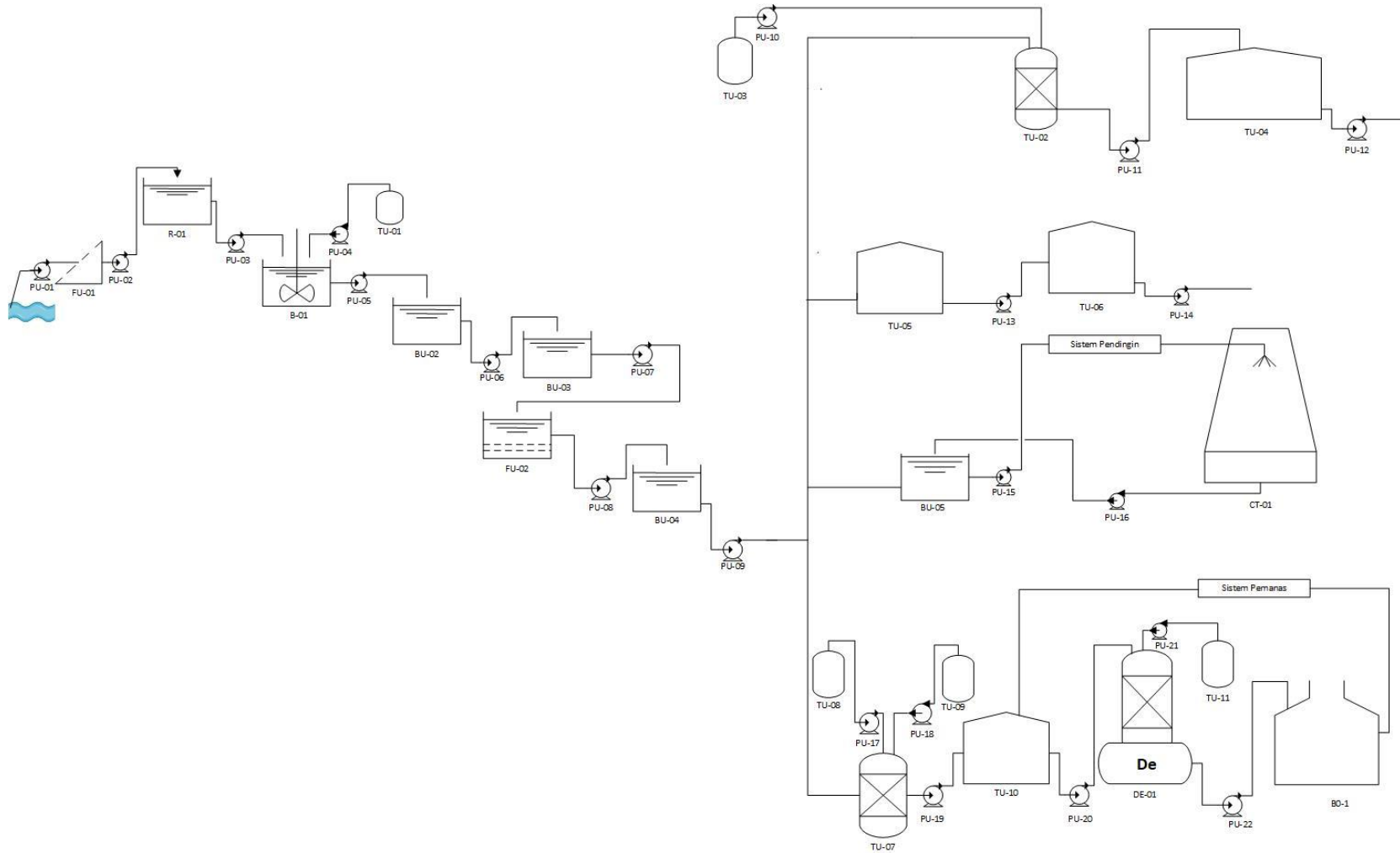
- 1) Tidak mengandung zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air
- 2) Tidak beracun

c. Syarat Bakteriologi

- 1) Tidak mengandung bakteri-bakteri terutama bakteri yang dapat merugikan manusia.

B. Unit Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air dalam pabrik novolak resin, air diambil dari Sungai Brantas yang terletak di dekat lokasi pabrik didirikan. Berikut ini proses pengolahan air dalam unit utilitas,



Gambar 4.6. Diagram Pengolahan Air

Keterangan alat:

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screen*
3. R-01 : *Reservoir*
4. BU-01 : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap I
7. BU-03 : Bak Pengendap II
8. FU-02 : *Sand Filter*
9. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
10. TU-02 : Tangki Klorinasi
11. TU-03 : Tangki Kaporit
12. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. BU-05 : Bak *Cooling Water*
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. TU-07 : *Mixed-Bed*
18. TU-08 : Tangki NaOH
19. TU-09 : Tangki H₂SO₄
20. TU-10 : Tangki Air Demin
21. TU-11 : Tangki N₂H₄
22. DE-01 : Deaerator
23. BO-01 : *Boiler*

Tahapan-tahapan proses pengolahan air adalah sebagai berikut,

1. Penghisapan

Air dari sungai diambil dengan menggunakan pompa kemudian dialirkan menuju *screening*.

2. *Screening*

Pada bagian ini, air yang berasal dari sungai mengalami proses penyaringan atau pembersihan dari kotoran-kotoran yang terikut. Partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air, maka sisi isap pompa di pasang saringan (*screen*) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila *screen* kotor.

3. Bak Penampung (*Reservoir*)

Air yang dari *screen*, ditampung di *reservoir* untuk mengendapkan lumpur dan kotoran lain.

4. Koagulasi

Koagulasi adalah proses penggumpalan akibat adanya tambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Bahan koagulan yang biasa digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Agar proses memperoleh sifat alkalis guna untuk mengefektifkan proses flokulasi, maka sering ditambahkan kapur dalam air. Selain itu, kapur juga berfungsi mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

5. Bak Pengendap 1 dan 2

Proses *treatment* pada air selanjutnya adalah mengendapkan sisa lumpur yang belum mengendap dari bak koagulasi. Air diendapkan ke bak 1 dilanjutkan diendapkan di bak 2. Sehingga, air akan benar-benar bersih dari lumpur dan kotoran.

6. Filtrasi

Air yang sudah diendapkan dari bak 1 dan 2, di lewatkan ke *sand filter* untuk menyaring butir-butir pasir yang masih ada dalam air.

7. Bak Penampung Air Bersih

Air dari proses filtrasi merupakan air bersih, ditampung di bak penampung air bersih. Air ini siap untuk digunakan sebagai air pendingin dan air layanan (*service*

water). Air untuk keperluan sanitasi atau domestik perlu di desinfektan dan air untuk *steam* perlu di demineralisasi.

8. Tangki Klorinasi

Air ini digunakan untuk keperluan sehari-hari. Air dalam bak penampung sementara ditambahkan kaporit (CaOCl_2) untuk membunuh kuman. Kemudian air dialirkan ke bak penampung untuk kebutuhan kantor dan rumah tangga. Air dalam bak ini sudah dapat langsung digunakan untuk keperluan sehari-hari.

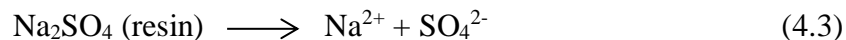
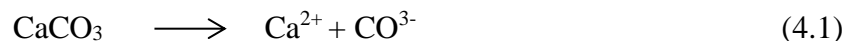
9. Demineralisasi

Demineralisasi perlu dilakukan karena dapat mencegah timbulnya kerak dan korosi pada ketel uap (*boiler*) maupun *heat exchanger*. Pada unit ini terjadi penghilangan kandungan mineral-mineral dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- dengan bantuan resin. Air yang dihasilkan berupa air bebas mineral yang sebagian diproses lebih lanjut menjadi air umpan *boiler*.

Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

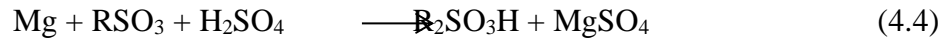
a. *Cation Exchanger*

Air diumpankan ke *cation exchanger* yang berfungsi untuk menukar ion-ion positif/kation (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+}) menjadi anion dan ion H^+ . Alat ini sering disebut *softener* yang mengandung resin jenis *hydrogen-zeolite*. Resin yang berada didalam *cation exchanger* berupa ion H^+ berfungsi sebagai pengganti kation yang dikandung dalam air. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *cation exchanger* :



Tertukarnya ion H^+ dari kation-kation yang ada dalam air umpan, menyebabkan air keluaran *cation exchanger* mempunyai pH 3,7 dan *Free Acid*

Material CaCO₃ sekitar 12 ppm. *Free Acid Material* merupakan salah satu parameter untuk mengukur tingkat kejenuhan resin. Normalnya sebesar 12 ppm. Apabila FMA turun dapat dikatakan resin telah jenuh sehingga perlu diregenerasi dengan H₂SO₄ dengan konsentrasi 4 %, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Selanjutnya air dialirkan menuju *degassifier*. Alat ini berfungsi untuk menghilangkan gas CO₂ dengan cara menggelembungkan udara ke dalam air menggunakan *blower*.

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger yang berfungsi sebagai alat penukar anion-anion (HCO₃³⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃³⁺, dan CO₃³⁻) yang terdapat di dalam air umpan. Di dalam *anion exchanger* mengandung resin jenis *Weakly Basic Anion Exchanger* (WBAE) dimana anion-anion dalam air umpan ditukar dengan ion OH⁻ dari asam-asam yang terkandung di dalam umpan exchanger menjadi bebas dan berkaitan dengan OH⁻ yang lepas dari resin yang mengakibatkan terjadinya netralisasi sehingga pH air keluar *anion exchanger* kembali normal, kemudian ada penambahan konsentrasi OH sehingga pH akan cenderung basa. Batasan yang diijinkan pH (8,8 - 9,1), kandungan Na⁺ = 0,08 - 2,5 ppm. Kandungan *silica* pada air keluaran *anion exchanger* merupakan titik tolak bahwa resin telah jenuh (12 ppm). Resin diregenerasi menggunakan larutan NaOH 4%. Air keluaran *cation* dan *anion exchanger* ditampung dalam tangki air demineralisasi sebagai penyimpanan sementara sebelum dipakai sebagai air proses dan sebelum diproses lebih lanjut di unit deaerator.

10. Daerator

Setelah diolah pada unit demineralisasi, air masih mengandung gas gas terlarut terutama O₂. Apabila gas-gas tersebut dibiarkan dengan kadar yang tinggi dapat menyebabkan korosi. Adapun cara yang dilakukan untuk mengurangi kadar gas-gas tersebut, yaitu proses mekanis dan kimiawi. Proses mekanis dilakukan dengan cara mengontakkan air umpan dengan uap bertekanan rendah, sehingga sebagian besar gas dapat terlarut dalam air dan terlepas menuju atmosfer. Selanjutnya

dilakukan proses kimiawi dengan ditambahkan bahan kimia *hidrazin* (N_2H_4). Adapun reaksi yang terjadi adalah:



C. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan *Steam*

Tabel 4.21. Kebutuhan *Steam*

Alat	Kode	Kebutuhan <i>Steam</i> (Kg/jam)
<i>Heat Exchanger 1</i>	HE-02	203,274
<i>Heat Exchanger 2</i>	HE-03	0,758
<i>Heat Exchanger 3</i>	HE-04	0,408
<i>Heat Exchanger 4</i>	HE-05	278,261
<i>Reboiler</i>	Rb	1387,080
Jumlah		1869,781

Perancangan dibuat *over desain* 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam} &= 1,2 \times 1869,781 \text{ kg/jam} \\ &= 2243,737 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 15\% \times 2243,737 \text{ kg/jam} \\ &= 336,56 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 2243,737 \text{ kg/jam} \\ &= 112,186 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air make up untuk steam} &= (336,56 + 112,186) \text{ kg/jam} \\ &= 448,747 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.22. Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Reaktor -01	R-01	10889,210
Reaktor -02	R-02	2172,569
Netralizer	N	1358,268
Cooler -01	CL-01	8457,933
Cooler -02	CL-02	13083,870
Kondensor	CD	62503,155
Jumlah		98465,004

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 1,2 \times 98465,004 \text{ kg/jam} \\ &= 118.158,004 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Make up air pendingin

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= (1004,343 + 23,631 + 1001,210) \text{ kg/jam} \\ &= 2029,185 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan Air Domestik

Meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air untuk *mess*.

a. Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari

$$\begin{aligned} \text{Diambil kebutuhan air tiap orang} &= 120 \text{ liter/hari} \\ &= 5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah karyawan} = 154 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk semua karyawan} = 900,251 \text{ kg/jam}$$

b. Kebutuhan Air untuk *Mess*

$$\text{Jumlah } mess = 20 \text{ kamar}$$

$$\text{Penghuni } mess = 40 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk } mess = 200 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total kebutuhan air domestik} = (200 + 900,251) \text{ kg/jam}$$

$$= 1100,25 \text{ kg/jam}$$

c. *Kebutuhan Service Water*

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran dll sebesar 533,333 kg/jam.

4.5.2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Dalam prarancangan pabrik novolak resin ini, untuk menghasilkan *steam* yang digunakan dalam proses dengan menggunakan *boiler*. Sebelum masuk *boiler*, air harus dihilangkan kesadiahannya, karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Oleh karena itu, sebelum masuk *boiler* air dilewatkan dalam *ion exchanger* dan deaerator terlebih dahulu. Dalam hal ini yang digunakan adalah *water tube boiler*. Pada *water tube boiler*, air umpan *boiler* dialirkan melalui susunan pipa, sedangkan pembakaran gas terjadi pada sisi barel. Keuntungannya penggunaan *water tube boiler* sebagai berikut,

1. Mampu menghasilkan jumlah *steam* yang relatif banyak,
2. Mempunyai kapasitas yang besar,
3. Nilai efisiensi relatif tinggi,
4. Tungku pembakaran mudah untuk dijangkau saat akan dibersihkan.

Spesifikasi *boiler* yang digunakan unit ini adalah,

Kapasitas : 2243,738 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik dalam pabrik diambil dari PLN dan generator sebagai cadangan. Generator dipilih untuk menghindari gangguan-gangguan yang biasanya terjadi pada listrik dari PLN. Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah keberlangsungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan generator, tersedianya listrik akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus

diperhatikan. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) dengan alasan,

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar,
2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Listrik yang berasal dari PLN atau generator dalam pabrik novolak resin digunakan untuk hal berikut ini,

1. Listrik untuk Keperluan Proses,

Tabel 4.23. Kebutuhan Listrik Proses

Nama Alat	Power	Jumlah	Power Total (Hp)
Reaktor 1	2	1	2
Reaktor 2	3	1	3
Netralizer	5	1	5
Mixer	1	1	1
Koveyor	1	1	1
Pompa 1	1	1	1
Pompa 2	1	1	1
Pompa 3	1	1	1
Pompa 4	1	1	1
Pompa 5	1	1	1
Pompa 6	1	1	1
Pompa 7	1	1	1
Pompa 8	1	1	1
Pompa 9	1	1	1
Pompa 10	1	1	1
Total			22

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah 22 HP = 16,180 kw

2. Listrik untuk Keperluan Utilitas,

Tabel 4.24. Keperluan Listrik Utilitas

Nama Alat	Power	Jumlah	Power Total (Hp)
Pengaduk Flokuator	2	1	2
<i>Blower Cooling Tower</i>	10	1	10
PompaUtilitas 01	1	1	1
PompaUtilitas 02	1	1	1
PompaUtilitas 03	1	1	1
PompaUtilitas 04	1	1	1
PompaUtilitas 05	1	1	1
PompaUtilitas 06	1	1	1
PompaUtilitas 07	1	1	1
PompaUtilitas 08	1	1	1
PompaUtilitas 09	1	1	1
PompaUtilitas 10	1	1	1
PompaUtilitas 11	1	1	1
PompaUtilitas 12	1	1	1
PompaUtilitas 13	1	1	1
PompaUtilitas 14	1	1	1
PompaUtilitas 15	3	1	3
PompaUtilitas 16	3	1	3
PompaUtilitas 17	1	1	1
PompaUtilitas 18	1	1	1
PompaUtilitas 19	1	1	1
PompaUtilitas 20	1	1	1
PompaUtilitas 21	1	1	1
PompaUtilitas 22	2	1	2
Kompresor	7,5	1	7,5
Total			46,5

Total kebutuhan listrik untuk alat utilitas adalah 46,5 HP = 34,67 kw

3. Listrik untuk Rumah Tangga dan Instrumentasi

Tabel 4.25. Keperluan Listrik Rumah Tangga dan Instrumentasi

Keperluan	Kebutuhan (Kw)
AC	30
Penerangan	100
Laboratorium dan Bengkel	40
Instrumentasi	10
Total	180

Total kebutuhan listrik untuk instrument dan rumah tangga adalah 180 kw

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= (16,180 + 34,67 + 180)\text{kw} \\ &= 230,85 \text{ kw} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN. Apabila terjadi pemadaman digunakan satu generator cadangan berkekuatan 300 kW dengan bahan bakar solar.

4.5.4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

Dalam perancangan pabrik novolak resin diperlukan instrumen atau alat kontrol untuk mengontrol jalannya proses agar produk yang dihasilkan sesuai yang diharapkan. Alat kontrol yang digunakan berjenis *pneumatic control*. Instrumen-instrumen tersebut digerakkan dengan menggunakan udara tekan. Udara instrumen bersumber dari udara di lingkungan pabrik, hanya saja udara tersebut harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan kompresor. Udara tekan didistribusikan pada tekanan 5,5-7,2 bar dalam kondisi bersih. Mekanisme untuk memuat udara tekan yaitu dengan cara menekan udara lingkungan menggunakan kompresor (CP) yang dilengkapi dengan *filter* (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 6,35 bar. Total kebutuhan udara tekan untuk pabrik ini sebesar 42,99 m³/jam.

4.5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar ini untuk memenuhi konsumsi bahan bakar generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Alasan pemilihan bahan bakar tersebut antara lain karena mudah didapat, ekonomis, dan mudah dalam

penyimpanan. Kebutuhan bahan bakar disuplai langsung dari PT. Pertamina (Persero). Solar yang digunakan memiliki spesifikasi,

<i>Specific gravity</i>	= 0,87
Densitas	= 834 kg/m ³
<i>Heating value</i>	=19676 BTU/lbm

4.5.6. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik, sehingga limbah buangan pabrik tidak mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik novolak resin antara lain,

A. Limbah Proses

Formaldehid, fenol, Na₂SO₄, novolak resin, dan air dalam bentuk cair. Cairan buangan dari unit proses dikumpulkan dan diolah unit pengolahan lanjut (UPL). Pengolahan limbah logam berat dan organik secara simultan adalah dengan proses fotokalis dengan serbuk TiO₂.

B. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh rumah tangga dan sekitar pabrik dikumpulkan dan diolah dengan aerasi dan desinfektan *calcium hypochlorite*.

C. Air Utilitas

Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan hingga pH 7 menggunakan H₂SO₄ atau NaOH sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.

4.6. Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja (K3)

Keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan perlindungan tenaga kerja dalam menjalankan aktivitas di lingkungan kerja yang menyangkut resiko baik jasmani dan rohani para pekerja. Perlindungan bagi pekerja merupakan kewajiban perusahaan demi menjaga lingkungan dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Dalam pelaksanaannya, setiap karyawan diwajibkan menggunakan *safety equipment*

ketika berada di area produksi. *Safety equipment* yang dikenakan seperti sepatu *safety*, kacamata, *ear plug*, masker, helm, serta alat bantu pernafasan apabila udara sekitar kotor dan beracun.

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dapat dilakukan dengan cara melengkapi semua mesin dan peralatan kerja yang digunakan oleh para karyawan dengan alat yang dapat mencegah atau menghentikan kecelakaan dan gangguan keamanan kerja, seperti alat pemadam kebakaran. Pendidikan dan pelatihan kepada para pekerja juga diperlukan sehingga para karyawan dapat menerapkan kebiasaan cara bekerja yang aman.

4.7. Manajemen Perusahaan

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Dalam merancang suatu pabrik, perlu menentukan bentuk dari perusahaan tersebut. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses manajemen organisasi yang baik. Suatu struktur yang baik sangat diperlukan dalam hal ini. Diharapkan pembagian tanggung jawab, wewenang, dan pembagian tugas jelas sehingga tidak ada tumpang tindih yang mengakibatkan pada keberlangsungan pabrik tersebut. Ditinjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yaitu:

1. Perusahaan Perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggungjawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan Firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, tanggungjawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
3. Persekutuan Komanditer (*Commanditaire Venootshaps*) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masingnya memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modalnya dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukkan saja).
4. Peseroan Terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggungjawab sebesar modal yang dimiliki.

Dengan pertimbangan diatas, pabrik novolak resin berbentuk perseroan terbatas (PT). Peseroan Terbatas (PT) merupakan perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut ambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Pemegang saham pada perseroan terbatas (PT) hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT) adalah didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut,

1. Modal didapatkan dari penjualan saham yang disebar di masyarakat atau institusi.
2. Tanggungjawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluaskan usahanya.
7. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dai kekayaan pribadi.
8. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
9. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.

5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang pemburuhan.
6. Pekerjaan direksi sehari-hari diawasi oleh rapat umum para pemilik saham.
7. Kekuasaan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat umum para pemilik saham/ Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang biasanya dilakukan satu tahun sekali.

4.7.2. Struktur Organisasi

Dalam menjalankan aktivitas di dalam perusahaan agar efisien dan efektif, maka perlu struktur organisasi. Struktur organisasi penting bagi perusahaan agar para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan demi tercapainya keselarasan dan keselamatan kerja antar karyawan. Dengan demikian, struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggungjawab dari masing-masing individu dalam perusahaan agar tercapainya keselamatan kerja antar karyawan. Ada beberapa macam struktur organisasi antara lain:

A. Struktur Organisasi *Line*

Di dalam struktur organisasi ini biasanya paling sedikit mempunyai tiga fungsi dasar yaitu, produksi, pemasaran dan keuangan. Fungsi ini tersusun dalam suatu organisasi dimana rantai perintah jelas dan mengalir ke bawah melalui tingkatan-tingkatan manajerial. Individu-individu dalam departemen-departemen melaksanakan kegiatan utama perusahaan. Setiap orang mempunyai hubungan pelaporan hanya ke satu atasan, sehingga ada kesatuan perintah.

B. Struktur Organisasi Fungsional

Staf fungsional memiliki hubungan terkuat dengan saluran-saluran *line*. Jika dilimpahkan wewenang fungsional oleh manajemen puncak, maka seorang staf fungsional mempunyai hak untuk memerintah saluran *line* sesuai kegiatan fungsional.

C. Struktur Organisasi *Line and Staff*

Staf merupakan individu maupun kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya adalah memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi *line*. Pada umumnya, staf tidak secara langsung terlibat dalam kegiatan utama organisasi, posisi staf untuk memberikan saran dan pelayanan departemen *line* dan membantu agar tercapainya tujuan organisasi yang lebih efektif.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain (Zamani, 1998):

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas,
2. Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi,
3. Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi,
4. Adanya kesatuan arah (*unity of direction*),
5. Adanya kesatuan perintah (*unity of command*),
6. Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab,
7. Adanya pembagian tugas (*distribution of work*),
8. Adanya koordinasi,
9. Struktur organisasi disusun sederhana,
10. Pola dasar organisasi harus relatif permanen,
11. Adanya jaminan batas (*unity of tenure*),
12. Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya,
13. Penempatan orang harus sesuai keahliannya.

Berdasarkan macam-macam struktur organisasi dan pedomannya, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik adalah sistem *line and staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem *line* dan *staff* ini yaitu:

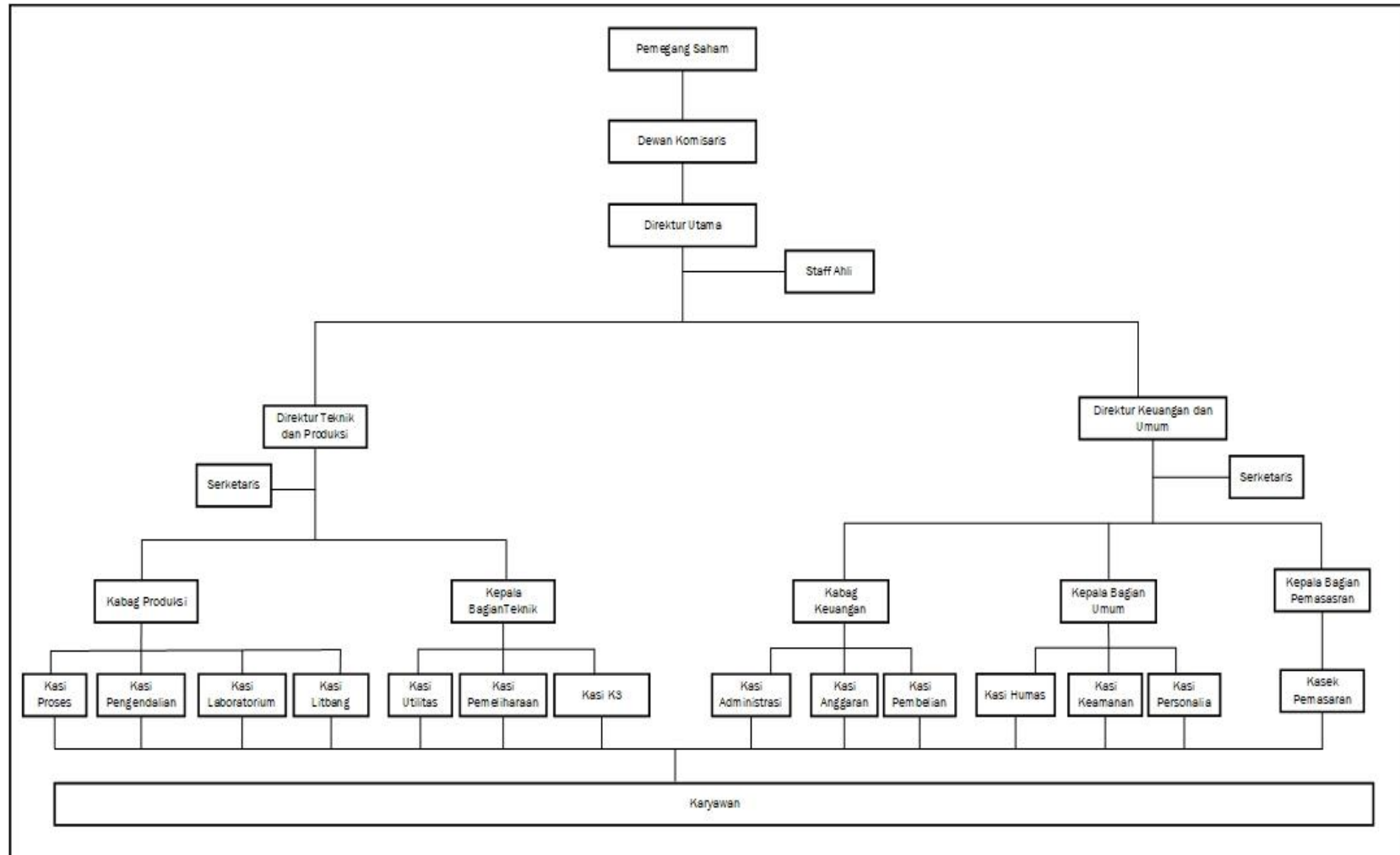
1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

2. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya. Dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum. Direktur membawahi beberapa kepala bagian dan kepala bagian ini akan membawahi para karyawan perusahaan.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan didapatkan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain-lain.
2. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
3. Penyusunan program pengembangan manajemen akan lebih terarah.
4. Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.
5. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
6. Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4.7. Struktur Organisasi Perusahaan

4.7.3. Tugas dan Wewenang

A. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah mereka yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian pabrik dan jalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut pemegang saham berwenang:

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris,
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur,
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

B. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggungjawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas dewan komisaris, yaitu:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarah pemasaran;
2. Mengawasi tugas-tugas direktur;
3. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

C. Dewan Direksi

Direksi utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sebelumnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Tugas direktur utama antara lain:

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham,
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen,

3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham,
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) dan bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum).

Direktur Utama dibantu oleh 2 direktur, yaitu,

a. Direktur Produksi

Tugas dari direktur produksi antara lain,

- 1) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik, dan rekayasa produksi,
- 2) Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari direktur keuangan dan umum antara lain,

- 1) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang pemasaran, keuangan, dan pelayanan umum;
- 2) Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

D. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu dewan direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli adalah:

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perancangan pengembangan perusahaan,
2. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan,
3. Memberikan saran dalam bidang hukum,
4. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi,
5. Mempertinggi efisiensi kerja.

E. Sekretaris

Bertanggung jawab kepada direktur dalam hubungan komunikasi dengan stake holder sebagai upaya meningkatkan loyalitas para stake holder terhadap perusahaan. Tugas dan wewenang sekretaris antara lain,

1. Melakukan aktivitas kesekretariatan perusahaan.
2. Membuat laporan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di perusahaan.
3. Mengupayakan kelancaran pelaksanaan agenda kegiatan Direksi.
4. Membuat *data base* dan menyimpan dokumen asli perusahaan.
5. Mengkomunikasikan kebijakan perusahaan kepada pihak internal dan eksternal perusahaan.
6. Mengkoordinasikan bahan-bahan laporan untuk Rapat Komisaris dan Rapat Umum Pemegang Saham.

F. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian dapat juga bertindak sebagai staf direktur. Kepala Bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Kepala Bagian terdiri dari,

1. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi,

a. Seksi proses

Tugas seksi proses antara lain,

- 1) Mengawasi jalannya proses produksi,
- 2) Menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum diambil oleh seksi yang berwenang.

b. Seksi Pengendalian

Tugas seksi pengendalian

- 1) Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja;
- 2) Mengurangi potensi bahaya yang ada.

c. Seksi Laboratorium

Tugas seksi laboratorium antara lain,

- 1) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu,
- 2) Mengawasi dan menganalisa mutu produksi,
- 3) Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik,
- 4) Membuat laporan berkala kepada kepala bagian produksi.

d. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Tugas seksi penelitian dan pengembangan antara lain,

- 1) Menyelenggarakan penelitian dan pengkajian serta menyiapkan rekomendasi perizinan di bidang penelitian serta ilmu pengetahuan dan teknologi;
- 2) Menyelenggarakan fasilitasi pelaksanaan kegiatan pengembangan dan penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) serta inovasi teknologi;
- 3) Mengkoordinir kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

2. Kepala Bagian Teknik.

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan dan utilitas, pemeliharaan, dan K3 serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian teknik membawahi,

a. Seksi Pemeliharaan

Tugas seksi pemeliharaan antara lain:

- 1) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- 2) Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

b. Seksi Utilitas

Tugas seksi utilitas antara lain

- 1) Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan air, bahan bakar, listrik, dan pengelolaan limbah.

c. Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Tugas seksi keselamatan dan kesehatan kerja antara lain:

- 1) Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja.
- 2) Melindungi pabrik dari bahaya kebakaran.

3. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam pengelolaan keuangan, anggaran, administrasi perusahaan, serta pengeluaran sesuai dengan anggaran perusahaan. Kepala bagian keuangan membawahi,

a. Seksi Administrasi

Tugas seksi administrasi antara lain,

- 1) Menyediakan sarana administrasi dan kebutuhan dana,
- 2) Menyediakan fasilitas kebutuhan SDM sesuai hak,
- 3) Mengatur administrasi perkantoran,
- 4) Terkendalinya dokumen administrasi dan keuangan.

b. Seksi Anggaran dan Keuangan

Tugas seksi anggaran dan keuangan antara lain,

- 1) Merencanakan dan mengendalikan arus kas,
- 2) Mengusulkan prioritas pembayaran,
- 3) Mencari alternatif pola pembayaran,
- 4) Kelancaran arus kas, pembayaran sumber daya,
- 5) Menyusun anggaran perusahaan.

c. Seksi Pembelian

Tugas seksi pembelian antara lain,

- 1) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan,
- 2) Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku,
- 3) Mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gedung.

4. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam mengatur hubungan antara perusahaan dengan karyawan maupun konsumen, serta menjaga keamanan baik internal dan eksternal yang berkaitan dengan perusahaan. Dalam pelaksanaannya, kepala bagian umum membawahi,

a. Seksi Personalia

Tugas seksi personalia antara lain,

- 1) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya,

- 2) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis,
- 3) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

b. Seksi Hubungan Masyarakat

Tugas seksi hubungan masyarakat antara lain,

- 1) Menganalisa informasi/opini masyarakat dan konsumen dalam kepuasan produk,
- 2) Mengelola komunikasi internal dan eksternal di lingkungan perusahaan,
- 3) Menyiapkan hal yang berhubungan dengan publikasi.

c. Seksi Kemanan

Tugas seksi keamanan antara lain,

- 1) Mengawasi keluar masuknya orang-orang, baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik,
- 2) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan,
- 3) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

5. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam mengatur mekanisme pemasaran produk perusahaan. Dalam pelaksanaannya, kepala bagian pemasaran membawahi,

a. Seksi Pemasaran

Tugas seksi pemasaran antara lain,

- 1) Menyusun strategi pemasaran berdasarkan kondisi pasar dan kemampuan perusahaan,
- 2) Menganalisis peluang usaha,
- 3) Menetapkan langkah alternatif untuk mengantisipasi adanya kondisi yang merugikan perusahaan,
- 4) Menyusun kebijakan terkait kegiatan pemasaran,
- 5) Merencanakan perluasan pangsa pasar dan jaringannya.

G. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar

diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya. Berdasarkan bidangnya, kepala seksi terdiri dari

1. Kepala Seksi Proses
2. Kepala Seksi Pengendalian
3. Kepala Seksi Laboratorium
4. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
5. Kepala Seksi Utilitas
6. Kepala Seksi Pemeliharaan
7. Kepala Seksi Keselamatan, dan Kesehatan Kerja
8. Kepala Seksi Administrasi
9. Kepala Seksi Keuangan/Anggaran
10. Kepala Seksi Pembelian
11. Kepala Seksi Hubungan Masyarakat
12. Kepala Seksi Kemanan
13. Kepala Seksi Personalia
14. Kepala Seksi Pemasaran

4.7.4. Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi 3 golongan, antara lain :

A. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

B. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

C. Karyawan Borongan

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

4.7.5. Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab.

Tabel 4.26. Jabatan dan Jenjang Pendidikan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	Magister Teknik Kimia
Direktur Teknik dan Produksi	Magister Teknik Industri
Direktur Keuangan dan Umum	Magister Ekonomi
Kepala Bagian Umum	Sarjana Ilmu Komunikasi
Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Manajemen
Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Akuntansi
Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin
Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
Kepala Seksi Personalia	Sarjana Psikologi
Kepala Seksi Humas	Sarjana Ilmu Komunikasi
Kepala Seksi Keamanan	Ahli Madya
Kepala Seksi Pembelian	Sarjana Akuntansi
Kepala Seksi Pemasaran	Sarjana Ekonomi
Kepala Seksi Administrasi	Sarjana Ekonomi
Kepala Seksi Kas/Anggaran	Sarjana Ekonomi
Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Industri
Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Ilmu Kimia
Kepala Seksi Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin
Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
Kepala Seksi Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia

Kepala Seksi Penelitian	Sarjana Ilmu Kimia
Staff Ahli	Sarjana Teknik Industri dan Ekonomi
Sekretaris	Sarjana Akuntansi
Karyawan Personalia	Ahli Madya Sosial
Karyawan Humas	Ahli Madya Ilmu Komunikasi
Karyawan Keamanan	SMA/Sederajat
Karyawan Pembelian	Ahli Madya Ekonomi
Karyawan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
Karyawan Administrasi	Sarjana Akuntansi
Karyawan Kas/Anggaran	Sarjana Akuntansi
Karyawan Proses (operator)	Sarjana Teknik Kimia
Karyawan Proses Pendukung	Sarjana Teknik Kimia
Karyawan Pengendalian	Ahli Madya Teknik Mesin
Karyawan Laboratorium	Ahli Madya Kimia Analis
Karyawan Pemeliharaan	Ahli Madya Teknik Mesin
Karyawan Utilitas (operator)	Ahli Madya Teknik Kimia
Karyawan KKK	Sarjana K3
Karyawan Litbang	Ahli Madya Ilmu Kimia
Karyawan Pemadam Kebakaran	Ahli Madya K3
Medis	Profesi Dokter
Paramedis	SMK Perawat
Sopir	SMA/Sederajat
Cleaning Service	SMA/Sederajat

4.7.6. Pembagian Waktu Kerja

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan, yaitu karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

A. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi. Yang termasuk dalam karyawan *non shift* adalah direktur utama, direktur teknik dan produksi, direktur umum dan keuangan, kepala bagian serta bawahan yang berada di kantor. 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. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut,

Tabel 4.27. Waktu Kerja *Non Shift*

Hari	Waktu Kerja
Senin - Kamis	08.00-12.00
	12.00-13.00 (Istirahat)
	13.00-16.00
Jumat	08.00-11.00
	11.00-13.00 (Istirahat)
	13.00-16.00
Sabtu - Minggu	Libur

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 dengan pembagian shift sebagai berikut,

Tabel 4.28. Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Shift	Waktu
I	00.00 -08.00
II	08.00 - 16.00
III	16.00 - 00.00
L	Libur

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan shift yang berbeda setiap 3 harinya dan setelah 3 kali shift maka akan mendapatkan libur selama 3 hari. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.35.

Tabel 4.29. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu

Shift	Hari ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pagi	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
Siang	B	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C
Malam	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D
Libur	A	B	B	C	C	D	A	A	B	B	C	D	D	A	A

Shift	Hari ke-														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
Siang	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D	D
Malam	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A
Libur	B	B	C	D	D	A	A	B	C	C	D	D	A	B	B

4.7.7. Ketenagakerjaan

A. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

B. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

C. Kerja Lembur

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.7.8. Sistem Gaji Pegawai

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya. Sistem gaji perusahaan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

A. Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

B. Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

C. Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan.

Berikut besarnya gaji karyawan yang telah ditetapkan,

Tabel 4.30. Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
Direktur Utama	1	Rp 30.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 27.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 27.000.000,00
Kepala Bagian Umum	1	Rp 23.000.000,00
Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 23.000.000,00
Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 23.000.000,00
Kepala Bagian Teknik	1	Rp 23.000.000,00
Kepala Bagian Produksi	1	Rp 23.000.000,00
Kepala Seksi Personalia	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Humas	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Pembelian	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Administrasi	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Proses	1	Rp 15.000.000,00
Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp 15.000.000,00

Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp	15.000.000,00
Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp	15.000.000,00
Kepala Seksi Utilitas	1	Rp	15.000.000,00
Kepala Seksi Pengembangan	1	Rp	15.000.000,00
Kepala Seksi Penelitian	1	Rp	15.000.000,00
Staff Ahli	2	Rp	22.000.000,00
Sekretaris	2	Rp	6.000.000,00
Karyawan Personalia	3	Rp	4.000.000,00
Karyawan Humas	3	Rp	4.000.000,00
Karyawan Keamanan	9	Rp	3.500.000,00
Karyawan Pembelian	3	Rp	4.000.000,00
Karyawan Pemasaran	3	Rp	4.000.000,00
Karyawan Administrasi	3	Rp	4.300.000,00
Karyawan Kas/Anggaran	3	Rp	4.200.000,00
Karyawan Proses (operator)	12	Rp	5.000.000,00
Karyawan Proses Pendukung	4	Rp	5.000.000,00
Karyawan Pengendalian	3	Rp	4.500.000,00
Karyawan Laboratorium	3	Rp	4.600.000,00
Karyawan Pemeliharaan	4	Rp	4.300.000,00
Karyawan Utilitas (operator)	44	Rp	5.000.000,00
Karyawan KKK	4	Rp	4.700.000,00
Karyawan Litbang	3	Rp	4.000.000,00
Karyawan Pemadam Kebakaran	7	Rp	4.300.000,00
Medis	1	Rp	4.800.000,00
Paramedis	5	Rp	3.200.000,00
Sopir	5	Rp	3.000.000,00
Cleaning Service	6	Rp	2.800.000,00
Total	154	Rp	520.200.000,00

4.7.9. Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan

kepentingan para karyawan. Adapun fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

A. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisien produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

B. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

C. Makan dan Minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

D. Tunjangan

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan Hari Raya Idul Fitri yaitu tunjangan yang diberikan setiap tahun, menjelang Hari Raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

E. BPJS Ketenagakerjaan

Merupakan program publik yang memberikan perlindungan bagi tenaga kerja untuk mengatasi risiko sosial ekonomi tertentu dan berbentuk asuransi untuk pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

F. Tempat Ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah (Masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

G. Transportasi

Untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulannya.

H. Mess

Disediakan mess untuk karyawan yang berasal dari luar daerah, sehingga dapat meningkatkan kedisiplinan dari karyawan serta memberikan akses mudah ke pabrik.

I. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

J. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
2. Cuti Massal setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.
3. Cuti Hamil Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

4.8. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi begitu penting dalam prarancangan pabrik novolak resin. Evaluasi ekonomi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang ini menguntungkan dari segi ekonomi atau sebaliknya. Analisis ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan atau estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dalam titik impas. Kelayakan investasi modal pada sebuah pabrik akan dianalisis meliputi,

- a. *Return on Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Event Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Untuk meninjau faktor-faktor tersebut perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

A. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produktif dan untuk menjalankannya. *Capital Investment* meliputi:

1. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 2. Modal kerja (*Working Capital*)
- B. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Costs*) terdiri dari:
1. Biaya pengeluaran (*Manufacturing Costs*)
 2. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
- C. Total pendapatan penjualan produk Novolak Resin
- D. Analisa Kelayakan

4.8.1. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

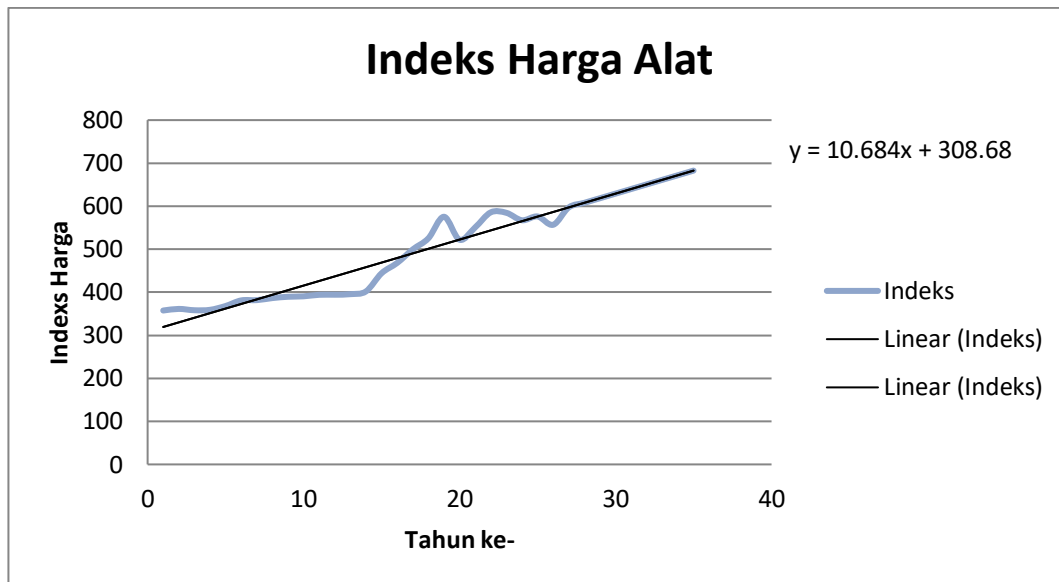
Pabrik novolak resin beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2021. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

Diasumsikan kenaikan harga setiap tahun adalah linear, sehingga dapat ditentukan indeks nilai pada tahun tertentu.

Tabel 4.31. Indeks Harga Alat

Tahun	Indeks Harga	Tahun	Indeks Harga
1990	357,6	2003	402
1991	361,3	2004	444,2
1992	358,2	2005	468,2
1993	359,2	2006	499,6
1994	368,1	2007	525,4
1995	381,1	2008	575,4
1996	381,7	2009	521,9
1997	386,5	2010	550,8

1998	289,5	2011	585,7
1999	390,6	2012	584,6
2000	394,1	2013	567,3
2001	394,3	2014	576,1
2002	395,6	2015	556,8



Gambar 4.8. Grafik Indeks Harga Alat

Untuk menghitung indeks harga pada beberapa tahun yang akan datang, maka dapat digunakan persamaan garis lurus pada persamaan

$$y = ax + b$$

Keterangan :

Y = Indeks harga

X = tahun

a = gradien

b = intersep

Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka dapat diketahui indeks harga pada tahun 2021 adalah :

$$y = (10,684 \times 32) + 308,68 \quad (4.6)$$

$$y = 650,568$$

4.8.2. Harga Alat

Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga.

$$C_X = \left(\frac{N_X}{N_Y} \right) C_Y \quad (4.7)$$

Keterangan:

C_X = Harga pembelian pada tahun analisa (tahun evaluasi)

C_Y = Harga pembelian pada tahun referensi

N_X = Indeks harga pada tahun analisa (tahun evaluasi)

N_Y = Indeks harga pada tahun referensi

Tabel 4.32. Harga Alat Proses

Nama Alat	Jumlah	Harga Total (US \$)
Reaktor	2	\$ 211.398
Netralizer	1	\$ 146.014
Dekanter	1	\$ 205.074
M. Distilasi	1	\$ 139.060
Bin	1	\$ 515.282
Tangki CH ₂ O	1	\$ 515.282
Tangki H ₂ SO ₄	1	\$ 167.244
Tangki NaOH	1	\$ 49.236
Tangki Produk	1	\$ 600.542
Akumulator	1	\$ 2.371
Kondensor 1	1	\$ 66.965
<i>Reboiler 1</i>	1	\$ 251.374
<i>Heater 1</i>	1	\$ 1.807
<i>Heater 2</i>	1	\$ 339
<i>Heater 3</i>	1	\$ 339
<i>Heater 4</i>	1	\$ 4.065
<i>Cooler 1</i>	1	\$ 46.300
<i>Cooler 2</i>	1	\$ 44.493
Pompa 1	2	\$ 13.551

Pompa 2	2	\$ 13.551
Pompa 3	2	\$ 3.614
Pompa 4	2	\$ 1.807
Pompa 5	2	\$ 15.132
Pompa 6	2	\$ 15.132
Pompa 7	2	\$ 15.132
Pompa 8	2	\$ 5.420
Pompa 9	2	\$ 13.551
Pompa 10	2	\$ 9.034
<i>Expansion Valve</i>	2	\$ 1.164
<i>Mixer</i>	1	\$ 1.480.059
Konveyor	1	\$ 5.427
Total		\$ 4.108.619

Tabel 4.33. Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Harga Total(US\$)
<i>Screening</i>	1	\$ 26.876
<i>Cooling Tower</i>	1	\$ 253.181
Tangki Klorinasi	1	\$ 15.584
Tangki Kaporit	1	\$ 339
Tangki Air Bersih	1	\$ 123.090
Tangki NaOH	1	\$ 1.694
Tangki H ₂ SO ₄	1	\$ 14.003
Tangki N ₂ H ₄	1	\$ 4.404
Tangki <i>Mixed</i>	1	\$ 3.727
Tangki Umpan <i>Reboiler</i>	1	\$ 4.291
Tangki Air Bertekanan	1	\$ 14.229
Tangki Alum	1	\$ 2.936
Daerator	1	\$ 4.291
<i>Boiler</i>	1	\$ 302.078

Pompa Utilitas 1	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 2	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 3	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 4	2	\$ 452
Pompa Utilitas 5	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 6	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 7	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 8	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 9	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 10	2	\$ 452
Pompa Utilitas 11	2	\$ 452
Pompa Utilitas 12	2	\$ 5.872
Pompa Utilitas 13	2	\$ 1.355
Pompa Utilitas 14	2	\$ 1.355
Pompa Utilitas 15	2	\$ 13.551
Pompa Utilitas 16	2	\$ 13.551
Pompa Utilitas 17	2	\$ 452
Pompa Utilitas 18	2	\$ 903
Pompa Utilitas 19	2	\$ 2.484
Pompa Utilitas 20	2	\$ 2.484
Pompa Utilitas 21	2	\$ 452
Pompa Utilitas 22	2	\$ 2.936
Kompresor	1	\$ 7.001
Generator	1	\$ 13.000
<i>Blower</i>	1	\$ 61.206
Tangki <i>Silica Gel</i>	1	\$ 226
Tangki Flokulator	1	\$ 159.791
Tangki Bahan Bakar Solar	1	\$ 17.504
Bak Pengendap Awal	1	\$ 862
Bak Pengendap 1	1	\$ 862
Bak Pengendap 2	1	\$ 86

Bak Penampung Air Bersih	1	\$	655
Bak Air Dingin	1	\$	169
Bak Saringan Pasir	1	\$	379
Total		\$	1.126.192

4.8.3. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 12.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Nilai kurs (1 US \$)	: Rp. 14500
Tahun evaluasi	: 2021
Untuk buruh asing	: \$ 20/manhour
Gaji karyawan Indonesia	: Rp. 25.000/manhour
1 <i>manhour</i> asing	: 2 <i>manhour</i> Indonesia
5 % tenaga asing	: 95% tenaga Indonesia
Bunga Deposito BRI	: 6%

4.8.4. Perhitungan Biaya

4.8.4.1. Capital Investment

A. Fixed Capital Investment

Fixed capital atau modal tetap merupakan modal yang diperlukan untuk pembangunan dan pemasangan fasilitas-fasilitas pabrik secara fisik.

Tabel 4.34. *Physical Plant Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Harga Alat hingga tempat	\$ 7.125.166	Rp 103.314.911.165
2	Biaya Instalasi	\$ 2.664.193	Rp 38.630.792.871
3	Pemipaan	\$ 5.328.385	Rp 77.261.585.741
4	Instrumentasi	\$ 929.370	Rp 13.475.857.978
5	Insulasi	\$ 495.664	Rp 7.187.124.255
6	Listrik	\$ 743.496	Rp 10.780.686.382
7	Bangunan	\$ 918.276	Rp 13.315.000.000
8	Land & Yard Improvement	\$ 9.648.966	Rp 139.910.000.000
9	Utilitas	\$ 4.746.511	Rp 68.824.414.581
Physical Plant Cost (PPC)		\$ 32.600.026	Rp 403.875.958.392

Tabel 4.35. *Direct Plant Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Teknik dan Konstruksi	\$ 6.520.005	Rp 94.540.074.595
Total (DPC + PPC)		\$ 39.120.031	Rp 498.416.032.987

Tabel 4.36. *Fixed Capital Investment*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Total DPC + PPC	\$ 39.120.031	Rp 567.240.447.569
2	Kontraktor	\$ 2.608.002	Rp 37.816.029.838
3	Biaya tak terduga	\$ 5.868.005	Rp 85.086.067.135
Fixed Capital Investment (FCI)		\$ 47.596.038	Rp 690.142.544.542

B. Working Capital

Working capital atau modal kerja merupakan modal yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau produksi dari suatu pabrik dalam jangka waktu tertentu.

Tabel 4.37. *Working Capital*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
2	<i>Sales expense</i>	\$ 2.580.000	Rp 37.410.000.019
3	<i>Research</i>	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
4	<i>Finance</i>	\$ 9.758.254	Rp 141.494.682.436
General Expense (GE)		\$ 15.434.254	Rp 223.796.682.477

4.8.4.2. Total Production Cost

A. Manufacturing Cost

1. Direct Manufacturing Cost

Direct manufacturing cost atau biaya produksi langsung meliputi biaya yang berhubungan secara langsung dengan proses produksi.

2. Indirect Manufacturing Cost

Indirect manufacturing cost atau biaya produksi tidak langsung merupakan biaya pengeluaran yang diadakan sebagai akibat (tidak langsung) dari operasi produksi.

3. Fixed Manufacturing Cost

Fixed manufacturing cost atau biaya tetap merupakan biaya tertentu yang akan selalu dikeluarkan baik ketika pabrik beroperasi atau tidak, biaya ini juga tidak tergantung pada jumlah produksi yang termasuk dalam biaya tetap adalah depresiasi, pajak, asuransi dan sewa.

Tabel 4.38. *Direct Manufacturing Cost*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material	\$ 10.264.095	Rp 148.829.373.367
2	Labor	\$ 512.276	Rp 7.428.000.000
3	Supervision	\$ 338.483	Rp 4.908.000.000
4	Maintenance	\$ 3.807.683	Rp 55.211.403.563
5	Plant Supplies	\$ 571.152	Rp 8.281.710.535
6	Royalty and Patents	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
7	Utilities	\$ 1.672.568	Rp 24.252.234.659
Direct Manufacturing Cost (DMC)		\$ 18.714.257	\$ 271.356.722.134

Tabel 4.39. *Indirect Manufacturing Cost*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Payroll Overhead	\$ 81.964	Rp 1.188.480.000
2	Laboratory	\$ 56.350	Rp 817.080.000
3	Plant Overhead	\$ 281.752	Rp 4.085.400.000
4	Packaging and Shipping	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
5	Shipping	\$ 1.032.000	Rp 14.964.000.007
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		\$ 3.000.066	Rp 43.500.960.019

Tabel 4.40. *Fixed Manufacturing Cost*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depreciation	\$ 3.807.683	\$ 55.211.403.563
2	Propertu taxes	\$ 475.960	\$ 6.901.425.445
3	Insurance	\$ 475.960	\$ 6.901.425.445
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		\$ 4.759.604	\$ 69.014.254.454

Tabel 4.41. *Manufacturing Cost*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	\$ 18.714.257	Rp 271.356.722.134
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	\$ 3.000.066	Rp 43.500.960.019
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	\$ 4.759.604	Rp 69.014.254.454
Manufacturing Cost (MC)		\$ 26.473.927	Rp 383.871.936.607

B. General Expense

General expense atau pengeluaran umum adalah biaya pengeluaran pabrik yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*. *General expense* ini meliputi biaya administrasi, penjualan produk, penelitian, dan biaya pembelian.

Tabel 4.42. *General Expense*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
2	Sales expense	\$ 2.580.000	Rp 37.410.000.019
3	Research	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
4	Finance	\$ 9.758.254	Rp 141.494.682.436
General Expense (GE)		\$ 15.434.254	Rp 223.796.682.477

4.8.5. Analisa Keuntungan

Total penjualan = \$ 51.600.000

Total *production cost* = \$ 41.908.181

Keuntungan sebelum pajak = \$ 9.691.819

Pajak 25% dari keuntungan = \$ 2.422.954

Keuntungan setelah pajak = \$ 7.268.865

4.8.6. Analisa Kelayakan

A. Return on Investment (ROI)

Percent Return On Investment adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan

$$ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (4.8)$$

ROI sebelum pajak = 20%

ROI sesudah pajak = 15%

B. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang dibutuhkan untuk pengembalian *fixed capital investment* dengan keuntungan pertahun sebelum dikurangi depresiasi

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Cost}}{\text{Profit} + (0,1 \text{Fixed Capital Investment})} \quad (4.9)$$

POT sebelum pajak = 3,29 tahun

POT sesudah pajak = 3,96 tahun

C. Break Even Point (BEP)

Tabel 4.43. Fixed Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	\$ 3.807.683	\$ 55.211.403.563
2	Property taxes	\$ 475.960	\$ 6.901.425.445
3	Insurance	\$ 475.960	\$ 6.901.425.445
Fixed Cost (Fa)		\$ 4.759.604	\$ 69.014.254.454

Tabel 4.44. Variable Cost

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw material	\$ 10.264.095	Rp 148.829.373.367
2	Packaging & shipping	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
3	Shipping	\$ 1.032.000	Rp 14.964.000.007
4	Utilities	\$ 1.672.568	Rp 24.252.234.659
5	Royalties and Patents	\$ 1.548.000	Rp 22.446.000.011
Variable Cost (Va)		\$ 16.064.663	Rp 232.937.608.055

Tabel 4.45. Regulated Cost

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Labor cost	\$ 512.276	Rp 7.428.000.000
2	Plant overhead	\$ 281.752	Rp 4.085.400.000
3	Payroll overhead	\$ 81.964	Rp 1.188.480.000
4	Supervision	\$ 338.483	Rp 4.908.000.000
5	Laboratory	\$ 56.350	Rp 817.080.000
6	General Expense	\$ 15.434.254	Rp 223.796.682.477
7	Plant supplies	\$ 571.152	Rp 8.281.710.535
8	Maintance	\$ 3.807.683	Rp 55.211.403.563
Regulated Cost (Ra)		\$ 21.083.914	Rp 305.716.756.575

$$BEP = \frac{(Fa+0,3Ra)}{(Sa-Va-0,7Ra)} \times 100\% \quad (4.10)$$

$$BEP = 53\%$$

D. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun, maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup

$$SDP = \frac{0,3Ra}{(Sa-Va-0,7Ra)} \times 100\% \quad (4.11)$$

$$SDP = 30\%$$

E. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted Cash Flow adalah perbandingan besarnya presentase keuntungan yang diperoleh terhadap capital investment dibandingkan dengan tingkat bunga yang berlaku di bank.

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (4.12)$$

Umur pabrik = 10 tahun

Salvage Value = Depresiasi

= \$ 92.937

Cash flow = *annual profit* + depresiasi + *finance*

= \$ 20.834.802

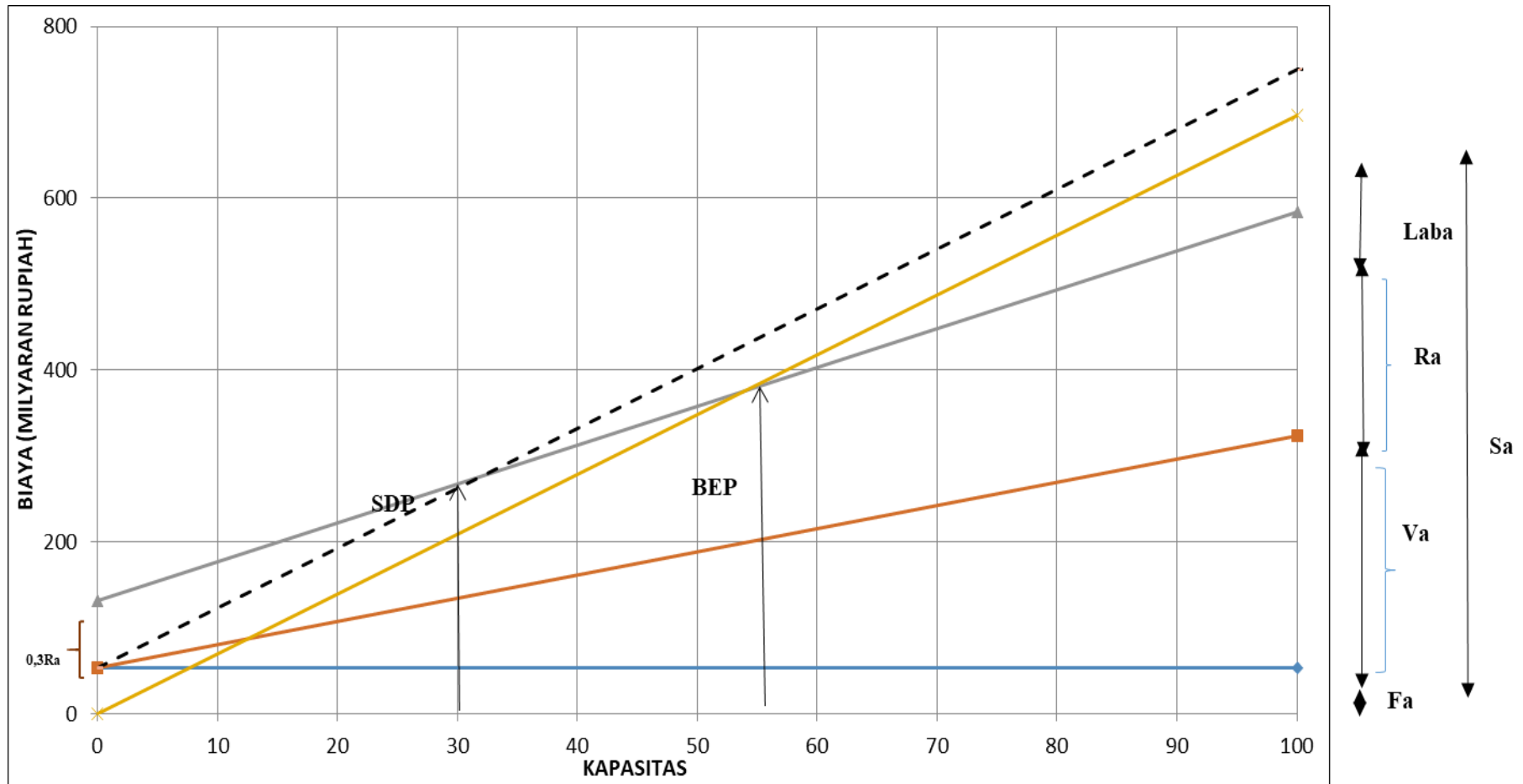
Working Capital = \$ 9.311.146

Fixed Capital Investment = \$ 47.596.038

Dengan *trial* dan eror diperoleh nilai *I* adalah 10%, sehingga *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 10%

Tabel 4.46. Analisa Kelayakan

Kreteria	Terhitung	Syarat
ROI Sebelum Pajak	20%	(ROI) _b >11% untuk pabrik berisiko rendah
ROI Sesudah Pajak	15%	
POT Sebelum Pajak	3,29 Tahun	(POT) _b maksimal 5 tahun untuk pabrik berisiko rendah
POT Sesudah Pajak	3,96 Tahun	
BEP	53%	40 - 60 %
SDP	30%	
DCF	10%	> 1.5 x dari suku bunga bank deposito



Gambar 4.9. Grafik BEP dan SDP

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan prarancangan pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 12.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pendirian pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 12.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik akan didirikan di Jombang, Jawa Timur dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena lokasinya yang tepat di kawasan industri.
3. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid ini tergolong pabrik berisiko rendah (*low risk*).
4. Berdasarkan analisa ekonomi pabrik novolak resin ini, maka didapatkan,
 - a. Keuntungan sebelum pajak : \$ 9.691.819
 - b. Keuntungan setelah pajak : \$ 7.268.865
 - c. *Return of Investment* sebelum pajak (ROIb) : 20%
 - d. *Return of Investment* setelah pajak (ROIa) : 15%
 - e. *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb) : 3,29 tahun
 - f. *Pay Out Time* setelah pajak (POTa) : 3,96 tahun
 - g. *Break Even Point* (BEP) : 53%
 - h. *Shut Down Point* (SDP) : 30%
 - i. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) : 10%
5. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 12000 ton/tahun layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Badan Pusat Statistik, 2007-2017, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Jakarta.
- Billmeyer JR, Fred W., 1984, "*Textbook of Polymer Science*", 3th Edition, John Wiley Sons Inc., New York
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, "*Unit Operation*", Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, "*Process Equipment Design*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Carl J.S., 1988, "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", Pennsylvania: John Wiley and Sons Inc.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "*Chemical Engineering Design*", Vol 16, Pergamon Internasional Library, New York
- Evans, F.L., 1979, "*Equipment Design Handbook for Refineris and Chemical Plants*", Gulf Publishing Company, Book Divison, Houston.
- Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, "*Industrial Chemical*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Fessenden, R. and J.S. Fessenden, 1997, "*Organic Chemistry*", 3rd.ed., Wadsworth Inc., Belmont, California
- Geankoplis, C.J. and J.F. Richardson, "*Design Transport Process and Unit Operation*", 1989, Pegamon Press, Singapore
- Groggins, 1987, "*Unit Process In Organic Synthesis*", Mc Graw Hill, Singapore
- Hesse, W., 1991, "*Phenolic Resin*" dalam Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. 19 Edisi 5, VCH Publishers, New York
- Holland, F. A. and Chapman, F. S., 1966, "*Liquid Mixing and Processing in Stired Tang*", 1st ed., Reinhold Publishing Co-Chapman & Hall, Ltd., London
- Holman, J. P., 1988, "*Perpindahan Kalor*", alih bahasa Jasifi E., edisi ke-6, Erlangga, Jakarta

- Hougen, O.A., Watson, K.M., and Ragatz, R.A., 1954, "*Chemical Process Principle*", Vol III, John Wiley and Sons Inc., New York
- Kern, D.Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- Kirk R.E., and Othmer, D.F., 1996, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", vol.17, 4th edition, John Wiley & Sons Inc., New York
- Lei, Y., Q. Wu, and K. Lian, 2005, "*Cure Kinetics of Aqueous Phenol-Formaldehyde Resins Used for Oriented Standboard Manufacturing: Analytical Technique*", Louisiana State University, Baton Rouge
- Levenspiel, O., 1972, "*Chemical Reaction Engineering*", 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York
- McCabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, "*Unit Operation of Chemical Engineering*", 4th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- McKetta, J.J., 1993, "*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*", New York: Marcel Dekker, Inc.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 2008, "*Perry's Chemical Engineer's Handbook*", 8th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, "*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*", 3rd ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Pilato, L., 2010, "*Phenolic Resins: A Century of Progress*", Springer Heidelberg Dordrecht London, New York
- Prastyanigrum, Aji, 2008, "*Pembuatan Resin Phenol Formaldehid Terhadap Aplikasinya Sebagai Vernis*", Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNDIP Semarang, Semarang.
- Steven MP. 2001. *Kimia Polimer*. Sopyan I, penerjemah: Erlangga. Terjemahan dari Polymer Chemistry: An Introduction
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 3rd ed. McGraw Hill, Kogakusha, Tokyo.
- Tobianson, F. L., "*Phenolic Resin Adhesive*", di dalam Hand Book of Adhesive, New York.

Ulrich, G.G., 1984, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Willey and Sons, New York.

Yaws, C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook*", McGraw Hill Company, New York.

Website:

<http://maps.google.com>

<http://www.alibaba.com>

<http://www.bps.go.id>

<http://www.che.com>

<http://www.matche.com>

<http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html>

LAMPIRAN

REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan formaldehid, fenol, dan asam sulfat menjadi novolak resin

Fase : Cair-cair

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel 316*

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 95°C

Perbandingan mol : $C_6H_5OH : CH_2O = 1 : 0,85$

Konversi : 96% (Kirk & Othmer, 1996)

Digunakan rektor jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk karena :

1. Fase umpan yang akan direaksikan adalah cair
2. Fase katalis yang digunakan adalah cair
3. Harga alat relatif lebih murah
4. Perawatan dan pembersihan alat lebih mudah
5. Konstruksi lebih sederhana

A. Neraca Massa

Komponen	Masuk Reaktor 1	
	Kg/Jam	Kmol/Jam
C_6H_5OH	1417,713	15,064
CH_2O	384,465	12,804
H_2SO_4	14,177	0,145
$C_7H_8O_2$	30,824	0,248
H_2O	666,873	37,017
Total	2514,052	65,278

B. Kinetika Reaksi

Reaksi Pembentukan resin novolak antara fenol dan formaldehid yang memiliki perbandingan mol 1: 0,85 dengan katalis asam berupa asam sulfat merupakan reaksi orde 2. Dari eksperimen diperoleh harga kecepatan reaksi sebesar $40,680 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$. (Zavitsas, 1966)

C. Menentukan densitas dan viskositas cairan

Komponen	x_i (Fraksi Massa)	ρ (Kg/m ³)	μ (Cp)	ρ camp	μ camp
C ₆ H ₅ OH	0,564	1010,052	1,469	569,584	0,828
CH ₂ O	0,153	568,096	0,075	86,877	0,011
H ₂ SO ₄	0,006	1745,686	4,622	9,844	0,026
C ₇ H ₈ O ₂	0,012	1088,948	2,620	13,351	0,032
H ₂ O	0,265	960,788	0,295	254,857	0,078
Total	1,000	5373,569	9,080	934,513	0,976

D. Menentukan laju volumetrik cairan

$$F_v = \frac{\text{massa(Kg / Jam)}}{\rho(\text{Kg / m}^3)}$$

Komponen	Kg/Jam	ρ (Kg/m ³)	Fv(m ³ /Jam)
C ₆ H ₅ OH	1417,713	1010,052	1,404
CH ₂ O	384,465	568,096	0,677
H ₂ SO ₄	14,177	1745,686	0,008
C ₇ H ₈ O ₂	30,824	1088,948	0,028
H ₂ O	666,873	960,788	0,694
Total	2514,052	5373,569	2,811

Jadi, laju alir volumetriknya adalah $2,811 \text{ m}^3/\text{jam}$

E. Optimasi Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Neraca Massa di Reaktor:

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaction} = R_{acc}$$

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

$$V = \frac{F_{A0} - F_A}{(-r_A)}$$

Dimana,

$$F_A = C_A \times F_V$$

$$F_{A0} = C_{A0} \times F_{V0}$$

$$F_V = F_{V0}$$

$$M = C_{B0}/C_{A0}$$

$$V = \frac{C_{A0}F_V - C_A F_V}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} - C_A)}{(-r_A)}$$

$$V = F_V \frac{C_{A0} - (C_{A0} - C_{A0}X)}{kC_A C_B}$$

$$V = F_V \frac{C_{A0}X}{kC_A C_B}$$

$$V = F_V \frac{C_{A0}X}{kC_{A0}(1 - X_A)(C_{B0} - C_{A0}X)}$$

$$V = F_V \frac{C_{A0}X}{kC_{A0}(1 - X_A)C_{A0} \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0} - X_A} \right)}$$

$$V = F_V \frac{C_{A0}X}{kC_{A0}(1 - X_A)C_{A0}(M - X_A)}$$

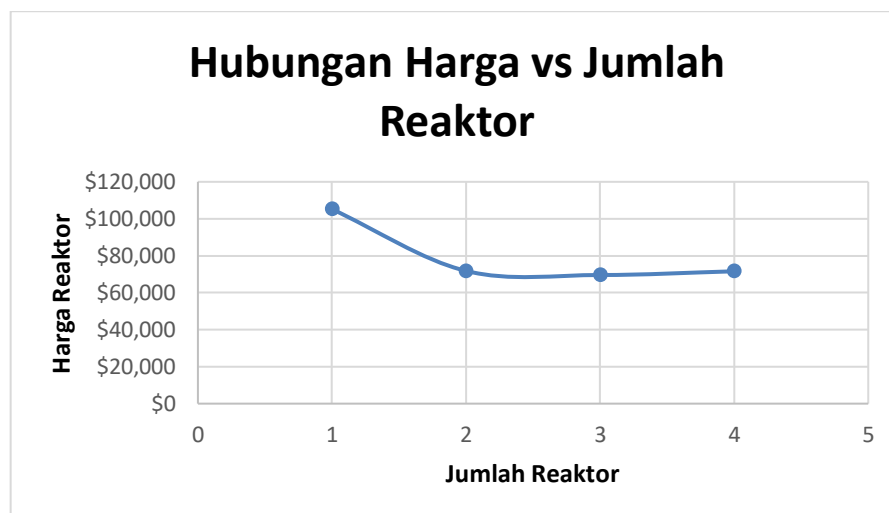
$$V = F_V \frac{C_{A0}X}{kC_{A0}^2(1 - X_A)(M - X_A)}$$

$$V = F_V \frac{X}{kC_{A0}(1 - X_A)(M - X_A)}$$

Dengan menggunakan ketiga persamaan diatas, dapat dicari optimasi reactor dengan metode trial dan eror, sehingga didapat hasilnya sebagai berikut,

n	Xn	X	V (m3)
1	0	0,96	1,44
2	0	0,80	0,189
	0,80	0,96	
3	0	0,66	0,083
	0,66	0,88	
	0,88	0,96	
4	0	0,56	0,051
	0,56	0,80	
	0,80	0,91	
	0,91	0,96	

n	V _{overdesain} (Gallon)	Harga(\$)	Harga Total(\$)
1	455,178	105.200	105.200
2	59,940	35.900	71.800
3	26,333	23.200	69.600
4	16,118	17.900	71.600



Maka, jumlah reaktor yang optimum untuk mendapatkan harga perancangan reaktor yang minimum adalah sebanyak 2 buah. Selain dari harga, volume reaktor

juga kita jadikan pertimbangan. Reaktor dengan jumlah 3 buah mempunyai volume yang kecil atau dibawah standard dari matche.

F. Perancangan Reaktor

1. Dimensi Reaktor

Asumsi :

- Volume cairan selama reaksi tetap
- Kondisi isothermal

$$\text{Volume shell} = 0,189 \text{ m}^3$$

$$\text{Over design} = 20\%$$

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor} &= 1,2 \times 0,189 \text{ m}^3 \\ &= 0,227 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah $D=H$, karena jika H/D terlalu besar atau terlalu kecil maka :

- Pengadukan tidak sempurna
- Ada gradien konsentrasi di dalam reaktor
- Distribusi panas tidak merata

$$V_{Shell} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$V_{Shell} = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{Shell}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,227}{3,14}}$$

$$D = H = 0,661 \text{ m} = 26,035 \text{ inchi} = 2,170 \text{ ft}$$

Bentuk reaktor adalah *vessel* dengan silinder tegak dengan *head* berbentuk *torispherical dished head*,

$$V_{Head} = V_{dish} + V_{sf}$$

$$V_{Head} = 0,000049D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

$$V_{Head} = 0,000049(26,035)^3 + \frac{3,14}{4} (26,035)^2 \frac{2}{144}$$

$$V_{Head} = 1,738 \text{ ft}^3 = 0,049 \text{ m}^3$$

$$V_{Reaktor} = V_{Shell} + V_{Head}$$

$$V_{Reaktor} = (0,227 + 0,049)\text{m}^3$$

$$V_{Reaktor} = 0,376 \text{ m}^3$$

$$V_{Bottom} = 0,5V_{Head}$$

$$V_{Bottom} = 0,5V_{Head}$$

$$V_{Bottom} = 0,5 \times 0,049$$

$$V_{Bottom} = 0,025 \text{ m}^3$$

$$V_{Cairan} = V_{Shell} - V_{Bottom}$$

$$V_{Cairan} = (0,227 - 0,025)\text{m}^3$$

$$V_{Cairan} = 0,202 \text{ m}^3$$

$$H_{Cairan} = \frac{4V_{Cairan}}{\pi D^2}$$

$$H_{Cairan} = \frac{4 \times 0,202}{3,14 \times 0,661^2}$$

$$H_{Cairan} = 0,590 \text{ m}$$

$$V_{Cairan \text{ dalam shell}} = V_{Cairan} - V_{Head} - V_{Sf}$$

$$V_{Cairan \text{ dalam shell}} = (0,202 - 0,049 - 0,0001)\text{m}^3$$

$$V_{Cairan \text{ dalam shell}} = 0,899 \text{ m}^3$$

2. Tebal *Shell* Reaktor

a. Tekanan Total

$$P_{Total} = P_{Hidrostatik} + P_{Operasi}$$

$$P_{Total} = \frac{\rho gh}{gc} + P_{Operasi}$$

$$P_{Total} = \frac{(934,513 \times 0,661)kg}{m^2} + 14,696 \text{ psi}$$

$$P_{Total} = 15,480 \text{ psi}$$

b. Tekanan Desain

Over desain = 20%

$$P_{Desain} = 1,2 \times 15,480 \text{ psi}$$

$$P_{Desain} = 18,575 \text{ psi}$$

c. Tebal Shell

Diketahui:

$$P \text{ desain} = 18,575 \text{ psi}$$

$$r = 13,017 \text{ inchi}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125$$

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

$$ts = \frac{18,575 \times 13,017}{(18750 \times 0,85 - 0,6 \times 19,245)} + 0,125$$

$$ts = 0,140 \text{ inchi}$$

Diambil Ts standart sebesar 0,188 atau 3/16

3. Tebal Head Reaktor

a. Tekanan

$$P = P_{Desain} - P_{Operasi}$$

$$P = (18,575 - 14,696) \text{ psi}$$

$$P = 3,880 \text{ psi}$$

b. Menentukan OD

$$OD = ID_{Shell} - 2ts$$

$$OD = [0,661 - 2 \times (3/16)] \text{ inchi}$$

$$OD = 26,410 \text{ inchi} = 0,671 \text{ m}$$

Dipilih ukuran OD standart, didapatkan

$$OD = 48 \text{ inchi}$$

$$Ts = 3/16 \text{ inchi}$$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= 3 \text{ inchi} \\ r &= 48 \text{ inchi} \\ E &= 0,85 \\ C &= 0,125 \\ f &= 18750 \end{aligned}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{i_{cr}}} \right)$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{48}{3}} \right)$$

$$w = 1,75 \text{ inchi}$$

c. Tebal Head

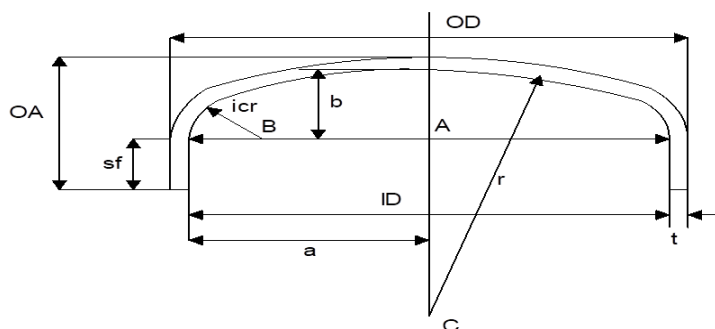
$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0,2P)} + C$$

$$th = \frac{3,880 \times 48 \times 1,75}{(2 \times 18750 \times 0,85 - 0,2 \times 3,880)} + 0,125$$

$$th = 0,128 \text{ inchi}$$

Diambil Ts standart sebesar 0,188 atau 3/16

4. Tinggi Head Reaktor



Dengan th sebesar 3/16 inchi, maka nilai sf berkisar 1,5-2 inchi. Dipilih nilai sf 2 inchi

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = [48 - 2x(3/16)] \text{ inchi}$$

$$ID = 47,625 \text{ inchi}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = \frac{47,625}{2}$$

$$a = 23,813 \text{ inchi}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = (23,813 - 3) \text{ inchi}$$

$$AB = 20,813 \text{ inchi}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = (48 - 3) \text{ inchi}$$

$$BC = 45 \text{ inchi}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{45^2 - 20,813^2}$$

$$AC = 39,898 \text{ inchi}$$

$$b = r - AC$$

$$b = (48 - 39,898) \text{ inchi}$$

$$b = 8,102 \text{ inchi}$$

$$H_{Head} = th + b + sf$$

$$H_{Head} = \left[\left(\frac{3}{16} \right) + 8,102 + 2 \right] \text{ inchi}$$

$$H_{Head} = \left[\left(\frac{3}{16} \right) + 8,102 + 2 \right] \text{ inchi}$$

$$H_{Head} = 10,290 \text{ inchi} = 0,261 \text{ m}$$

$$H_{Reaktor} = 2V_{Head} + H_{Shell}$$

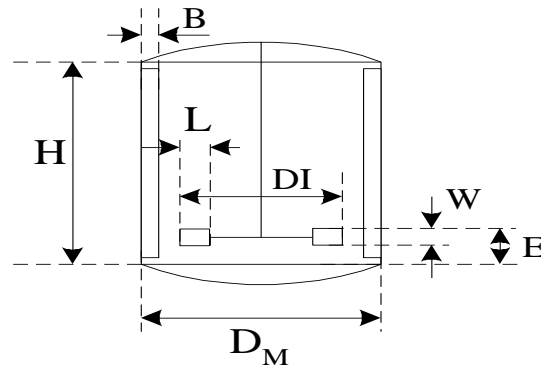
$$H_{Reaktor} = ((2 \times 0,261) + 0,661) \text{ m}$$

$$H_{Reaktor} = 1,184 \text{ m}$$

G. Perancangan Pengaduk

1. Spesifikasi Pengaduk

Untuk viskositas 0,976 cP, maka jenis pengaduk yang dipilih adalah *Flat Blade Turbines Impeller*



Menurut Holland, F.A dan F.S., jenis tipe pengaduk tersebut mempunyai 6 *blade* dan reaktor dilengkapi 4 *baffle*.

$$D_M = D_{Shell}$$

$$D_M = 0,661 \text{ m}$$

$$D_I = \frac{D_M}{3}$$

$$D_I = \frac{0,661}{3}$$

$$D_I = 0,220 \text{ m}$$

$$E = \frac{D_M}{3}$$

$$E = \frac{0,661}{3}$$

$$E = 0,220 \text{ m}$$

$$B = \frac{D_M}{12}$$

$$B = \frac{0,661}{12}$$

$$B = 0,055 \text{ m}$$

$$L = \frac{D_I}{4}$$

$$L = \frac{0,220}{4}$$

$$L = 0,055 \text{ m}$$

$$W = \frac{D_M}{5}$$

$$W = \frac{0,661}{5}$$

$$W = 0,132 \text{ m}$$

$$H = D_M$$

$$H = 0,661 \text{ m}$$

2. Menghitung Jumlah Impeller

$$sg = \frac{\rho_{\text{Cairan}}}{\rho_{\text{Air}}}$$

$$sg = \frac{934,513}{960,788}$$

$$sg = 0,973$$

$$WELH = H_{\text{Cairan}} \times sg$$

$$WELH = 0,590 \times 0,973$$

$$WELH = 0,573 \text{ m} = 1,881 \text{ ft}$$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = \frac{WELH}{D}$$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = \frac{0,573}{0,661}$$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = 0,867 = 1$$

3. Menentukan Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2D_1} = \left(\frac{\pi D_1 N}{600} \right)$$

$$N = \frac{600}{\pi D_1} \sqrt{\frac{WELH}{2D_1}}$$

$$N = \frac{600}{3,14 \times 0,723 \text{ ft}} \sqrt{\frac{1,881 \text{ ft}}{2 \times 0,723 \text{ ft}}}$$

$$N = 301,356 \text{ rpm} = 5,023 \text{ rps}$$

Dipilih jenis motor tipe *fixed speed belt*, dengan kecepatan motor standar 190 rpm atau 3,167 rps.

4. Menentukan Daya Motor

$$R_E = \frac{\rho_L N D_1^2}{\mu_L}$$

$$R_E = \frac{58,340 \times 3,167 \times 1,881^2}{6,56E^{-04}}$$

$$R_E = 147321,618$$

Berdasarkan figure 10.59, Towler dan Sinnott, untuk R_E bernilai 147321,618 maka, nilai N_p sebesar 5.

$$P = \frac{N^3 D_1^2 \rho N_p}{550gc}$$

$$P = \frac{3,167^3 \times 1,238^2 \times 58,34 \times 5}{550 \times 32,15}$$

$$P = \frac{3,167^3 \times 1,238^2 \times 58,34 \times 5}{550 \times 32,15}$$

$$P = 1,521 \text{ HP}$$

Berdasarkan figure 14.38 Peters, diambil efisiensi motor sebesar 82%

$$\text{Daya Motor} = \frac{P}{\eta}$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{1,521 \text{ HP}}{82\%}$$

$$\text{Daya Motor} = 1,855 \text{ HP}$$

Dipilih daya motor standart sebesar 2 HP

H. Neraca Panas

1. Arus Masuk

a. Arus 13

Komponen	Kmol	$\int C_p dT$	Q(Kj)
C ₆ H ₅ OH	15,064	12055,568	181602,241
H ₂ O	0,664	6913,918	4587,678
C ₇ H ₈ O ₂	0,248	16818,140	4175,882
Total			190365,801

b. Arus 13

Komponen	Kmol	$\int C_p dT$	Q (KJ)
CH ₂ O	12,804	8347,654	106885,027
H ₂ O	36,337	5265,657	191340,071
Total			298225,098

c. Arus 3

Komponen	Kmol	$\int C_p dT$	Q (KJ)
H ₂ SO ₄	0,145	10122,080	1463,149
H ₂ O	0,016	5265,657	84,567
Total			1547,716

d. Panas Reaksi

Panas Pembentukan Standar

Komponen	ΔH° (KJ/mol)
C ₆ H ₅ OH	-96,481
CH ₂ O	-115,871
C ₇ H ₈ O ₂	-249,170

$$\Delta H_{298}^\circ = \Delta H_p^\circ - \Delta H_r^\circ$$

$$\Delta H_{298}^\circ = -249,170 - (-96,481 + (-115,871))$$

$$\Delta H_{298}^\circ = -36,818 \text{ kj}$$

Banyak fenol yang bereaksi 10243,36 mol, maka $\Delta H_{298}^\circ = -377144,151 \text{ KJ}$

Komponen	Kmol	$\int C_p dT$	ΔH (KJ)
C ₆ H ₅ OH	10,243	12055,568	123489,524
CH ₂ O	10,243	8347,654	85508,022
ΔH_f			208997,546
C ₇ H ₈ O ₂	10,243	16818,140	172274,261
ΔH_p			172274,261

$$\Delta H_R^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \Delta H_p^\circ - \Delta H_f^\circ$$

$$\Delta H_R^\circ = (-377144,151 + 172274,261 - 208997,546) \text{ kj}$$

$$\Delta H_R^\circ = -413867,436 \text{ kj}$$

2. Arus Keluar

Komponen	Kmol	$\int C_p dT$	Q (KJ)
C ₆ H ₅ OH	4,820	12055,568	58112,717
CH ₂ O	2,561	8347,654	21377,005
H ₂ SO ₄	0,145	10122,080	1463,149
C ₇ H ₈ O ₂	10,492	16818,140	176450,143
H ₂ O	37,017	5265,657	194918,625
Total			452321,639

$$Q_{Masuk} = (190365,801 + 298225,098 + 1547,716 + 413867,436) \text{ kj}$$

$$Q_{Masuk} = 904006,051 \text{ kj}$$

$$Q_{Keluar} = 452321,639 \text{ kj}$$

Karena $Q_{masuk} > Q_{keluar}$, maka diperlukan pendingin agar suhu di reactor konstan.

Komponen	Masuk	Keluar
C ₆ H ₅ OH	181602,241	58112,717
CH ₂ O	106885,027	21377,005
H ₂ SO ₄	1463,149	1463,149
H ₂ O	196012,316	194918,625

C ₇ H ₈ O ₂	4175,882	176450,143
Sub total	490138,615	452321,639
Q reaksi	413867,436	
Q pendingin		451684,412
Total	904006,051	904006,051

3. Kebutuhan Pendingin

Diketahui,

$$Q = 451684,412 \text{ Kj}$$

$$C_p \text{ air} = 4,148 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_{in} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{out} = 40^\circ\text{C}$$

$$m_{pendingin} = \frac{Q}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

$$m_{pendingin} = \frac{451684,412 \text{ kj}}{4,148 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}(40 - 30)^\circ\text{C}}$$

$$m_{pendingin} = 10889,21 \text{ kg}$$

I. Penentuan dan Perancangan Pendingin

$$T_{air \text{ pendingin}} = 35^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

$$\rho_{air \text{ pada } 313 \text{ K}} = 1018,4091 \text{ kg/m}^3$$

1. Log Mean Temperature Defferensial

$$T_{in \text{ pendingin}} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{out \text{ pendingin}} = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

$$T_{in \text{ larutan}} = 95^\circ\text{C} = 368 \text{ K}$$

$$T_{out \text{ larutan}} = 95^\circ\text{C} = 368 \text{ K}$$

Inisial	Fluida Panas (°F)		Fluida Dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT ₂	203	Lower Temp	86	117
ΔT ₁	203	Higher Temp	104	99

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{117 - 99}{\ln \frac{117}{99}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 107,749 \text{ } ^\circ\text{F}$$

2. Menghitung luas transfer panas

Diketahui,

$$Q_{\text{Pendingin}} = 451.684,412 \text{ Kj/Jam} = 428.196,822 \text{ Btu/Jam}$$

Untuk *cold fluid* dimana *water* dan *hot fluid* dengan viskositas *medium organic*, nilai U_d berkisar antara 50-125 $\text{btu/ft}^2\text{ } ^\circ\text{FJam}$. Diambil nilai U_d 75 $\text{btu/ft}^2\text{ } ^\circ\text{FJam}$.

Maka nilai luas transfer panas dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{428196,822}{75 \times 107,749}$$

$$A = 52,986 \text{ ft}^2 = 4,922 \text{ m}^2$$

3. Menghitung luas selubung reactor

$$L = \pi D l$$

$$L = 3,14 \times 0,661 \times 0,661$$

$$L = 1,371 \text{ m}^2$$

Luas selimut $< A$ (luas transfer panas) terhitung, sehingga luas selimut tidak mencukupi sebagai luas transfer panas, maka digunakan koil pendingin.

4. Menentukan Kecepatan Volumetrik Air

Data fisis air pada suhu 35°C

$$C_p = 4,1799 \text{ kJ/kg.K} = 17,9819 \text{ kcal/kmol.K}$$

$$\rho = 994,0320 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_v = \frac{W_t}{\rho_{\text{air}}}$$

$$Q_v = \frac{10889,21}{994,032}$$

$$Q_v = 10,692 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

5. Menentukan Diameter Minimum Koil

Untuk aliran dalam koil/*tube*, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s

Dipilih,

$$\text{Kecepatan pendingin} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit air pendingin} = 10,954 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$v = 2,5 \text{ m/s} = 9000 \text{ m/jam}$$

$$A = \frac{Q_v}{v}$$

$$A = \frac{10,954}{9000}$$

$$A = 0,0012 \text{ m}^2 = 0,013 \text{ ft}^2 = 1,841 \text{ inchi}^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \times 0,0012}{3,14}}$$

$$ID = 0,0389 \text{ m} = 1,53 \text{ inchi}$$

Dipilih diameter standar,

$$\text{NPS} = 2 \text{ inchi}$$

$$\text{Schedule Number} = 80$$

$$\text{OD} = 2,38 \text{ inchi} = 0,198 \text{ ft} = 0,060 \text{ m}$$

$$\text{ID} = 1,939 \text{ inchi} = 0,161 \text{ ft} = 0,049 \text{ m}$$

$$\text{Luas Penampang (A')} = 2,95 \text{ inchi}^2 = 0,020 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas Perpan/panjang (a'')} = 0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

6. Menentukan hi

$$\rho_{\text{air pendingin}} = 1018,409 \text{ kg/m}^3 = 63,5487 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{air pendingin}} = 0,7356 \text{ cP} = 1,779 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k_{\text{air pendingin}} = 0,619 \text{ W/m.K} = 0,358 \text{ Btu/ftjam}^\circ\text{F}$$

$$C_{p_{\text{air pendingin}}} = 25604,916 \text{ kJ/kmol} = 1421,284 \text{ kJ/kg} = 611,152 \text{ Btu/lb}$$

a. Menentukan kecepatan aliran massa/luas penampang

$$G_t = \frac{W}{A}$$

$$G_t = \frac{24006,6}{0,020}$$

$$G_t = 1.171.847,403 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$v = \frac{G_t}{\rho}$$

$$v = \frac{1.171.847,403}{63,5487}$$

$$v = 18440,139 \frac{\text{ft}}{\text{jam}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5,12 \text{ ft/s}$$

Jadi kecepatan pendingin yang digunakan masih dalam batasan.

b. Menentukan Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{0,1616 \times 1.171.847,403}{1,7794}$$

$$Re = 106.413,784$$

Re > 4000, maka aliran turbulen.

Dengan nilai Re 106.413,784 maka didapatkan nilai jH sebesar 500

c. Menentukan nilai hi

$$hi = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$hi = 500 \times \frac{0,358}{0,161} \times \left(\frac{611,152 \times 1,779}{0,358}\right)^{\frac{1}{3}} \times (1)^{0,14}$$

$$hi = 16044,397 \text{ btu/ft}^2\text{jam}^\circ\text{F}$$

7. Menentukan nilai hio

$$h_{io} = hi \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 16044,397 \times \frac{0,1616}{0,1983}$$

$$h_{io} = 13071,465 \text{ btu/ft}^2\text{jam}^\circ\text{F}$$

Untuk koil, harga hio harus dikoreksi dengan factor koreksi,

$$h_{io_{coil}} = h_{io_{pipa}} \left(1 + 3,5 \frac{D_{Koil}}{D_{SpiralKoil}} \right)$$

Diambil $D_{spiral\ koil} = 70\% \times$ Diameter tangki

$$D_{spiral} = 70\% \times 47,625$$

$$D_{spiral} = 33,337 \text{ inchi} = 2,777 \text{ ft}$$

$$h_{io_{coil}} = 13071,465 \times \left(1 + 3,5 \times \frac{0,1616}{2,777} \right)$$

$$h_{io_{coil}} = 15733,482 \text{ btu/ft}^2 \text{ jam}^\circ F$$

8. Menentukan h_o

Diketahui,

$$L_p = D_i = 1,2376 \text{ ft}$$

$$N = 190 \text{ rpm} = 3,1667 \text{ rps} = 11400 \text{ rpj}$$

$$P = 934,513 \text{ kg/m}^3 = 58,3136 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,976 \text{ cp} = 2,362 \text{ lb/ft.jam}$$

$$cp = 5,2161 \text{ kJ/kg} = 1,2459 \text{ Btu/lb}$$

$$k = 0,8863 \text{ Btu/ft.j.}^\circ F$$

$$OD = 2,38 \text{ inchi} = 0,198 \text{ ft}$$

$$D = 47,6250 \text{ inchi} = 3,967 \text{ ft}$$

$$\mu/\mu_w = 1$$

$$h_o = 0,87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{L_p^2 N \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{cp \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,4}$$

$$h_o = 0,87 \left(\frac{0,8863}{3,967} \right) \left(\frac{1,237^2 \times 11400 \times 58,3136}{2,3621} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1,2459 \times 2,3621}{0,8863} \right)^{\frac{1}{3}} (1)^{0,4}$$

$$h_o = 124.997,591 \text{ Btu/jamft}^2 \text{ }^\circ F$$

9. Menentukan U_c

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = \frac{429338,901 \times 15916,898}{429338,901 + 15916,898}$$

$$U_c = 13974,507 \text{ Btu/jamft}^2 \text{ }^\circ F$$

10. Menentukan U_D

Untuk kecepatan air = 2,5 m/s, maka R_d sebesar 0,003, sehingga diperoleh,

$$h_D = \frac{1}{R_d}$$

$$h_D = \frac{1}{0,003}$$

$$h_D = 333,3 \text{ Btu/jamft}^2\text{°F}$$

$$U_D = \frac{h_D \times U_c}{h_D + U_c}$$

$$U_D = \frac{333,3 \times 13974,507}{333,3 + 13974,507}$$

$$U_D = 325,567 \text{ Btu/Jamft}^2\text{°F}$$

11. Menentukan Luas Bidang Transfer Panas

$$A = \frac{Q_{Total}}{U_D \times \Delta LMTD}$$

$$A = \frac{428.196,822}{325,567 \times 107,749}$$

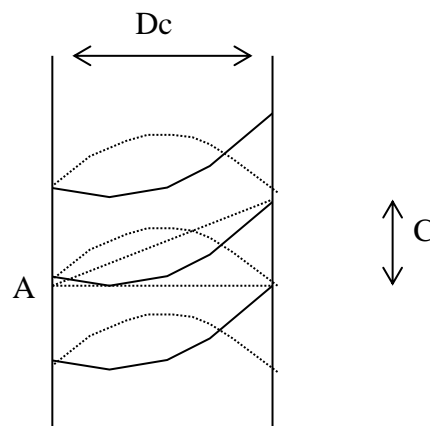
$$A = 12,206 \text{ ft}^2$$

12. Menentukan Panjang Koil

$$L_{Pipa \text{ Koil}} = \frac{A}{a''}$$

$$L_{Pipa \text{ Koil}} = \frac{12,206}{0,622}$$

$$L_{Pipa \text{ Koil}} = 19,624 \text{ ft} = 5,981 \text{ m}$$



13. Menentukan Jumlah Lengkungan Koil

$$D_C = 70\% \times D_{Tangki \text{ Reaktor}}$$

$$D_C = 70\% \times 47,625$$

$$D_C = 33,337 \text{ inchi} = 2,778 \text{ ft}$$

$$AB = ID$$

$$BC = X$$

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2}$$

$$AC = \sqrt{(ID)^2 + (X)^2}$$

$$\text{Busur } AB = \frac{1}{2} \pi D_c$$

$$\text{Busur } AC = \frac{1}{2} \pi AC$$

Diambil,

$$X = 0,5 \times OD$$

$$X = 0,5 \times 2,38$$

$$X = 1,19 \text{ inchi} = 0,0992 \text{ ft}$$

Panjang satu putaran,

$$K_{Lilitan} = \frac{1}{2} \text{Putaran Miring} + \frac{1}{2} \text{Putaran Datar}$$

$$K_{Lilitan} = \frac{1}{2} \pi D_c + \frac{1}{2} \pi AC$$

$$K_{Lilitan} = \frac{1}{2} \pi D_c + \frac{1}{2} \pi [(D_c^2 \times X^2)^{1/2}]$$

$$K_{Lilitan} = \frac{1}{2} \times 3,14 \times 2,778 + \frac{1}{2} \times 3,14 [(2,778^2 \times 0,0992^2)^{1/2}]$$

$$K_{Lilitan} = 8,7261 \text{ ft} = 104,713 \text{ inchi} = 2,659 \text{ m}$$

14. Menentukan Banyaknya Lilitan

$$N_{Lilitan} = \frac{L_{Pipa Koil}}{K_{Lilitan}}$$

$$N_{Lilitan} = \frac{19,6244}{8,7261}$$

$$N_{Lilitan} = 2,248 = 3 \text{ Lilitan}$$

15. Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

$$\text{Tinggi Tumpukan}_{Koil} = [(N_{Lilitan} - 1) \times X] + (N_{Lilitan} \times OD)$$

$$\text{Tinggi Tumpukan}_{Koil} = [(3 - 1) \times 0,00992] + (3 \times 0,1983)$$

$$\text{Tinggi Tumpukan}_{Koil} = 0,7933 \text{ ft} = 0,2418 \text{ m} = 9,52 \text{ inchi}$$

Tinggi cairan dalam *shell* akan naik karena adanya volume dari koil. Asumsi koil ada dalam *shell* saja.

Diketahui,

$$V_{\text{Cairan Dalam Shell}} = 0,7016 \text{ m}^3$$

16. Volume Koil

$$V_{\text{Koil}} = \pi D^2 l$$

$$V_{\text{Koil}} = 3,14 \times (0,0604)^2 \times 5,981$$

$$V_{\text{Koil}} = 0,068 \text{ m}^3$$

17. Luas Shell

$$A_{\text{Shell}} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_{\text{Shell}} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,132^2$$

$$A_{\text{Shell}} = 1,0054 \text{ m}^2$$

18. Tinggi Cairan Setelah Ditambah Koil(Z_C)

$$Z_C = \frac{V_{\text{Cairan dalam shell}} + V_{\text{Koil}}}{A_{\text{Shell}}}$$

$$Z_C = \frac{0,7016 + 0,0686}{1,0054}$$

$$Z_C = 0,7661 \text{ m} = 30,162 \text{ inchi}$$

19. Tinggi Cairan di dalam reactor setelah ada koil(Z_{C2})

$$Z_{C2} = Z_C + b + sf$$

$$Z_{C2} = 30,162 + 8,102 + 2$$

$$Z_{C2} = 40,264 \text{ inchi} = 1,022 \text{ m}$$

20. Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil(hk)

$$hk = \frac{\text{Tinggi Cairan Setelah Ada Koil} - \text{Tumpukan Koil}}{2}$$

$$hk = \frac{1,0227 - 0,2418}{2}$$

$$hk = 0,39 \text{ m}$$

$$b + sf = (8,102 + 2) \text{ inchi}$$

$$b + sf = 10,102 \text{ Inchi} = 0,256 \text{ m}$$

Asumsi dikatakan benar jika,

1. Tinggi Tumpukan Koil < Tinggi Cairan, artinya koil tercelup dalam cairan.
2. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (h_k) > ($b+sf$), maka asumsi bahwa koil tercelup di shell saja adalah benar.

J. Pressure Drop

$$\text{faktor friksi}(f) = 0,0035 + \frac{0,264}{Re^{0,42}}$$

$$\text{faktor friksi}(f) = 0,0035 + \frac{0,264}{(106413,784)^{0,42}}$$

$$\text{faktor friksi}(f) = 0,00554 \text{ ft}^2 / \text{in}^2$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, $s = 1$, dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan $\mu = \mu_w$, maka $\theta_t = 1$.

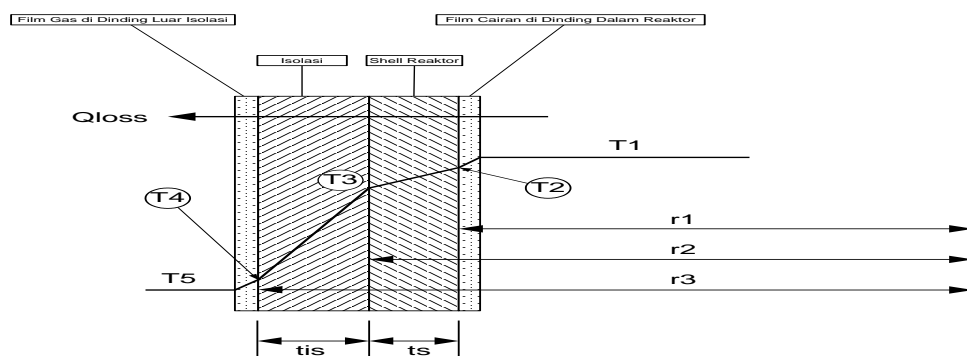
$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times s \times \theta_t}$$

$$\Delta P_T = \frac{0,00554 \times 18440,139^2 \times 19,624}{5,22 \times 10^{10} \times 0,1616 \times 1 \times 1}$$

$$\Delta P_T = 0,0044 \text{ psi}$$

H. Perancangan Isolator

Isolasi diperlukan agar suhu dinding reaktor tidak terlalu tinggi demi keamanan dan kenyamanan kerja karyawan di sekitar lokasi reaktor



Keterangan gambar :

T_1 : Suhu cairan dalam reaktor

T_2 : Suhu dinding dalam reaktor

T_3 : Suhu dinding luar reaktor

T_4 : Suhu dinding luar isolasi

t_{is} : Tebal isolasi

t_s : Tebal dinding reaktor

r_1 : Jari-jari dalam reaktor

r_2 : Jari-jari luar reaktor ($r_1 + t_s$)

r_3 : Jari-jari luar isolasi = $r_2 + t_{is}$

Dirancang : $T_4 (T_w) = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 104 \text{ }^\circ\text{F} = 564 \text{ R}$

Diketahui : $T_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C} = 203 \text{ }^\circ\text{F} = 663 \text{ R}$

$T_5 (T_u) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 546 \text{ R}$

ID = 1,210 m = 3,968 ft

$Z_p = 1,131 \text{ m} = 3,712 \text{ ft}$

$r_1 = 0,604 \text{ m} = 1,984 \text{ ft}$

$t_p = 0,004 \text{ m} = 0,015 \text{ ft}$

$r_2 = 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft}$

Tahap-tahap perpindahan panas dari cairan dalam reaktor ke lingkungan sekitar

1. Konveksi dari cairan ke dinding dalam reaktor

$$Q_1 = h_{c1} A_i (T_2 - T_1)$$

Dengan : h_{c1} = Koefisien perpindahan panas konveksi dari cairan ke dinding dalam reaktor, Btu/jam.ft².

Asumsi : $h_{c1} >$ sehingga $T_1 \sim T_2$

2. Konduksi dari dinding dalam reaktor ke dinding luar reaktor

$$Q_2 = \frac{2\pi Z_p k_s (T_2 - T_3)}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}$$

Dengan : k_s = Konduktifitas bahan reaktor (baja), Btu/jam.ft².(R/ft)

3. Konduksi melalui dinding isolasi

$$Q_3 = \frac{2\pi z_p k_{is}(T_3 - T_4)}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}$$

Dengan : k_{is} = Konduktifitas bahan isolator, Btu/jam.ft².(R/ft)

4. Konveksi bebas dan radiasi dari dinding luar isolasi ke sekitar

$$Q_4 = (h_{c2} + h_r)A_{ois}(T_4 - T_3)$$

Dengan,

h_{c2} = Koefisien perpindahan panas konveksi dari dinding luar isolasi ke sekitar, Btu/jam.ft².R

h_r = Koefisien perpindahan panas radiasi dari dinding luar isolasi ke sekitar, Btu/jam.ft².R-

A_{ois} = Luas permukaan dinding luar isolasi, ft²

Asumsi, tidak ada akumulasi panas (steady state), sehingga, $Q_{loss} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$

Dipilih isolasi dengan spesifikasi sebagai berikut :

Bahan = *Polyurethane*

Konduktifitas, k_{is} = 0,114 Btu/jam.ft².(R/ft)

Emisifitas, e_{is} = 0,9375 (kisaran e untuk *polyurethane* = 0.93 - 0.945)

Sifat fisis dinding reaktor :

Konduktifitas, k_s = 26 Btu/jam.ft².(R/ft)

Algoritma Perhitungan :

1. Trial tebal isolasi

$$t_{is} = 4,125 \text{ in} = 0,343 \text{ ft}$$

2. Jari-jari luar isolasi

$$r_3 = r_2 + t_{is} = 2,343 \text{ ft}$$

3. Perhitungan luas permukaan luar isolasi

$$A_{ois} = \pi(ID + 2t_p + 2t_{is})z_p$$

$$A_{ois} = 3,14 \times (ID + 2t_p + 2t_{is})z_p$$

$$A_{ois} = 3,14 \times (3,968 \text{ ft} + 2 \times 0,015 \text{ ft} + 2 \times 0,343 \text{ ft}) \times 3,712 \text{ ft}$$

$$A_{ois} = 54,649 \text{ ft}^2$$

4. Trial suhu permukaan luar isolasi

$$T_4 = T_w = 39,817 \text{ }^\circ\text{C} = 103,671 \text{ }^\circ\text{F} = 563,671 \text{ R}$$

5. Perhitungan koefisien perpindahan panas konveksi bebas dan radiasi dari dinding luar isolasi ke sekitar.

a. Koefisien perpindahan panas konveksi bebas,

$$h_c = 0,3\Delta T^{0,25}$$

Dengan nilai ΔT sebagai berikut,

$$\Delta T = T_w - T_U$$

$$\Delta T = (563,671 - 546)R$$

$$\Delta T = 17,671 R$$

Sehingga diperoleh nilai h_c ,

$$h_{c2} = h_c = 0,3(17,671)^{0,25}$$

$$h_{c2} = h_c = 00,615 \frac{\text{Btu}}{\text{Jamft}^2R}$$

b. Koefisien perpindahan panas radiasi

$$h_r = \sigma \varepsilon \frac{(T_w^4 - T_U^4)}{(T_w - T_U)}$$

$$h_r = 1,73 \times 10^{-9} \times 0,9375 \times \frac{(563,671^4 - 546^4)}{(563,671 - 546)}$$

$$h_r = 1,108 \text{ Btu/Jamft}^2R$$

6. Perhitungan panas hilang setelah diisolasi

$$Q_{Loss} = Q_4 = (h_{c2} + h_r)A_{ois}(T_4 - T_U)$$

$$Q_{Loss} = Q_4 = (0,615 + 1,108) \frac{\text{Btu}}{\text{jamft}^2R} \times 54,649 \text{ ft}^2 \times (563,671 - 546)R$$

$$Q_{Loss} = Q_4 = 1664,355 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} = 419,41 \text{ kkal/jam}$$

7. Perhitungan suhu dinding luar reactor

Persamaan 2 diatur kembali, kemudian menganggap $Q_2 = Q_{loss}$ dan $T_2 = T_1$ maka diperoleh

$$T_3 = T_2 - \left(\frac{Q_2 \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2\pi z_p k_s} \right)$$

$$T_3 = 663 R - \left(\frac{1664,355 \frac{Btu}{Jam} \times \ln \left(\frac{2 ft}{1,984 ft} \right)}{2 \times 3,14 \times 3,712 ft \times 26 \frac{Btu}{Jam ft^2} \left(\frac{R}{ft} \right)} \right)$$

$$T_3 = 662,978 R$$

8. Perhitungan suhu dinding luar isolasi

Persamaan 3 diatur kembali, kemudian dengan menganggap $Q_3 = Q_{loss}$ maka diperoleh,

$$T_4 = T_3 - \left(\frac{Q_3 \ln \left(\frac{r_3}{r_2} \right)}{2\pi z_p k_{is}} \right)$$

$$T_4 = 662,978 R - \left(\frac{1664,355 \frac{Btu}{Jam} \times \ln \left(\frac{2,343 ft}{2 ft} \right)}{2 \times 3,14 \times 3,712 ft \times 0,114 \frac{Btu}{Jam ft^2} \left(\frac{R}{ft} \right)} \right)$$

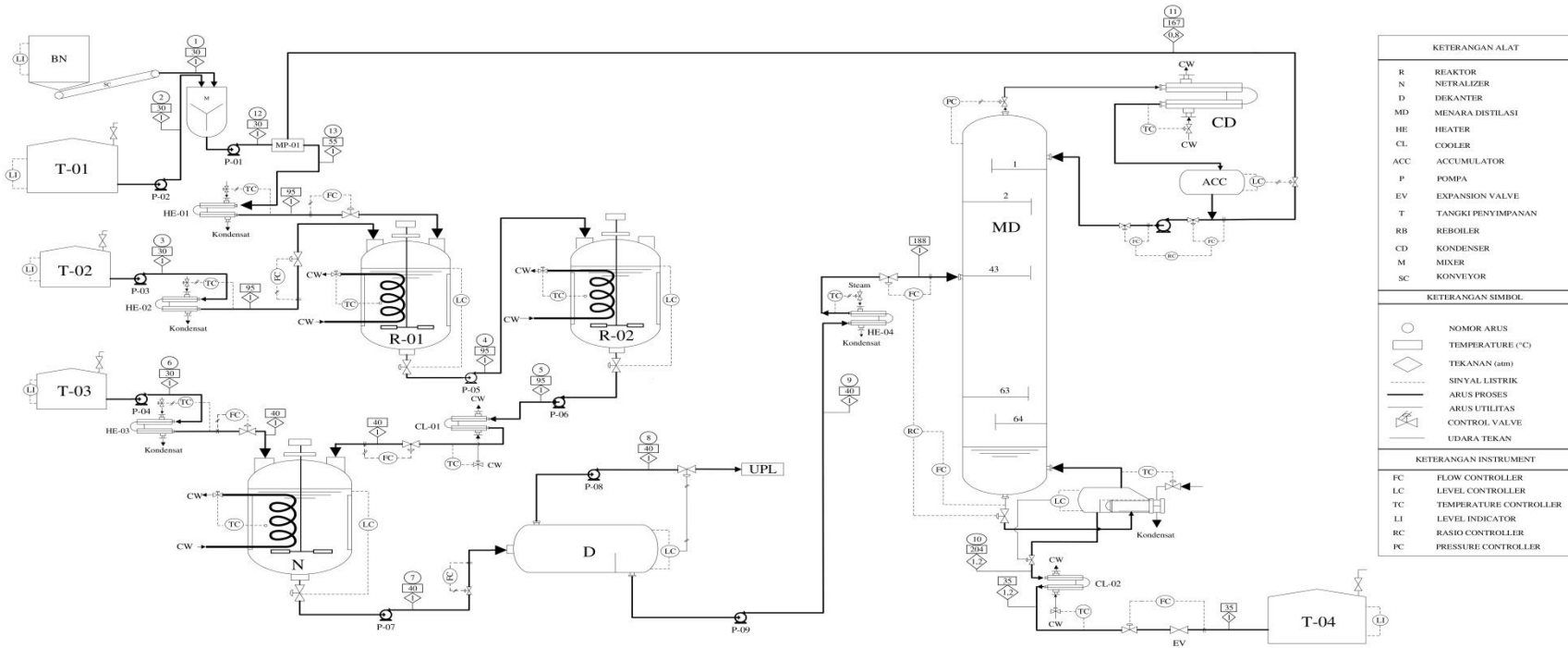
$$T_{4Hitung} = 563,67 R = 103,67 ^\circ F = 39,817 ^\circ C$$

$$Toleransi = Abs (T_{4Trial} - T_{4Hitung})$$

$$Toleransi = 6,37 \times 10^{-5} ^\circ C$$

Karena $T_{4 hitung} \sim T_{4 trial}$ dan $T_4 = 40 ^\circ C$ maka perhitungan sudah benar.

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID
DENGAN KAPASITAS 12.000 TON / TAHUN**



Komponen	Arus (Kg/Jam)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C ₆ H ₅ OH	1183,440			453,668	260,859		260,859	21,808	239,051	4,779	234,273	1183,440	1417,713
CH ₂ O		384,465		76,893	15,379		15,379	15,379				384,465	384,465
H ₂ SO ₄			14,177	14,177	14,177								
C ₇ H ₈ O ₂				1302,441	1556,764		1556,764	15,568	1541,196	1510,373	30,824		30,824
H ₂ O	11,954	654,630	0,289	666,873	666,873	12,527	684,608	684,608				666,584	666,584
NaOH						11,563							
Na ₂ SO ₄							20,532	20,532					
Total	1195,394	1039,095	14,466	2514,052	2514,052	24,090	2538,142	757,894	1780,248	1515,152	265,096	2234,489	2499,586



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

Dibuat oleh:
 1. RIAN FORO RAHARJO (14 521 062)
 2. ADITYA FIRNANDY (14 521 089)

Dosen pembimbing:
 Pembimbing I : Ir. SUKIRMAN, M.M. C.TEXT.ATI
 Pembimbing II : ARIANY ZULKANIA, S.T., M.Eng.