

**PRARANCANGAN PABRIK PHENOLIC RESIN (NOVOLAC)
DARI PHENOL DAN FORMALDEHIDA DENGAN
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
Perancangan Menara Distilasi (DC-01)**

(Skripsi)

Oleh:

**DORMIAN R.S.J. PAKPAHAN
1815041034**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK PHENOLIC RESIN (NOVOLAC)
DARI PHENOL DAN FORMALDEHIDA DENGAN
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
Perancangan Menara Distilasi (DC-01)**

Oleh:

**DORMIAN R.S.J. PAKPAHAN
1815041034**

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK PHENOLIC RESIN (NOVOLAC) DARI PHENOL DAN FORMALDEHIDA DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN Perancangan Menara Distilasi (DC-01)

Oleh

DORMIAN R.S.J. PAKPAHAN

Pabrik *Novolac* resin berbahan baku Fenol dan Formaldehida , akan didirikan di Cilegon, Banten. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi *Novolac* sebanyak 50.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Fenol sebanyak 6512,5262 kg/jam dan Formaldehida sebanyak 4727,1054 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik *Novolac* berupa pengadaan air, *dowtherm*, pengadaan listrik, kebutuhan bahan bakar, dan pengadaan udara.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 132 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 1.000.716.945.071
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 176.597.107.954
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.177.314.053.024
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 47,54 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 29,75 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,80 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,16 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 38,52 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 30,82 %
<i>Interest Rate of Return</i>	(IRR)	= 38,32 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Novolac* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF PHENOLIC-RESINS (NOVOLAC) FROM PHENOL AND FORMALDEHYDE CAPACITY 50.000 TONS/YEAR (Design of Distillation Column-01 (DC-01))

By

DORMIAN R.S.J. PAKPAHAN

Novolac Resins plant with raw materials phenol and formaldehyde will be build in Cilegon, Banten. Establishment of this plant in Banten due to raw material resource, transportation, labors and also environmental condition.

This plant will produce 50.000 tons/year, with time of operation 24 hours/day, and 330 days on a year. The raw material which use are phenol 6512,5262 kg/hour and formaldehyde 4727,1054 kg/hour.

This plant has utility units which the function are for water treatment, water supply, dowertherm, power generation, and air supply.

The bussines entity of this plant is limited liability company (PT) and using line and staff structure with 132 labors.

From financial annalyze:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 1.000.716.945.071
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 176.597.107.954
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.177.314.053.024
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 47,54 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 29,75 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,80 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,16 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 38,52 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 30,82 %
<i>Interest Rate of Return</i>	(IRR)	= 38,32 %

Consider the summary above, it is proper establishment of Novoac Resins plant is studied further, because the plant is profitable and has good prospects.

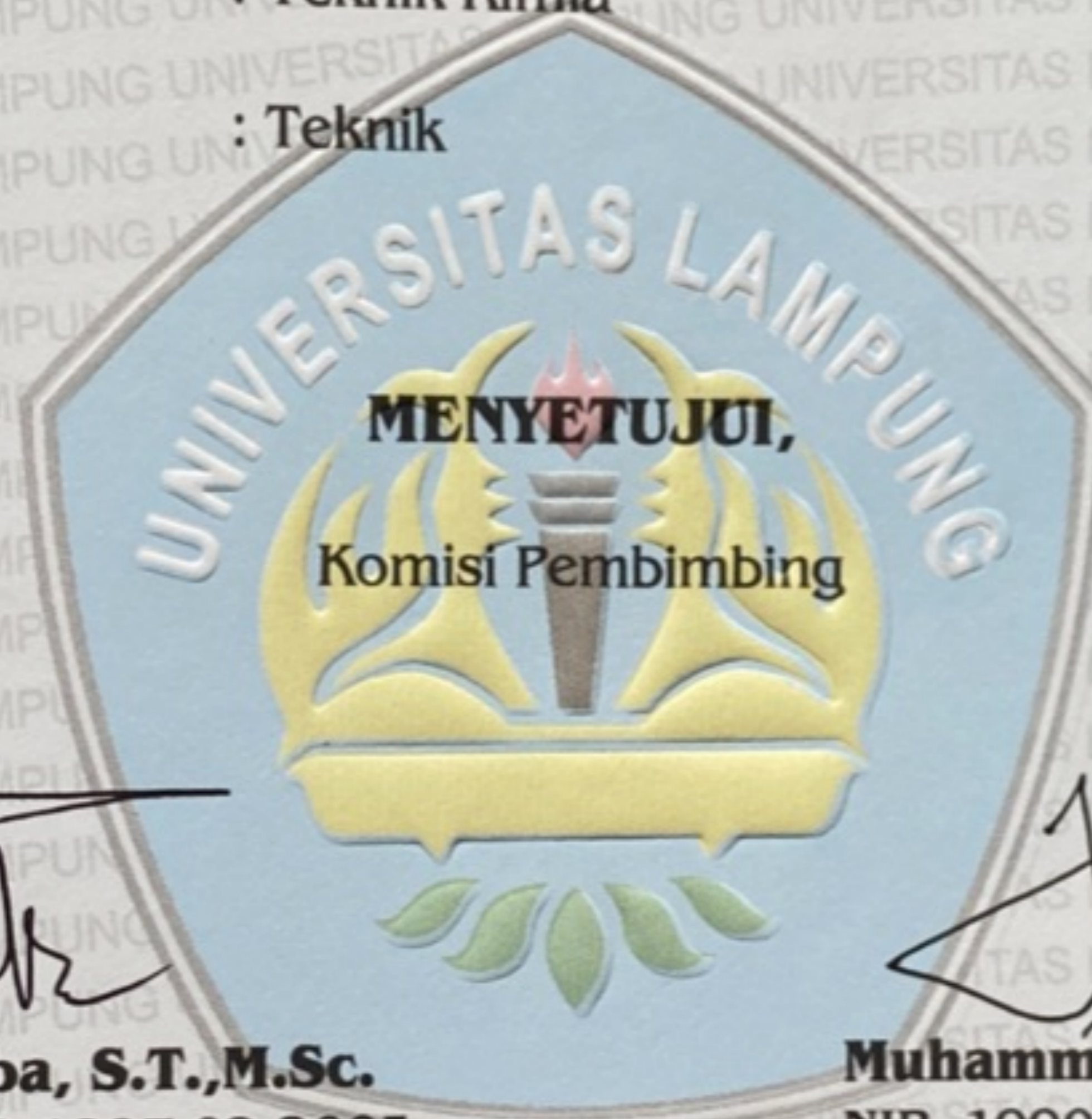
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK PHENOLIC RESIN (NOVOLAC) DARI PHENOL DAN FORMALDEHIDA DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi-01 (DC-01))**

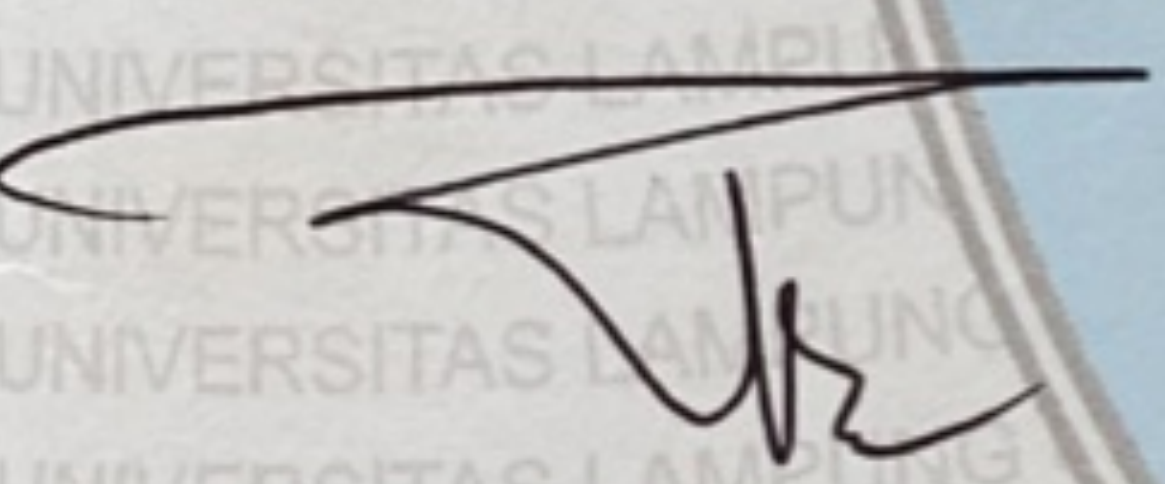
Nama Mahasiswa : **Dormian R.S.J. Pakpahan**


No. Pokok Mahasiswa : 1815041034

Program Studi : Teknik Kimia

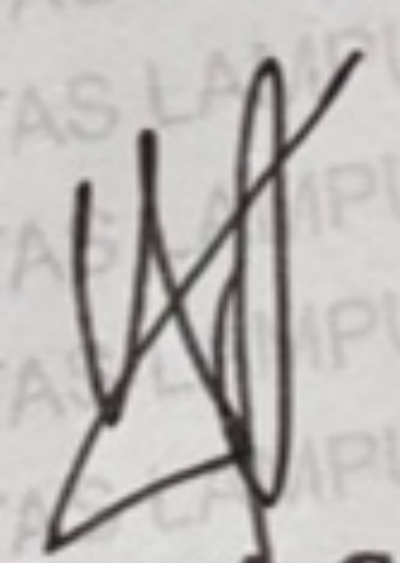
Fakultas : Teknik




Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.
NIP. 1968 0902 1997 02 2005


Muhammad Haviz, S.T., M.T.
NIP. 199001282019031015

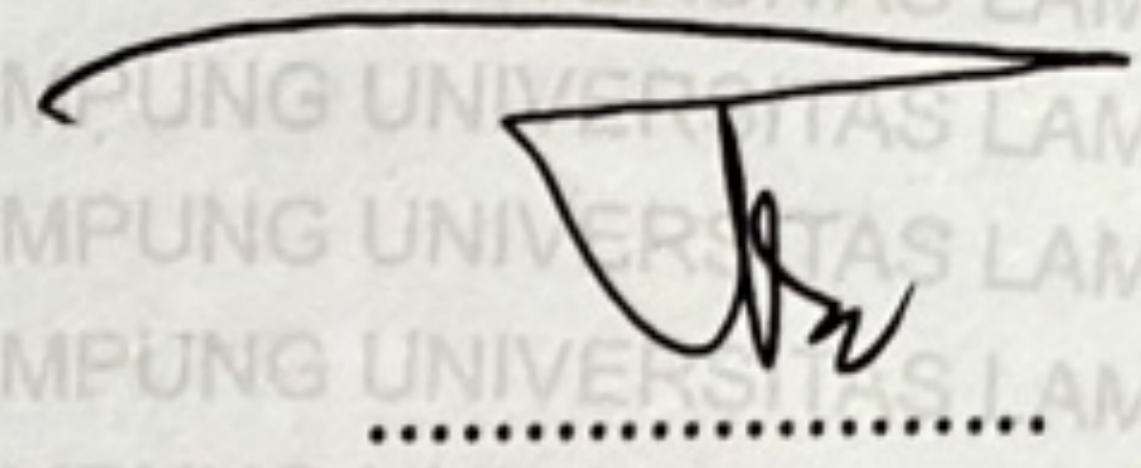
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

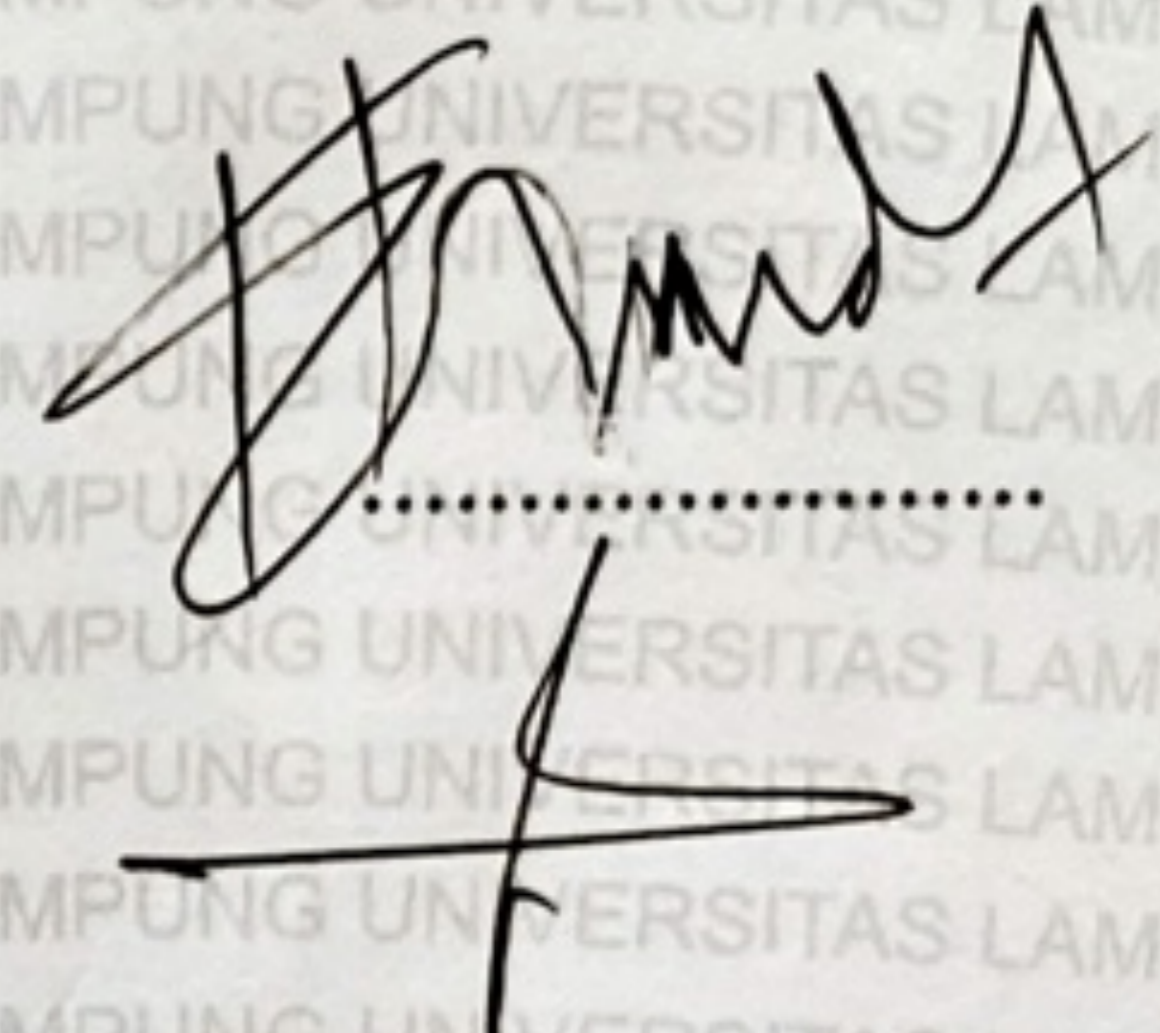
Ketua : Dr. Elida Purba, S.T.,M.Sc.



Sekretaris : Muhammad Haviz, S.T.,M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Lilis Hermida, S.T.,M.Sc.**



Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 November 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2023



Dormian K.S.J. Pakpahan

NPM. 1815041034

RIWAYAT HIDUP



Dormian Pakpahan, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Lumban Tanjung pada tanggal 30 Maret 2000, putri sulung dari pasangan Bapak Selamat Pakpahan dan Ibu Jentiner Siregar.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Batunadua pada tahun 2005, pendidikan Sekolah Dasar di SDN 173214 Inpres pangaribuan pada tahun 2011, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Pangaribuan pada tahun 2014 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 3 Tarutung pada tahun 2017.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi HIMATEMIA sebagai Staff Departemen Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2019 dan 2020.

Pada tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Baru Kecamatan Labuhan Ratu, Bandar Lampung dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Buma Cima Nusantara Unit Bungamayang dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Evaporator* di Stasiun *Evaporator*”. Pada tahun 2021 hingga

2022, penulis melakukan penelitian dengan judul “Hidrolisis Pati Jagung Menggunakan Enzim Glukoamilase Amobil Pada Silika MCF-BBA(*Mesostructured Cellular Foam-Baggase Bottom Ash*)” dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada Februari 2023 di Jurnal *Environmental technology and innovation* yang diterbitkan oleh *Elsevier*.

Motto dan Persembahan

“Jadi jika kamu yang jahat tau memberi pemberian yang baik kepada anak-anakmu, apalagi Bapamu yang di sorga! Ia akan memberikan Roh Kudus kepada mereka yang meminta kepada-Nya”

(Lukas 11:13)

“Jika kamu benar-benar menginginkan sesuatu, lambat laun kamu pasti akan segera menemukan caranya”

“Aku tidak harus hebat untuk memulai, tapi Aku harus memulai untuk menjadi orang hebat ”

“Dimana ada niat disitu ada jalan”

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Phenolic Resin Novolak dengan Kapsitas 50.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberikan banyak pengarahan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.S. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan kelancaran dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga penulis bisa mengerjakannya dengan baik dan cepat.
3. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan banyak kemudahan dalam pengerjaan TA ini sehingga saya bisa mengerjakannya dengan keikhlasan dan penuh semangat.
4. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc, selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran, kritikan dan juga mengasah logika untuk mengarahkan ke jalan yang benar dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

6. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal dan acuan untuk terus berkembang di masa depan
7. Bapak dan Mama atas segala cinta, kasih, sayang, do'a, dukungan, kepercayaan, ketulusan, terutama materi yang diberikan kepada penulis sampai pendidikan ini selesai..
8. Teman-teman geng Gerakan Perubahan yaitu Febrina Uli Lubis, Enda Pepayosa, Deliana Sari Sormin, Elizan Tika, Indah Alya yang menemani penulis semenjak memasuki Teknik Kimia Unila hingga akhir perkuliahan. Banyak pengalaman berharga yang telah penulis lalui bersama kalian. Terimakasih banyak, semoga kita bisa bertemu lagi di step selanjutnya di kehidupan ini.
9. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Kimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih banyak untuk 5,5 tahun ini sudah membantu dalam banyak hal selama penulis berada di Teknik Kimia.
10. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan kebaikan untuk penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 11 Desember 2023

Penulis,

Dormian RSJ Pakpahan

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.2. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Kapasitas Perancangan	3
1.4. Lokasi Pabrik.....	7
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1. Dasar Reaksi Proses Pembuatan Resin Novolac	11
2.2. Jenis Proses Pembentukan Resin Novolac	11
2.3. Pemilihan Bahan Baku dan Proses	12
2.4. Tinjauan Termodinamika	19
2.5. Tinjauan Kinetika	21
2.6. Uraian Proses.....	22
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Bahan Baku	24
3.2. Bahan Pembantu.....	25
3.3. Produk.....	26
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa.....	28
4.1.1. <i>Mixed Point</i> (MP – 01).....	28

4.1.2.	Mixing Tank (MT – 01)	28
4.1.3.	Reaktor (RE – 01)	29
4.1.4.	Evaporator (EV – 01)	29
4.1.5.	<i>Distillation Column</i> (DC – 01)	29
4.1.6.	Condensor (CD – 02)	30
4.1.7.	Reboiler (RB – 01)	30
4.2.	Neraca Panas	31
4.2.1.	Mixing Tank (MT – 01)	31
4.2.2.	<i>Heater</i> (HE – 01)	31
4.2.3.	<i>Mixed Point</i> (MP – 01)	31
4.2.4.	Heater (HE – 02)	32
4.2.5.	Reaktor (RE – 01)	32
4.2.6.	Evaporator (EV – 01)	33
4.2.7.	Condensor (CD – 01)	33
4.2.9.	<i>Distillation Column</i> (DC – 01)	34
4.2.10.	<i>Cooler</i> (CO – 01)	34

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN

5.1.	Peralatan Proses	35
5.1.1	Spesifikasi Storage Tank Phenol (ST-01)	35
5.1.2	Spesifikasi Storage Tank Formaldehyde (ST-02)	36
5.1.3	Spesifikasi Storage Tank Oxalic Acid (ST-03)	36
5.1.4	Storage Tank Product Novolac Resin ((ST-04)	37
5.1.5	Spesifikasi Mixing Tank (MT-01)	38
5.1.6	Spesifikasi Reaktor (RE-01)	39
5.1.7	Spesifikasi Evaporator (EV-01)	39
5.1.8	Barometric Condensor (BC – 01)	40
5.1.9	Spesifikasi Heater (HE-01)	41
5.1.10	Spesifikasi Heater (HE-02)	41
5.1.11	Spesifikasi Heater (HE-03)	42
5.1.12	Spesifikasi Distillation Coloumn (DC – 01)	43
5.1.13	Spesifikasi Condensor (CD – 01)	43

5.1.14	Spesifikasi Accumulator (AC-01)	44
5.1.15	Spesifikasi Reboiler (RB-01)	45
5.1.16	Spesifikasi Cooler (CO-01)	46
5.1.17	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 01)	46
5.1.18	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 02)	47
5.1.19	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 03)	47
5.1.20	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 04)	48
5.1.21	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 05)	49
5.1.22	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 06)	49
5.1.23	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 07)	50
5.1.24	Spesifikasi Pompa Proses (PP – 08)	50
5.2.	Peralatan Utilitas	51
5.2.1	Spesifikasi Bak Sedimentasi (SB – 01)	51
5.2.2	Spesifikasi Dissolving Tank Alum (DT – 01)	52
5.2.3	Spesifikasi Dissolving Tank NaOH (DT – 02)	52
5.2.4	Spesifikasi Dissolving Tank Kaporit (DT – 03)	53
5.2.5	Spesifikasi Clarifier (CL-01)	54
5.2.6	Spesifikasi Sand Filter (SF-01)	54
5.2.7	Spesifikasi Filter Water Tank (ST – 05)	55
5.2.8	Spesifikasi Hot Basin (HB – 01)	56
5.2.9	Spesifikasi Cooling Tower (CT-01)	56
5.2.10	Spesifikasi Cold Basin (CB-01)	57
5.2.11	Spesifikasi Cation Exchanger (CE-01)	57
5.2.12	Spesifikasi Anion Exchanger (AE-01)	58
5.2.13	Spesifikasi Storage Tank Asam Sulfat (ST-05)	59
5.2.14	Spesifikasi Storage Tank Dispersant (ST-06)	59
5.2.15	Spesifikasi Storage Tank Inhibitor (ST-07)	60
5.2.16	Spesifikasi Demin Water Tank (DWT – 01)	61
5.2.17	Spesifikasi Deaerator (DA-01)	62
5.2.18	Spesifikasi Hidrazin Tank (HT-01)	62
5.2.19	Spesifikasi Boiler (BO-01)	63
5.2.20	Spesifikasi Steam Blower (SB– 01)	64

5.2.21 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-601)	64
5.2.22 Spesifikasi Air Dryer (AD – 01).....	64
5.2.23 Spesifikasi Air Compressor (AC-01).....	65
5.2.24 Spesifikasi Air Blower 1 (AB – 01).....	65
5.2.25 Spesifikasi Air Blower 2 (AB – 02).....	66
5.2.26 Spesifikasi Air Blower 3 (AB – 03).....	66
5.2.27 Spesifikasi Air Blower 4 (AB – 04).....	66
5.2.28 Spesifikasi Generator Listrik (GS-01)	67
5.2. 29 Spesifikasi Storage Tank Bahan Bakar (ST-08).....	67
5.2.30 Spesifikasi Storage tank Limbah Cair (ST-09).....	68
5.2.31 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 01)	68
5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 02)	69
5.2.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 03)	69
5.2.34 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 04)	70
5.2.35 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 05)	71
5.2.36 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 06)	71
5.2.37 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 07)	72
5.2.38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 08)	72
5.2.39 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 09)	73
5.2.40 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 10)	74
5.2.41 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 11)	74
5.2.42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 12)	75
5.2.43 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 13)	76
5.2.44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 14)	76
5.2.45 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 15)	77
5.2.46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 16)	77
5.2.47 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 17)	78
5.2.48 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU - 18).....	79
5.2.49 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU - 19).....	79
5.2.49 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU - 20).....	80

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Penyediaan air.....	81
-------------------------------	----

6.2.	Unit Penyediaan Steam	91
6.3.	Unit Pembangkit Tenaga Listrik	92
6.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar	92
6.5.	Unit Penyediaan Udara Tekan	93
6.6.	Unit Pengolahan Limbah	93
6.7.	Unit Laboratorium	94
6.8.	Instrumentasi dan Pengendalian Proses	96

BAB VII TATA LETAK PABRIK

7.1.	Lokasi Pabrik.....	99
7.2.	Tata Letak Pabrik	103
7.2.	Prakiraan Areal Lingkungan.....	104

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1.	Bentuk Perusahaan.....	108
8.2.	Struktur Organisasi Perusahaan	110
8.3.	Tugas dan Wewenang.....	113
8.4.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	119
8.5.	Pembagian Jam Kerja Karyawan	120
8.6.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	122
8.7.	Kesejahteraan Karyawan	126

BAB XI INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1.	Investasi.....	129
9.2.	Evaluasi Ekonomi.....	133
9.1.	Angsuran Pinjaman	136
9.2.	Discounted Cash Flow (DCF)	136

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1.	Simpulan.....	137
10.2.	Saran	137

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Data impor resin <i>Novolac</i> Indonesia.....	3
Tabel 2.1 Pemilihan Formaldehida	13
Tabel 2.2 Perbandingan kelebihan katalis asam oksalat dan asam sulfat	13
Tabel 2.3 Harga Bahan Baku dan Produk	14
Tabel 2.4 Tinjauan ekonomi paada produksi 50.000 ton/tahun resin novolac dengan proses I	16
Tabel 2.5 Tinjauan ekonomi pada produksi 50.000 ton/tahun resin novolac dengan proses II.....	18
Tabel 2.6 Data Energi Gibbs	19
Tabel 2.7 Energi Bebas Gibss ikatan	20
Table 2.8 Entalpi Pembentukan standar.....	20
Tabel 2.9 Entalpi ikatan	21
Tabel 4.1.1 Neraca Massa Mixed Point (MP – 01).....	28
Tabel 4.1.2 Neraca Massa Mixing Tank (MT-01)	28
Tabel 4.1.3 Neraca Massa Reaktor (RE – 01).....	29
Tabel 4.1.4 Neraca Massa Evaporator (EV – 01)	29
Tabel 4.1.6 Neraca Massa Distilation Column (DC – 01)	29
Tabel 4.1.7 Neraca Massa Condensor (CD – 02).....	30
Tabel 4.1.8 Neraca Massa Reboiler (RB – 01)	30
Tabel 4.2.1 Neraca Panas Mixing Tank (MT-01)	31
Tabel 4.2.2 Neraca Panas Heater (HE-01)	31
Tabel 4.2.3 Neraca Panas Mixed Point (MP-01)	31
Tabel 4.2.4 Neraca Panas Heater (HE-02)	32
Tabel 4.2.5 Neraca Panas Reaktor (RE-01)	32
Tabel 4.2.6 Neraca Panas Evaporator (EV-01)	33

Tabel 4.2.7 Neraca Panas Condensor (CD-01)	33
Tabel 4.2.8 Neraca Panas Heater (HE-03)	33
Tabel 4.2.9 Neraca Panas Distillation Column (DC-01).....	34
Tabel 4.2.10 Neraca Panas Cooler (CO-01).....	34
Tabel 5.1.1 Spesifikasi Storage Tank Phenol (ST-01).....	35
Tabel 5.1.2 Spesifikasi Storage Tank Formaldehyde (ST-02).....	36
Tabel 5.1.3 Spesifikasi Storage Tank Oxalic Acid (ST-03).....	36
Tabel 5.1.4 Storage Tank Product Novolac Resin (ST-04).....	37
Tabel 5.1.5 Spesifikasi Mixing Tank (MT-01)	38
Tabel 5.1.6 Spesifikasi Reaktor (RE-01)	39
Tabel 5.1.7 Spesifikasi Evaporator (EV-01)	39
Tabel 5.1.8 Barometric Condensor (BC – 01)	40
Tabel 5.1.9 Spesifikasi Heater (HE-01)	41
Tabel 5.1.10 Spesifikasi Heater (HE-02)	41
Tabel 5.1.11 Spesifikasi Heater (HE-03)	42
Tabel 5.1.12 Spesifikasi Distillation Coloumn (DC – 01).....	43
Tabel 5.1.13 Spesifikasi Condensor (CD – 01).....	43
Tabel 5.1.14 Spesifikasi Accumulator (AC-01).....	44
Tabel 5.1.15 Spesifikasi Reboiler (RB-01).....	45
Tabel 5.1.16 Spesifikasi Cooler (CO-01).....	46
Tabel 5.1.17 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 01)	46
Tabel 5.1.18 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 02)	47
Tabel 5.1.19 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 03)	47
Tabel 5.1.20 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 04)	48
Tabel 5.1.21 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 05)	49
Tabel 5.1.22 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 06)	49
Tabel 5.1.23 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 07)	50
Tabel 5.1.24 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 08)	50
Tabel 5.2.1 Spesifikasi <i>Sedimentation Basin</i> (SB – 01).....	51
Tabel 5.2.2 Spesifikasi Dissolving Tank Alum (DT – 01)	52
Tabel 5.2.3 Spesifikasi Dissolving Tank NaOH (DT – 02).....	52
Tabel 5.2.4 Spesifikasi Dissolving Tank Kaporit (DT – 03).....	53

Tabel 5.2.5 Spesifikasi Clarifier (CL-01).....	54
Tabel 5.2.6 Spesifikasi Sand Filter (SF-01)	54
Tabel 5.2.7 Spesifikasi Filter Water Tank (ST – 05)	55
Tabel 5.2.8 Spesifikasi Hot Basin (HB – 01).....	56
Tabel 5.2.9 Spesifikasi Cooling Tower (CT-01).....	56
Tabel 5.2.10 Spesifikasi Cold Basin (CB-01)	57
Tabel 5.2.11 Spesifikasi Cation Exchanger (CE-01).....	57
Tabel 5.2.12 Spesifikasi Anion Exchanger (AE-01)	58
Tabel 5.2.13 Spesifikasi Storage Tank Asam Sulfat (ST-05).....	59
Tabel 5.2.14 Spesifikasi Storage Tank Dispersant (ST-06).....	59
Tabel 5.2.15 Spesifikasi Storage Tank Inhibitor (ST-07)	60
Tabel 5.2.16 Spesifikasi Demin Water Tank (DWT – 01)	61
Tabel 5.2.17 Spesifikasi Deaerator (DA-01).....	62
Tabel 5.2.18 Spesifikasi Hidrazin Tank (HT-01).....	62
Tabel 5.2.19 Spesifikasi Boiler (BO-01).....	63
Tabel 5.2.20 Spesifikasi Steam Blower (SB- 01).....	64
Tabel 5.2.21 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-601)	64
Tabel 5.2.22 Spesifikasi Air Dryer (AD – 01).....	64
Tabel 5.2.23 Spesifikasi Air Compressor (AC-01).....	65
Tabel 5.2.24 Spesifikasi Air Blower 1 (AB – 01).....	65
Tabel 5.2.25 Spesifikasi Air Blower 2 (AB – 02).....	66
Tabel 5.2.26 Spesifikasi Air Blower 3 (AB – 03).....	66
Tabel 5.2.27 Spesifikasi Air Blower 4 (AB – 04).....	66
Tabel 5.2.28 Spesifikasi Generator Listrik (GS-01)	67
Tabel 5.2. 29 Spesifikasi Storage Tank Bahan Bakar (ST-08)	67
Tabel 5.2.30 Spesifikasi Storage tank Limbah Cair (ST-09).....	68
Tabel 5.2.31 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 01)	68
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 02)	69
Tabel 5.2.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 03)	69
Tabel 5.2.34 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 04)	70
Tabel 5.2.35 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 05)	71
Tabel 5.2. 36 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 06)	71

Tabel 5.2.37 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 07)	72
Tabel 5.2.38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 08)	72
Tabel 5.2.39 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 09)	73
Tabel 5.2.40 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 10)	74
Tabel 5.2.41 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 11)	74
Tabel 5.2.42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 12)	75
Tabel 5.2.43 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 13)	76
Tabel 5.2.44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 14)	76
Tabel 5.2.45 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 15)	77
Tabel 5.2.46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 16)	77
Tabel 5.2.47 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 17)	78
Tabel 5.2.48 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-18)	79
Tabel 5.2.49 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-19)	79
Tabel 5.2.50 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-20)	80
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	82
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	83
Tabel 6.3. Persyaratan Kualitas Air Pendingin	83
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pembangkit Steam 300 °C.....	83
Tabel 6.5. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	97
Tabel 6.6. Pengendalian Variabel Utama Proses	98
Tabel 7.1. Industri Yang Membutuhkan Resin novolak dalam negeri	100
Tabel 7.2. Industri Yang Membutuhkan Resin novolak Negara Tetangga	100
Tabel 7.3. Perincian Luas Area Pabrik resin <i>Novolac</i>	104
Tabel 7.4. Alat alat Proses.....	106
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	122
Tabel 8.2. Perinciann Tingkat Pendidikan	122
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	124
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	124
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	125
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	130
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	131
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	132

Tabel 9.4. Biaya Administratif.....	132
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	134
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	135
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	137

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Jumlah impor resin Novolac di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Grafiik Kebutuhan <i>Novolac</i> di Beberapa Negara.....	5
Gambar 1.3 Lokasi Prarancangan Pabrik <i>Phenolic Resin (Novolac)</i>	7
Gambar 6.1. Diagram Cooling Water System	85
Gambar 7.1. Lokasi Prarancangan Pabrik <i>Phenolic Resin (Novolac)</i>	102
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	105
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	107
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	112
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	136
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	130

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini Indonesia sedang mengalami perkembangan di berbagai bidang industri. Salah satu industri yang banyak berkembang adalah industri bahan kimia. Dengan berkembangnya industri kimia di Indonesia maka akan mengurangi ketergantungan negara kita terhadap impor dari negara lain. Adanya industri kimia ini juga dapat membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat sehingga dapat menurunkan angka pengangguran di Indonesia. Kurangnya sektor industri kimia di Indonesia, mengakibatkan harusnya dilakukan impor untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia di negara ini

Salah satu bahan kimia yang memiliki jumlah impor yang cukup besar di Indonesia adalah resin *Novolac*. Resin *Novolac* adalah resin sintetik yang dibuat dengan mereaksikan Fenol dan Formaldehida dengan menggunakan katalis asam. *Novolac* mempunyai kelebihan yaitu mudah dicetak, dibentuk, diwarnai dan yang paling penting adalah tidak menimbulkan efek racun. Dalam dunia industri novolak merupakan resin yang dapat digunakan sebagai lak, bahan laminating bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi (Pilato, 2010). Proyeksi impor resin *Novolac* dalam negeri semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah industri yang menggunakan resin *Novolac*, seperti industri plastik, industri bahan perekat, industri otomotif dan industri lainnya.

Perencanaan pabrik resin *Novolac* ini memiliki tujuan utama yaitu untuk menutupi impor dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya. Saat ini hanya terdapat satu pabrik yang memproduksi resin *Novolac* di Indonesia

Sehubungan dengan hal-hal tersebut, maka sangat tepat apabila di Indonesia didirikan pabrik resin *Novolac* dengan tujuan untuk pendirian pabrik resin novolak ini diharapkan dapat mengantisipasi permintaan dalam dan luar negeri, meningkatkan perekonomian Indonesia dan membuka lapangan kerja baru untuk mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

1.2. Kegunaan Produk

Novolak resin digunakan pada berbagai industri dengan kegunaan seperti:

1. Sebagai solven industri cat, lak, vernis, industri plastik, Salah satu aplikasi dari resin phenol formaldehid adalah untuk vernis. Vernis adalah bahan pelapis akhir yang tidak berwarna (clear unpigmented coating).
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

1.3. Kapasitas Perancangan

1. Kebutuhan didalam negeri

Kebutuhan resin *Novolac* di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya impor. Jumlah impor resin *Novolac* di Indonesia terus meningkat dalam beberapa tahun ini dan diperkirakan akan terus meningkat dikarenakan semakin berkembangnya industri plastik dan

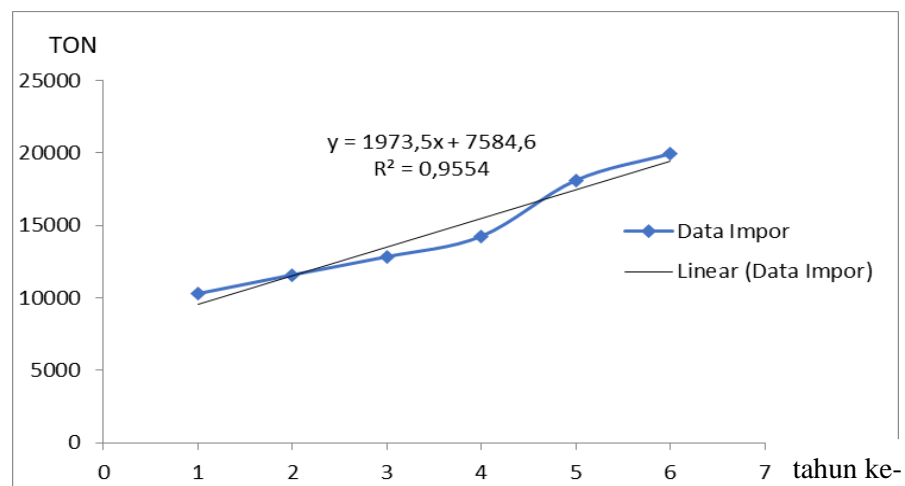
otomotif. Berikut merupakan data impor resin *Novolac* ke Indonesia tahun 2017-2022.

Tabel 1.1 Data impor resin *Novolac* Indonesia

Tahun	Tahun ke-	Data impor (ton/tahun)
2017	1	10290,36
2018	2	11583,91
2019	3	12829,95
2020	4	14237,49
2021	5	18087,56
2022	6	19920,87

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Dari data Badan Pusat Statistik di Indonesia menunjukkan bahwa kebutuhan resin *Novolac* di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Hal ini yang menyebabkan diperlukannya industri yang memproduksi *Novolac* guna memenuhi kebutuhan yang meningkat di dalam negeri sehingga dapat menekan angka kebutuhan impor dimana hal ini juga bisa dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 10.1 Jumlah impor resin *Novolac* di Indonesia

Persamaan garis hasil regresi linier yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$y = 1973,5x - 7584,6 \quad \dots\dots(1)$$

Pada tahun 2030 (tahun ke- 14) saat pembuatan pabrik resin *Novolac* ,
diperkirakan impor sebanyak (ton/tahun) = $1973,5x - 7584,6$
= **35.213,6 ton**

2. Kebutuhan Novolak di Luar Negeri

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik *novolac* yang akan didirikan juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri.

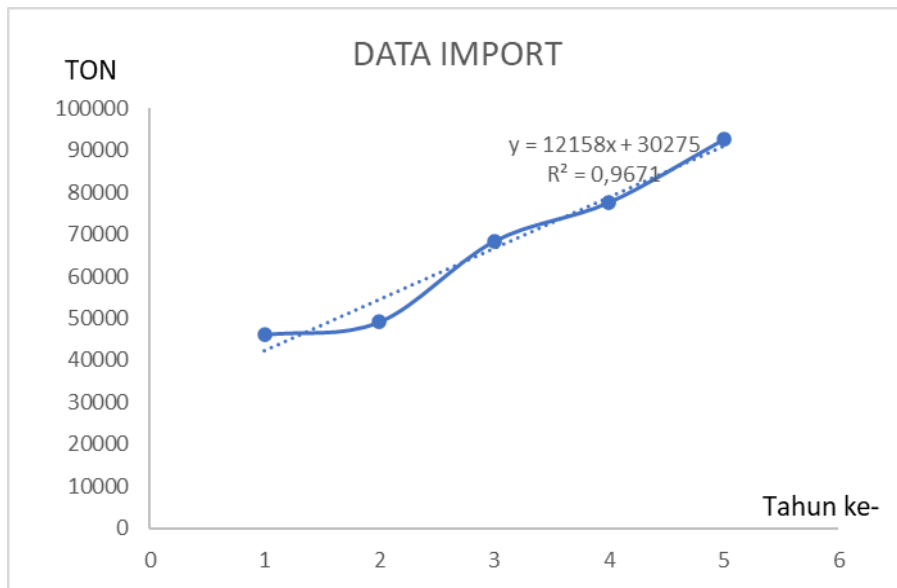
Kebutuhan *novolac* di beberapa Negara terlihat pada tabel.. berikut:

Tabel 1. 1 Data Impor *Novolak* di Beberapa Negara

Tahun	Impor (kg)					Total (TON)
	Myanmar	Philippines	Singapore	China	Total	
2014	31.750	536.604	2.746.283	42.777.493	46.092.130	46.092,130
2015	340.090	899.269	2.360.563	45.484.665	49.084.587	49.084,587
2016	27.305	701.867	2.166.065	65.440.734	68.335.971	68.335,971
2017	23.880	1.082.772	2.573.862	73.929.094	77.609.608	77.609,608
2018	2.775	1.154.632	8.409.115	83.050.824	92.617.346	92.617,346

(Sumber: un.data.org)

Dari data pada Tabel 1.2 diatas menunjukkan Kebutuhan resin novolak
Setiap tahun juga meningkat dan untuk tahun berikutnya diprediksi
dengan regresi linear yang diperoleh dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan *novolak* di Beberapa Negara

Berdasarkan Gambar 1.2 diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 12158x + 30275 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Untuk pendirian pabrik pada tahun 2030 maka diperkirakan kebutuhan novolak di berbagai Negara mencapai:

$$\begin{aligned} Y \text{ (tahun ke-17)} &= 12158x + 30275 \\ &= 12158(17) + 30275 \\ &= \mathbf{236.961 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

3. Data produksi

Penentuan kapasitas pabrik resin novolak juga didasarkan pada kapasitas pabrik resin novolak yang telah berdiri.

Di Indonesia, industri yang memproduksi resin novolak adalah:

- Nama Pabrik : Indopherin Jaya
- Lokasi : Jl. Brantas Km1 Probolinggo, Jawa Timur
- Kapasitas : 18.000 ton/tahun

Selain itu Data produksi novolak luar negeri dapat menjadi pertimbangan penentuan kapasitas pabrik. Beberapa pabrik yang telah memproduksi novolak dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 2 Daftar Industri *Novolac resin* di Dunia

Nama	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
Shandong Shenquan Chemical.Co.Ltd	100.000	Cina
Haiyan Huaqiang Resin Co. Ltd	8.000	Cina
Japan's Suitomo Chemical	25.000	Jepang
Georgia Pacific Corporation	23.000	Amerika
Total	156.000	

Sumber: www.chemicalintelligence.com

4. Kapasitas Produksinya

Peluang kapasitas produksi ditentukan dengan menggunakan analisis *demand* dan *supply*. Analisis dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

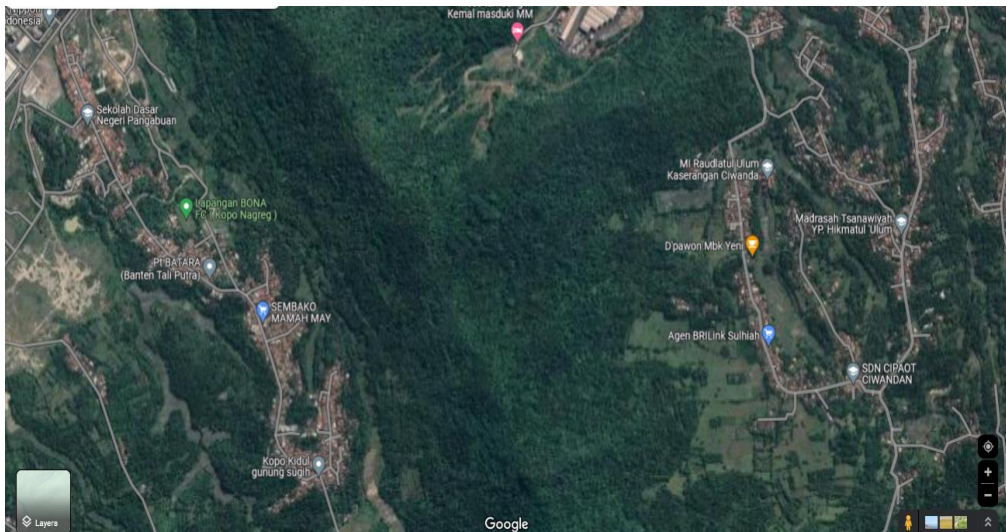
$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Kebutuhan produk}) - (\text{produksi produk}) \\ &= (\text{Kebutuhan dalam negeri} + \text{kebutuhan luar negeri}) - (\text{Produksi dalam negeri dan luar negeri}) \\ &= (35.213,6 \text{ Ton} + 236.961 \text{ Ton}) - (18.000 \text{ Ton} + 156.000 \text{ Ton}) \\ &= 272.174,6 \text{ Ton} - 174.000 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{98174,6 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Berdasarkan pertimbangan diatas dan berbagai persaingan yang nantinya akan tumbuh, maka kapasitas produksi pabrik resin *Novolac* pada tahun 2030 direncanakan sebesar 50% (merujuk pada UU No. 5 Tahun 1999 tentang larangan praktek monopoli perdagangan) dari Kapasitas Produksi tahun 2030 yakni 49.087,3 Ton \approx **50.000** Ton/Tahun. Diharapkan dengan berdirinya pabrik resin *Novolac* dengan

kapasitas produksi **50.000** Ton/Tahun ini dapat mencukupi kebutuhan resin Phenolic dalam negeri yang terus meningkat.

1.4. Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi pendirian suatu pabrik, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan kegiatan industri pabrik tersebut, baik produksi maupun distribusinya. Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik harus memiliki pertimbangan tentang biaya distribusi dan biaya produksi yang minimum agar pabrik dapat terus beroperasi dengan keuntungan yang maksimal. Rencana pembangunan pabrik resin *novolac* akan didirikan di Kepuh, Ciwandan, Cilegon, Banten dengan titik koordinat $6^{\circ}02'59.3''S$ $105^{\circ}57'35.4''E$ berdasarkan pertimbangan berikut ini:



Gambar 1. 3 Lokasi Prarancangan Pabrik phenolic resin (novolac)

(Sumber: <https://maps.google.com>. 2023)

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku utama pabrik resin novolak dari phenol dan formaldehyde dalam bentuk cairan. Phenol didapatkan dari PT. Kumerindo Kridanusa yang berada di Indramayu melalui jalur darat dengan kapasitas 160.000 ton/tahun dan disimpan di dalam tangki dengan waktu tinggal selama 7 hari. Sedangkan formaldehyde didapatkan dari PT. Dover Chemical di Cilegon dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dalam bentuk cairan dan diangkut dengan truk tangki serta disimpan dalam tangki dengan waktu tinggal selama 7 hari. *Oxalic acid* diperoleh dari PT. Delphia Prima Jaya yang berada di Surabaya.

2. Pemasaran

Dalam aspek ini, perlu diperhatikan letak pabrik terhadap pasar guna mengurangi biaya distribusi produk. Produsen resin novolak ini sebagian besar terletak dikawasan Jakarta, Banten dan Jawa Barat. Berikut adalah pabrik yang membutuhkan resin novolak.

Tabel 1. 3 Industri Yang Membutuhkan Resin novolak

No	Industri	Lokasi
1.	PT Avi Avian	Cirebon
2.	PT Mikatasa Agung	Rungkut, Surabaya
3.	PT ICI Paint	Bekasi
4.	PT Pasific Paint	Ancol, Jakarta
5.	PT Mowilex Indonesia	Cikande, Serang
6.	PT Nippon Paint	Purwakarta, Jawa Barat
7.	PT Astra Daihatsu	Karawang
8.	PT Honda Prospect Motor	Karawang
9.	PT Sinergi Inti Plastindo Tbk	Banten
10.	PT Multiplastindo	Banten
11.	PT Panca Budi Pratama	Banten
12.	Siusco Persada Mandiri	Banten
13.	PT Murni Mapan Mandiri	Serang, Banten

Adapun resin novolak ini akan diekspor ke negara-negara yang masih memiliki kebutuhan resin novolak yang tinggi

No	Industri	Lokasi
1.	Seng Tai Plastic & Metal Factory	Singapura
2.	The Plastic Fabrication Corporation	Singapura
3.	PacAsia (S) Pte Ltd	Singapura
4.	Greenland Plastic Industri	Singapura
5.	PT Malaysia plastic Injection	Malaysia
6.	Fu Fong Plastic Industri	Malaysia
7.	Chong Wah Plastic Sdn	Malaysia
8.	Today's Plastic Industri	Malaysia
9	Fock Chuan Auto Body Work	Malaysia

3. Fasilitas Transportasi

Transportasi Lokasi pabrik terletak dekat dengan jalan raya dan pelabuhan sehingga dapat mempermudah pembelian bahan baku dan pemasaran produk, baik melalui jalur darat maupun laut. Jalur darat dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemasaran dalam negeri, sedangkan jalur laut digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemasaran ke pulau lain.

4. Unit Pendukung (Utilitas)

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik. Pada rancangan pabrik resin novolak ini, air digunakan untuk pembuatan steam, kebutuhan layanan umum, serta sebagai media penukar panas. Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik, air bersih Diolah dari sungai Cigebleg. Kebutuhan bahan bakar minyak dapat dibeli dari PT. Pertamina di Gerem , Grogol Cilegon, Banten. Kebutuhan batubara diperoleh dari PT. Sinar Krakatau Utama yang stockpileny terletak di Cilegon. Sedangkan untuk kebutuhan listrik

dapat disuplai dari PT. PLN (Persero) setempat dan pada saat darurat dapat digunakan listrik dari generator.

5. Tenaga Kerja

Tenaga Kerja Tenaga kerja berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diperoleh dari daerah sekitar pabrik dan tenaga ahli dapat diperoleh dari berbagai perguruan tinggi dari daerah sekitar maupun luar daerah. Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para tenaga kerja untuk mencari pekerjaan. Berdirinya Pabrik Novolak Resin ini diharapkan dapat memberikan peluang kerja bagi para tenaga kerja tersebut.

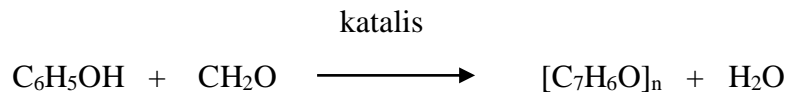
6. Perizinan

Perizinan Faktor perundang-undangan setempat tidak menjadi persoalan karena letak pabrik ini berada di kawasan industri dan beberapa pabrik besar lainnya sehingga telah mendapat izin dari pemerintah daerah dan dapat diterima masyarakat dengan baik.

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1. Dasar Reaksi Proses Pembuatan Resin *Novolac*

Berdasarkan perbandingan mol reaktan dan jenis katalis yang digunakan, resin Fenol-Formaldehida dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Novolac* dan *Resol*. Hasil reaksi dari Fenol dan Formaldehida dengan menggunakan katalis asam disebut *Novolac*, jika katalis yang digunakan adalah katalis basa disebut *resol*. Rasio Formaldehida dan Fenol dari *Novolac* kurang dari 1 sedangkan untuk *resol* lebih besar dari 1 (Billmeyer, 1984). Pembuatan resin *Novolac* (C₇H₆O)_n merupakan reaksi polimerisasi kondensasi antara Fenol dan Formaldehida dengan bantuan katalis asam yang dapat digambarkan sebagai berikut :

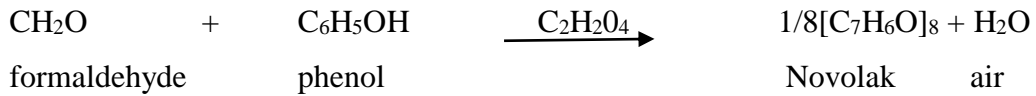


Katalis yang digunakan dalam reaksi polimerisasi kondensasi yang terjadi dapat berupa Asam oksalat atau asam klorida. Penggunaan katalis yang dibutuhkan dalam reaksi ini sangat sedikit jumlahnya, yaitu 1% dari mol fenol yang digunakan (Othmer, 2004)

2.2. Jenis Proses Pembentukan Resin *Novolac*

Tinjauan Proses pembuatan resin novolak berdasarkan perbedaan katalis dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

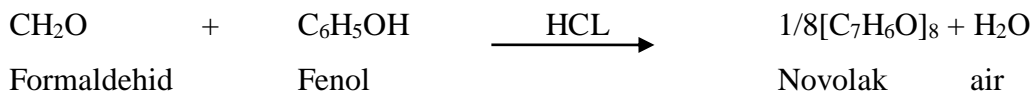
- A. **Proses I**, Polimerisasi Phenol dan Formaldehyde dengan Katalis Asam Oksalat Reaksi yang terjadi:



Dengan titik leleh 60-65 C maka temperatur dalam proses ini yaitu 100°C dengan waktu 30-60 menit (Pilato,2010), perbandingan reaktan Fenol : Formaldehid adalah 1 : 0,85 (Othmer, 1999), Asam oksalat juga lebih tidak korosif dibandingkan asam klorida. Reaksi berlangsung hingga formaldehid habis dikonsumsi.

B. Proses II, Polimerisasi Fenol dan Formaldehid dengan Katalis Asam Klorida

Reaksi yang terjadi:



Pada proses ini reaksi terjadi pada kondisi operasi suhu 90°C - 95°C dan tekanan 1 atm berlangsung selama 2 jam dengan perbandingan reaktan Fenol : Formaldehid adalah 1 : 0,85 (Pilato, 2010). Adapun konversi dari proses polimerisasi fenol dan formaldehid dengan Katalis Asam Klorida adalah 91,9%. Asam klorida memiliki titik didih yang jauh lebih rendah dibandingkan temperatur reaksi sehingga dibutuhkan biaya tambahan untuk menaikkan tekanan reaksi dan biaya investasi alat untuk ketebalan yang lebih tinggi untuk menahan tekanan reaksi.

2.3. Pemilihan Bahan Baku dan Proses

Jenis aldehida yang dipilih adalah Formaldehida, karena Formaldehida merupakan jenis aldehida yang paling murah. Pada Tabel 2.1 dibawah ini dapat dilihat kelebihan dan kekurangan dalam pemilihan jenis Formaldehida.

Tabel 2.1 Pemilihan Formaldehida

Ketersediaan Metanal	Kelebihan	Kekurangan
Gas		Tidak stabil
Formaldehid 37%	Mudah diproses, reaktif,	Kandungan air tinggi
Formaldehid 50%	Meningkatkan kapasitas	Terbentuk asam formiat dan meningkatkan temperatur penyimpanan
Paraformaldehida	Meningkatkan kapasitas, tanpa air	Reaktivitas tinggi dan berbahaya
Trioxane	Tanpa air	Biaya tinggi karna butuh banyak katalis

Sumber : Othmer, 1999

Dari tinjauan bentuk Formaldehida diatas maka dapat kami tarik kesimpulan bahwa bentuk Formaldehida yang dipilih adalah formalin 37% karena lebih aman diproses, tidak menghasilkan racun dan harganya lebih ekonomis.

Tabel 2.2 Perbandingan kelebihan katalis asam oksalat dan asam sulfat

Jenis Katalis	Kelebihan	Kekurangan
Asam Oksalat	<ul style="list-style-type: none">- Tidak korosif- Lebih murah- Waktu reaksi lebih cepat	
Asam Sulfat	<ul style="list-style-type: none">- Secara khusus digunakan untuk reaktivitas yang berkurang	<ul style="list-style-type: none">- Senyawa korosif- Waktu reaksi lebih lama

Berdasarkan table diatas karena itu katalis yang dipilih untuk menghasilkan resin *Novolac* ini adalah Asam oksalat.

A. Tinjauan Ekonomi

Tabel 2.3 Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
fenol	2	31.418,3
formaldehida 37%	0,306	4.807
<i>Novolac</i>	3,99	62.679,5
<i>Oxalic acid</i>	0,6	9.425,49
Asam klorida	1	15.709,15

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 15.709,15(diakses pada 1 November 2023)

www.echemi.com

1. PROSES I, Reaksi Menggunakan bahan baku Fenol dan Formaldehida 37% dengan katalis *Oxalic acid* (asam okasalat) :

Jika basis perhitungan 1 kmol dengan perbandingan mol fenol dan formaldehida = 1 : 0,85

Reaksi:	$C_6H_5OH +$	CH_2O	\longrightarrow	$1/8 (C_7H_6O)_8$	$+ H_2O$
Mula-mula	: 1	0,85		-	-
Bereaksi	: 0,85	0,85		0,10625	0,85
Sisa	: 0,15	-		0,10625	0,85

- **Resin Novalac (C_7H_6O)₈**

Jika pada reaksi tersebut (C_7H_6O)₈ yang terbentuk sebanyak 0,10625 , maka :

$$\text{BM } (\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_8 =$$

$$\begin{aligned}\text{Ar C} &= 7(12) \times n \text{ Koefisien} \\ &= 84 \times 8 \\ &= 672\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ar H} &= 6(1) \times n \text{ Koefisien} \\ &= 6 \times 8 \\ &= 48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ar O} &= 1(16) \times n \text{ Koefisien} \\ &= 16 \times 8 \\ &= 128\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka Mr dari } (\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_8 &= \text{Ar C} + \text{Ar H} + \text{Ar O} \\ &= 672 + 48 + 128 \\ &= 848\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{massa } (\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_8 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol Novolac resin} \times \text{BM} \\ &= 0,1062 \text{ kmol} \times 848 \\ &= 90,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

sedangkan kapasitas yang ingin dirancang yaitu **50.000 ton** = 50.000.000 kg
maka membutuhkan

$$\begin{aligned}\text{Mol } (\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_8 &= \text{massa } (\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_8 / \text{BM } \text{C}_7\text{H}_6\text{O} \\ &= 50.000.000 \text{ kg} / (848 \text{ kg/kmol}) \\ &= 58.962,26 \text{ kmol/tahun}\end{aligned}$$

Perbandingan mol untuk kapasitas pabrik 50,000 dan sisa reaksi dengan basis 1 mol perhitungan adalah

$$\begin{aligned}&= 58.962,26 \text{ kmol} / 0,10625 \text{ kmol} \\ &= 554.938,92 :1\end{aligned}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka:

Untuk 1 kmol fenol yang diumpangkan pada basis perhitungan = 554.938,92 kmol fenol yang dibutuhkan untuk memproduksi novolac dengan kapasitas 50.000 ton/tahun.

- **Fenol**

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_6\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol C}_6\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_6\text{H}_5\text{OH} \\ &= 554.938,92 \text{ kmol} \times 94 \text{ kg/kmol} \\ &= 52.164.258,48 \text{ kg} \\ &= \mathbf{52.164,258 \text{ ton}} \end{aligned}$$

- **Formaldehida 37%**

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_2\text{O} &= \text{Mol CH}_2\text{O} \times \text{BM CH}_2\text{O} \\ &= (0,85 \times 554.938,92 \text{ kmol}) \times 30 \text{ kg/kmol} \\ &= 471.698,082 \times 30 \text{ kg/kmol} \\ &= 14.150.942,46 \text{ kg} \\ &= \mathbf{14.150,942 \text{ ton}} \end{aligned}$$

- **Oxalic Acid**

Penggunaan katalis yang dibutuhkan dalam reaksi ini sangat sedikit jumlahnya, yaitu 1% dari mol Fenol yang digunakan (Othmer, 1999) maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_2\text{H}_2\text{O}_4 &= 1 \% \text{ Mol C}_6\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \\ &= (1\% \times 554.938,92 \text{ kmol}) \times 90 \text{ kg/kmol} \\ &= 5.549,389 \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol} \\ &= 499.445 \text{ kg} \\ &= \mathbf{499,445 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Jadi untuk memproduksi resin novolac dengan kapasitas 50.000 ton membutuhkan biaya, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Tinjauan ekonomi pada produksi 50.000 ton/tahun resin novolac dengan proses I

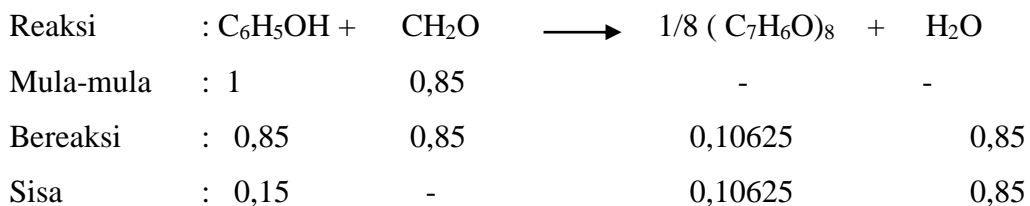
Komponen	Harga (US/kg)	Harga (Rp/kg)	Massa (kg)	Pengeluaran (US)	Pemasukan (US)
fenol	2	31.418,3	52.164.258,48	104.328.517	

Formaldehida	0,306	4.807	14.150.942,46	
37%				4.330.188,4
<i>Novolac</i>	3,99	62.679	50.000.000	199.500.000
<i>Oxalic acid</i>	0,6	9.425,5	499.445	299.667
Total				108.958.372 199.500.000

Jadi selisih harga = Harga jual produk - harga bahan baku
= 199.500.000 - 108.958.372
= 90.541.628 US\$/ tahun
Jadi untung tiap kg produk = 90.541.628 US\$/
tahun/50.000.000kg/tahun
= 1,81 US\$/ kg resin *novolac*

2. PROSES II

Jika basis perhitungan 1 kmol dengan perbandingan mol fenol dan formaldehida
= 1 : 0,85



- **Resin Novalac $(C_7H_6O)_8$**

Jika pada reaksi tersebut $(C_7H_6O)_8$ yang terbentuk sebanyak 0,10625 ,
maka :

$$\begin{aligned} \text{massa } C_6H_7O \text{ yang terbentuk} &= \text{mol Novolac resin} \times \text{BM} \\ &= 0,10625 \text{ kmol} \times (106 \text{ kg/kmol} \times 8) \\ &= 90,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

sedangkan kapasitas yang ingin dirancang yaitu **50.000 ton** = 50.000.000 kg
maka membutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_6H_7O &= \text{massa } C_6H_7O / \text{BM } C_6H_7O \\ &= 50.000.000 \text{ kg} / (848 \text{ kg/kmol}) \\ &= 58.962,26 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Perbandingan mol untuk kapasitas pabrik 50,000 dan sisa reaksi dengan basis 1 mol perhitungan adalah

$$= 58.962,26 \text{ kmol} / 0,10625 \text{ kmol}$$

$$= 554.938,92 :1$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka:

Untuk 1 kmol fenol yang diumpankan pada basis perhitungan = 554.938,92 kmol fenol yang dibutuhkan untuk memproduksi novolac dengan kapasitas 50.000 ton/tahun.

- **Fenol**

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_6\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol C}_6\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_6\text{H}_5\text{OH} / \text{Yield} \\ &= 554.938,92 \text{ kmol} \times 94 \text{ kg/kmol} / 91.9\% \\ &= 56.761.978,2 \text{ kg} \\ &= \mathbf{56.761,978 \text{ ton}} \end{aligned}$$

- **Formaldehida 37%**

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_2\text{O} &= \text{Mol CH}_2\text{O} \times \text{BM CH}_2\text{O} \\ &= (0,85 \times 554.938,92 \text{ kmol}) \times 30 \text{ kg/kmol} / \text{Yield} \\ &= 471.698,082 \times 30 \text{ kg/kmol} / 91,9 \% \\ &= 15.398.196,4 \text{ kg} \\ &= \mathbf{15.398,196 \text{ ton}} \end{aligned}$$

- **HCl (Asam Klorida)**

$$\begin{aligned} \text{Massa HCl} &= 1 \% \text{ Mol C}_6\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM HCl} \\ &= 1\% \times 554.938,92 \text{ kmol} \times 36,46 \text{ kg/kmol} \\ &= 5.549,389 \text{ kmol} \times 36,46 \text{ kg/kmol} \\ &= 202.330 \text{ kg} \\ &= \mathbf{202,330 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Jadi untuk memproduksi resin novolac dengan kapasitas 50.000 ton membutuhkan biaya:

Tabel 2.5 Tinjauan ekonomi pada produksi 50.000 ton/tahun resin novolac dengan proses II

Komponen	Harga (US/kg)	Harga (Rp/kg)	Massa (kg)	Pengeluaran (US)	Pemasukan (US)
fenol	2	31.418,3	56.761.978,2	113.523.956	
Formaldehida 37%	0,306	4.807	15.398.196,4	4.711.848,1	
<i>Novolac</i>	3,99	62.679	50.000.000		199.500.000
HCL	1	15.709,1	202.330	202.330	
		5			
Total				118.438.134	199.500.000

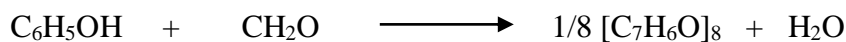
$$\begin{aligned} \text{Jadi selisih harga} &= \text{Harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= 199.500.000 - 118.438.134 \\ &= 81.061,866 \text{ US\$/ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi untung tiap kg produk} &= 81.061,866 \text{ US\$/ tahun} / 50.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= 1,621 \text{ US\$/ kg resin novolac} \end{aligned}$$

Dari tinjauan ekonomi tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa keuntungan dengan menggunakan proses I lebih besar dari pada proses II, yaitu pada proses I memperoleh keuntungan sebesar 1,81 US\$ sedangkan pada proses II mendapatkan keuntungan 1,62 US\$

2.4. Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



Tabel 2.6 Data Energi Gibbs

Senyawa	ΔG_{298}
Fenol	-32,8900 KJ/mol

Formaldehida	-109,9100 KJ/mol
Water	-237,1290 KJ/mol

Data energy bebas Gibss pembentukan standar *Novolac* Resin sendiri menggunakan metode Joback :

Tabel 2.7 Energi Bebas Gibss ikatan

Ikatan	Jumlah	ΔG_f°	ΔG_f° (KJ/Kmol)
=C-	3	40,9900	122,9700
-OH	1	-197,3700	-197,3700
-CH ₂ -	1	8,4200	8,4200
>C=	3	54,0500	162,1500
Total			96,7000

$$\Delta G_f^\circ = (53,88 + \sum \Delta G_f^\circ \text{ ikatan}) \text{ kJ/ kmol}$$

$$\Delta G_f^\circ = 53,38 + 96,7 = 150,05 \text{ kJ/kmol,}$$

$$\text{Jadi untuk 8 rantai, } \Delta G_f^\circ = 8 \times 150,05 \text{ kJ/ kmol} = 1.200,4 \text{ kJ/kmol}$$

Untuk pembentukan *Novolac* :

$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (1.200,4 + (-228.800)) - (-32.900 + (-110.000)) \text{ kJ/mol} \\ &= - 84.699,6 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Karena nilai ΔG_f° bernilai negatif, maka reaksi tersebut berlangsung dengan spontan. Sedangkan entalpi pembentukan standar reaksi tersebut adalah :

Entalpi pembentukan standar

Table 2.8 Entalpi Pembentukan standar

Senyawa	ΔH_{298}
Fenol	96,36 KJ/mol

Formaldehida	115,9 KJ/mol
Water	285,83 KJ/mol

Untuk *Novolac* dihitung dengan menggunakan persamaan Joback :

Tabel 2.9 Entalpi ikatan

Ikatan	Jumlah	ΔH_f°	ΔH_f° (kJ/mol)
=C-	3	8,6700	26,0100
-OH	1	-221,6500	-221,6500
-CH2-	1	-20,6400	-20,6400
>C=	3	46,4300	139,2900
Total			-76,9900

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= (68.28 + \sum \Delta H_{298} \text{ ikatan }) \text{ kJ/mol} \\ &= -8.71 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Untuk 8 rantai = 8 x (-8.71) kJ/mol = 69,680 kJ/ mol = 69.680 kJ/kmol

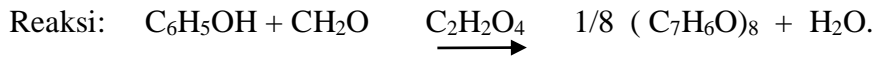
Maka panas pembentukan standar (ΔH_{298}) :

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= \Delta H_{298} \text{ produk} - \Delta H_{298} \text{ reaktan} \\ &= ((-69.680) + (-242.000)) - ((-96420) + (-116.000)) \\ &= -99.260 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Tanda negatif berarti reaksi tersebut bersifat eksotermis.

2.5. Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari kinetika reaksi antara Fenol dengan Formaldehida termasuk reaksi orde 1, searah (irreversibel).



Reaksi dalam menghasilkan resin Novolak ini berjalan hingga semua formaldehid habis dikonsumsi (Pillato, 2010). Kinetika reaksi antara phenol dengan formaldehid termasuk reaksi orde 1, searah (irreversible) dengan perhitungan sebagai berikut (Fogler).

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = -r_P = \frac{-dC_P}{dt}$$

$$-r_A = -r_P = \frac{-dC_P}{dt} = k \cdot C_P \quad : \text{dimana } C_P = C_{P0} - C_{A0} \cdot X_A$$

$$-r_A = -r_P = k \cdot (C_{P0} - C_{A0} \cdot X_A)$$

Dimana nilai konstanta kecepatan reaksi didapatkan $k = 1,7958 \text{ m}^6/\text{jam}$ (Hidayat, 2018).

$$X_A = 100\%$$

Sehingga didapatkan Laju reaksinya

$$\begin{aligned} -r_A = -r_P &= k \cdot (C_{P0} - C_{A0} \cdot X_A) \\ &= 1,7958 \text{ m}^6/\text{jam} (5,3492 - 4,5468 \cdot 100\%) \text{ kmol/m}^3 \\ &= 1,4409 \text{ kmol/m}^3\text{jam} \end{aligned}$$

Keterangan:

$-r_P$ = Laju reaksi Berkurangnya Phenol ($\text{kmol/m}^3\text{jam}$)

$-r_A$ = Laju reaksi Berkurangnya formaldehid ($\text{kmol/m}^3\text{jam}$)

k = Konstanta laju reaksi (m^3/jam)

C_{P0} = Konsentrasi awal C_6H_5OH (kmol/m^3)

C_{A0} = Konsentrasi awal CH_2O (kmol/m^3)

X_A = Konversi terhadap formaldehid

2.6. Uraian Proses

Proses pembuatan resin *Novolac* dari bahan baku Fenol dan Formaldehida dapat dibagi dalam 3 tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku

Fenol dengan kemurnian 99% dalam fasa cair, Formaldehida dengan kemurnian 37% pada fasa cair, Asam oksalat dengan kemurnian 99% sebagai katalis dialirkan dari tangki penyimpanan masing-masing menuju ke reaktor dan diaduk, namun sebelumnya Asam oksalat dilarutkan terlebih dahulu dengan air yang terdapat dalam Formaldehida dalam *mixing tank*.

2. Tahap reaksi dalam reaktor

Reaksi antara Fenol dan Formaldehida terjadi dalam reaktor CSTR (*Continuous stirred-tank reactor*) dalam fasa cair dan. Jenis reaktor yang digunakan adalah *continuous stirred tank reactor* (CSTR) dengan kondisi tekanan operasi 1 atm dan *isothermal* (pada 100°C). Reaksi pencampuran antara Fenol dengan *Formaldehyde* tersebut merupakan reaksi eksotermis sehingga diperlukan media pendingin agar dapat menjaga kondisi operasi reaktor dalam keadaan *isothermal*. Dengan pertimbangan itulah reaktor ini didesain memiliki koil pendingin sebagai media pendinginnya, dengan menggunakan fluida pendingin berupa air 30°C. Dalam reaktor ini reaksi yang terjadi adalah reaksi polimerisasi kondensasi dan menghasilkan produk samping berupa air. Rasio Fenol dan Formaldehida yang digunakan adalah 1: 0,85 (Pilato, 2010)

3. Tahap Purifikasi

Produk dari reaktor kemudian dihilangkan kandungan airnya dalam evaporator dan selanjutnya dipisahkan dari komponen lain pada menara distilasi. Selanjutnya *Novolac* dengan kemurnian 97% didinginkan dalam cooler dan siap untuk dipasarkan

BAB III
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku

1. *Phenol* (Othmer, 1999 ; MSDS)

Nama Lain : *hydroxybenzene, benzenol, phenyl alcohol, phenylic acid*

Rumus Molekul : C_6H_5OH (komponen utama)

Rumus Bangun : 

Berat molekul : 94,11

Bentuk : Bening, cair

Titik didih ($^{\circ}C$) : 180

Titik leleh ($^{\circ}C$) : 40,5

Density pada $20^{\circ}C$: 1,071

$\Delta H^{\circ}f$ (J/g) : 121,54

$\Delta H^{\circ}c$ (kJ/g) : -32,468

Kemurnian : 99%

Kadar air : 1%

Kelarutan dalam air : 87 g/L H_2O

Viskositas pada $50^{\circ}C$ (cp) : 3,49

 pada $70^{\circ}C$ (cp) : 2,03

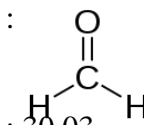
 pada $90^{\circ}C$ (cp) : 1,26

Specific heat pada $4^{\circ}C$: 1,24 (solid)

 pada $227^{\circ}C$: 1,41 (solid)

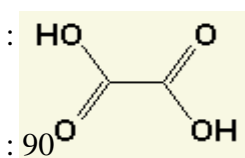
 pada $70-74^{\circ}C$: 2,22 (liquid)

2. *Formaldehide* (Othmer, 1999; Perry's; MSDS)

Nama Lain	: <i>metanal, formalin, formol, morbidic, methylene oxide, methyl aldehyde, formic aldehyde</i>
Rumus Molekul	: CH ₂ O
Rumus Bangun	: 
Berat Molekul	: 30,03
Bentuk	: Cair dan berbau tajam
Titik didih (°C)	: 96
Titik leleh (°C)	: -15
Spesific gravity pada 20°C	: 1,1
ΔH ^{of} (kJ/mol)	: -115,9
ΔH ^{oc} (kJ/mol)	: 563,5
Kemurnian	: 37%
Kadar air	: 63%
Kelarutan dalam air	: 100 g/100 ml H ₂ O

3.2. Bahan Pembantu

1. *Oxalic acid* (Perry's ; MSDS)

Rumus Molekul	: C ₂ H ₂ O ₄
Rumus Bangun	: 
Berat Molekul	: 90
Bentuk	: Kristal putih
Titik didih (°C)	: 160
Spesific gravity	: 1,7
Kelarutan dalam air	: 1350mg/L
Kemurnian	: 99%

Kadar air : 1% H₂O

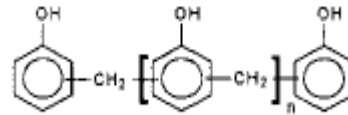
3.3. Produk

1. *Novolac* (Othmer, 1999; MSDS)

Nama Lain : *Phenolic resin, bakelite, Phenol-Formaldehyde resin*

Rumus Molekul : [C₇H₆O]₈

Rumus Bangun :



Bentuk : Cair

Rasio *Phenol*-formaldehida: 1 : 0,85

Berat molekul : 848 gr/gmol

Spesific gravity : 1,55

Titik didih : 285 °C

Titik leleh : 60-65 °C

Kemurnian : 97%

Impuritas : 3% C₆H₅OH

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Novolac* dengan kapasitas 50.000 ton per tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 30,82%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,16 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 47,54% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 29,75%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 38,32%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank.

B. Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pabrik *Novolac* dengan kapasitas 50.000 ton per tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.d.. 1995. *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Company, New York
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id , Indonesia
bpsdm.pu.go.id diakses pada 09 Agustus 2023
- Brown, G.G. 1950. *Unit Operations*. John Wiley & Sons: New York.
- Brownell.L.E. and Young.E.H. 1959. *Process Equipment Design 3ed*, John Wiley & Sons, New York.
- Broughton, J.. 1994. *Process Utility System: Introduction to Design, Operation and Maintenance, Institute of Chemical Engineers*, United Kingdom
- Conventional Distillation Process', *International Journal of Innovation in Engineering Technology*, volume 5, hh. 278-283.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F. 1983. *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Geankoplis, C.J.. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed., Prentice-Hall International, Canada.
- Himmelblau.. 1996. *Basic Principles and calculations in Chemical Engineering*, Prentice-Hall International, Tokyo.
- Indonesia. Undang-Undang tentang Perseroan Terbatas, UU No. 40 tahun 2007, LN No. 106 Tahun 2007, TLN No. 4756.
- Joshi, M.V., 1981 . *Proses Equipment Design*. McGraw Hill Company Ltd

- Kern.D.Q.. 1983. *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kemenkes No. 32 Tahun 2017
- Kepdal 2000 No.113 Pedoman Teknis Laboratorium
- Ludwig, E.E., 1996. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. 3rd, vol 1. Gulf Publishing Inc, Houston.
- Material Safety Data Sheet phenol, diakses dari <http://www.msdsphenol.com/>, diakses pada 24 Juni 2023
- McCabe, W. L. & Smith, J. M., 1999. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., McGraw Hill Book Company, Singapore.
- McKetta, J.J., 1978, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, volume 5, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Moss, R. D. 2004. *Pressure Vessel Design Manual 3th edition*, Gulf Professional Publishing, USA.
- Harnby, N., Edwards, M. F., and Nienow, A. W., 1997, *Mixing in the Process Industries*, Butterworth-Heinemann, New Delhi.
- Perry.R.H. and Green.D, 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed* , McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D, 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Pilato, L. 2010. *Phenolic Resins: A Century of Progress*. Springer. New York
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Rase, H.F. & Holmes, J.R., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*. vol 2, *Principles and Techniques*, John Wiley & Sons Inc. New York
- Smith, J, M, and Van Ness, H, H 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7 th ed.*, McGraw Hill International Book Company, Singapore.

Sukamta, 2015. Pompa-centrifugal. Staff UNY : Yogya

Towler, G., & Sinnott, R., 2013, *Chemical Engineering Design*, 2nd ed., Elsevier Ltd., United Kingdom.

Turton, R., Shaeiwitz J.A., Bhattacharyya, D., & Whiting W. B., 2018, *Analysys, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 5th ed, Pearson Education Inc.,

Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

Walas, S.M., 1990. *Chemical Process Equipment*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, USA.

Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

www.acidatama.co.id, diakses pada 10 Juni 2023

www.pon.co.id, diakses pada 10 Juni 2023

www.tjiwi.co.id, diakses pada 10 Juni 2022

www.echemi.com, diakses tanggal 08 September 2022

<https://www.bps.go.id/indicator/13/383/1/suku-bunga-kredit-rupiah-menurut-kelompok-bank.html>, diakses pada 8 Juni 2022

www.alibaba.com diakses pada 21 juni 2022₃

<https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi/kalkulator-kurs.aspx>, diakses pada 22 juni 2022

Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York.