

**PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK DARI FENOL
DAN FORMALDEHID KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan (D-4) Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DEVI DAMAYANTI	43121008
FITRAH HAMZAH	43121010

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

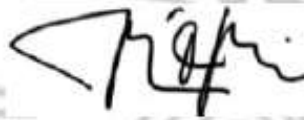
Skripsi ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Resin Novolak Dari Fenol Dan Formaldehid Kapasitas 13.000 Ton/Tahun” oleh Devi Damayanti, Nim 4312108 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 27 Agustus 2025

Mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ridbawnti S.T., M.T.
NTP. 19760419 200501 2 002



Drs. Henna Banggalino M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan


Ir. Yuliani H.R., S.T., M.
NIP. 19730409 20031

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR SIMBOL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Kapasitas Rancangan	11
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	17
1.4 Tinjauan Pustaka	21
BAB II DESKRIPSI PROSES	Error! Bookmark not defined.
2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.2 Konsep Proses	Error! Bookmark not defined.
2.3 Langkah Proses	Error! Bookmark not defined.
2.4 Diagram Alir Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB III NERACA MASSA	Error! Bookmark not defined.
3.1 Reaktor 01 (R-01).....	Error! Bookmark not defined.

3.2	Heater 01 (HE-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Heater 02 (HE-02).....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Heater 03 (HE-03).....	Error! Bookmark not defined.
3.5	Netralizer 01 (N-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.6	Cooler 01 (CL-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.7	Dekanter 01 (DE-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.8	Menara Destilasi 01 (MD-01)	Error! Bookmark not defined.
3.9	Reboiler 01 (RB-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.10	Cooler 02 (CL-02).....	Error! Bookmark not defined.
3.11	Condensor 01 (CD-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.12	Heater 04 (HE-04).....	Error! Bookmark not defined.
3.13	Neraca Massa Total	Error! Bookmark not defined.
BAB IV NERACA PANAS.....		Error! Bookmark not defined.
4.1	Heater 01 (HE-01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Heater 02 (HE-02).....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Heater 03 (HE-03).....	Error! Bookmark not defined.
4.4	Reaktor 01 (R-01).....	Error! Bookmark not defined.
4.5	Cooler 01 (CL-01).....	Error! Bookmark not defined.
4.6	Netralizer 01 (N-01).....	Error! Bookmark not defined.
4.7	Heater 04 (HE-04).....	Error! Bookmark not defined.
4.8	Menara Destilasi 01 (MD-01)	Error! Bookmark not defined.
4.9	Cooler 02 (CL-02).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....		Error! Bookmark not defined.
5.1	Tangki 01 (T-01)	Error! Bookmark not defined.
5.2	Tangki 02 (T-02)	Error! Bookmark not defined.
5.3	Tangki 03 (T-03)	Error! Bookmark not defined.

5.4	Tangki 04 (T-04)	Error! Bookmark not defined.
5.5	Tangki 05 (T-05)	Error! Bookmark not defined.
5.6	Reaktor 01 (R-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.7	<i>Netralizer</i> 01 (N-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.8	Dekanter 01 (DE-01)	Error! Bookmark not defined.
5.9	Menara Destilasi 01 (MD-01)	Error! Bookmark not defined.
5.10	<i>Condensor</i> 01 (CD-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.11	Reboiler 01 (RB-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.12	<i>Heater</i> 01 (HE-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.13	<i>Heater</i> 02 (HE-02).....	Error! Bookmark not defined.
5.14	<i>Heater</i> 03 (HE-03).....	Error! Bookmark not defined.
5.15	<i>Heater</i> 04 (HE-04).....	Error! Bookmark not defined.
5.16	<i>Cooler</i> 01 (CL-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.17	<i>Cooler</i> 02 (CL-02).....	Error! Bookmark not defined.
5.18	Pompa 01 (P-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.19	Pompa 02 (P-02).....	Error! Bookmark not defined.
5.20	Pompa 03 (P-03).....	Error! Bookmark not defined.
5.21	Pompa 04 (P-04).....	Error! Bookmark not defined.
5.22	Pompa 05 (P-05).....	Error! Bookmark not defined.
5.23	Pompa 06 (P-06).....	Error! Bookmark not defined.
5.24	Pompa 07 (P-07).....	Error! Bookmark not defined.
5.25	Pompa 08 (P-08).....	Error! Bookmark not defined.
5.26	Pompa 09 (P-09).....	Error! Bookmark not defined.
5.26	Pompa 010 (P-010).....	Error! Bookmark not defined.
BAB VI UTILITAS		Error! Bookmark not defined.
6.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	Error! Bookmark not defined.

6.2	Unit Pengadaan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
6.3	Unit Penyedia Listrik.....	Error! Bookmark not defined.
6.4	Unit Pengolahan Limbah.....	Error! Bookmark not defined.
6.5	Spesifikasi Alat Utilitas	Error! Bookmark not defined.
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....		Error!
Bookmark not defined.		
7.1	Instrumentasi	Error! Bookmark not defined.
7.2	Keselamatan Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII MANAJEMEN ORGANISASI PERUSAHAAN		Error! Bookmark not defined.
not defined.		
8.1	Bentuk Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
8.2	Struktur Organisasi.....	Error! Bookmark not defined.
8.3	Tugas dan Wewenang.....	Error! Bookmark not defined.
8.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.
8.5	Kualifikasi Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.
8.6	Sistem Gaji Pegawai.....	Error! Bookmark not defined.
8.7	Fasilitas Karyawan	Error! Bookmark not defined.
BAB IX TATA LETAK PABRIK.....		Error! Bookmark not defined.
9.1	Lokasi Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
9.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	Error! Bookmark not defined.
9.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB X ANALISA EKONOMI		Error! Bookmark not defined.
10.1	Estimasi Penanaman Modal Total (<i>Total Capital Investment</i>)	Error!
Bookmark not defined.		
10.2	Analisa Kelayakan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB XI KESIMPULAN		25

**PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK DARI FENOL DAN
FORMALDEHID KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN**

RINGKASAN

Resin novolak merupakan bahan kimia yang digunakan dalam industri perekat dan lem, cetakan logam, ban dan otomotif, cat, serta industri listrik dan elektronik sebagai bahan insulasi tahan panas. Pendirian pabrik Resin novolak bertujuan untuk memenuhi kebutuhan Resin novolak di dalam negeri yang industri nya masih terbatas sedangkan kebutuhannya yang terus meningkat.

Pabrik Resin novolak direncanakan didirikan di Kawasan Industri Krakatau (KIK) Cilegon, Provinsi Banten dengan kapasitas 13.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun. Metode yang digunakan pada industri ini adalah metode reaksi polimerisasi antara fenol dan formaldehid dengan asam sulfat sebagai katalis. Reaksi dijalankan dalam reaktor alir tangki berpengaduk yang beroperasi pada tekanan 1 atm dan temperatur 95°C yang berlangsung pada keadaan eksotermis. Kapasitas produksi membutuhkan bahan baku utama berupa fenol sebanyak 13.407,91 ton/tahun dan formaldehid sebanyak 12.509,73 ton/tahun.

Pada utilitas kebutuhan air sarana umum sebanyak 1.680 kg/jam, kebutuhan air pendingin sebanyak 12.837,52 kg/jam, dan kebutuhan air boiler sebanyak 812,89 kg/jam.

Perusahaan ini berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dimana struktur organisasi yang dipakai adalah *line and staff*. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan 160 orang.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp104.850.395.412/tahun, *Break Event Point* (BEP) pada 46,35%, ROI sebesar 21,23%, dan POT selama 3,42 tahun. Analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik Resin novolak dengan kapasitas 13.000 ton/tahun layak (*feasible*) didirikan.

PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK DARI FENOL DAN FORMALDEHID KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN

SUMMARY

Novolak resin is a chemical material used in the adhesive and glue industry, metal molding, tires and automotive, paint, and the electrical and electronics industry as a heat-resistant insulation material. The establishment of a novolak resin factory aims to meet the domestic demand for novolak resin, which is still limited despite increasing demand.

The novolak resin plant is planned to be established in the Krakatau Industrial Estate (KIK) in Cilegon, Banten Province, with a capacity of 13.000 tons/year and operating for 330 days/year. The method used in this industry is the polymerization reaction between phenol and formaldehyde with sulfuric acid as a catalyst. The reaction is carried out in a stirred tank reactor operating at 1 atm pressure and 95°C temperature under exothermic conditions. The production capacity requires primary raw materials consisting of 13.407,91 tons/year of phenol and 12.509,73 tons/year of formaldehyde.

In the utility of public water needs of 1.680 kg/hour, the cooling water requirement is 12.837,52 kg/hour, and the boiler water requirement is 812,89 kg/hour.

The company is a limited liability company (PT) with a line-and-staff organizational structure. It is led by a director and employs 160 staff members.

The economic analysis calculations show a post-tax profit of Rp104.850.395.412 per year, a Break-Even Point (BEP) of 46,35%, a Return on Investment (ROI) of 21,23%, and a Payback Period (POT) of 3,42 years. The economic analysis indicates that establishing a novolak resin factory with a capacity of 13.000 tons per year is feasible.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang tengah memajukan berbagai sektor industri, salah satu diantaranya adalah industri kimia. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan pendukung untuk berbagai proses industri, pembangunan pabrik-pabrik baru menjadi hal yang penting, tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, tetapi juga untuk mendukung ekspor. Salah satunya adalah pabrik Resin novolak.

Resin novolak merupakan salah satu jenis resin fenolik yang dikenal memiliki nilai ekonomi tinggi serta aplikasi yang luas di berbagai industri. Resin ini dihasilkan melalui reaksi kondensasi antara fenol dan formaldehid dengan menggunakan katalis asam. Karakteristik unggulan Resin novolak, seperti ketahanan terhadap panas, kekuatan mekanis yang tinggi, serta stabilitas kimia yang baik, menjadikannya pilihan utama untuk pembuatan berbagai produk, termasuk perekat, komponen elektronik, bahan isolasi, dan cetakan tahan panas (Fan et al., 2023). Peningkatan kebutuhan akan produk-produk ini mendorong tingginya permintaan Resin novolak di pasar global.

Saat ini, industri global menunjukkan tren peningkatan penggunaan Resin novolak, terutama dalam sektor elektronik dan otomotif. Hal ini sejalan dengan pesatnya inovasi teknologi yang membutuhkan material berkualitas tinggi untuk mendukung performa dan daya tahan produk (Xu et al., 2022).

Sebagian besar kebutuhan Resin novolak di Indonesia masih dipenuhi melalui impor, sehingga mengakibatkan ketergantungan terhadap pasar internasional. Kondisi ini menciptakan

peluang besar untuk membangun pabrik Resin novolak di dalam negeri sebagai langkah strategis untuk mengurangi impor dan memenuhi kebutuhan domestik.

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan industri petrokimia yang mendukung produksi Resin novolak. Ketersediaan bahan baku utama seperti fenol dan formaldehid cukup melimpah, mengingat fenol merupakan produk sampingan dari industri petrokimia sedangkan formaldehid dapat dihasilkan dari metanol yang produksinya juga cukup tinggi di Indonesia. Dengan memanfaatkan sumber daya ini, pembangunan pabrik Resin novolak di Indonesia dapat dilakukan dengan efisiensi bahan baku dan proses produksi yang optimal.

Prarancangan pabrik Resin novolak ini dilakukan untuk memberikan gambaran awal terkait aspek teknis, ekonomis, dan lingkungan dalam mendirikan fasilitas produksi. Kajian ini mencakup analisis kebutuhan bahan baku, kapasitas produksi, desain proses, hingga evaluasi dampak lingkungan (Li et al., 2020).

Pembangunan pabrik Resin novolak dapat memberikan dampak positif yang signifikan terhadap perekonomian nasional. Tidak hanya menciptakan lapangan kerja baru, tetapi juga mendorong tumbuhnya sektor-sektor pendukung, seperti transportasi, logistik, dan penyediaan bahan baku. Kehadiran industri ini diharapkan dapat meningkatkan daya saing produk lokal di pasar internasional, sekaligus memperkuat struktur industri nasional (Khanal et al., 2021).

Pabrik Resin novolak tidak hanya berkontribusi pada pemenuhan kebutuhan industri nasional tetapi juga berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan. Penekanan pada teknologi inovatif, efisiensi proses, dan pengelolaan lingkungan yang baik menjadikan prarancangan ini sebagai langkah awal yang signifikan dalam menciptakan industri Resin novolak yang kompetitif, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi di tingkat global.

1.2 Kapasitas Rancangan

Untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan maka perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.2.1 Produksi Resin Novolak di Indonesia

Tabel 1.1 Data produksi Resin novolak di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Indopherin Jaya	Probolinggo, Jawa timur	12.000
Total			12.000

Kementerian Perindustrian, 2024

Dari data produksi dalam negeri pada Tabel 1.1, Resin novolak dianggap tetap dengan 12.000 ton/tahun karena pabrik telah beroperasi pada kapasitas terpasangnya.

Hal ini menyebabkan kebutuhan Resin novolak belum terpenuhi jika hanya mengandalkan PT. Indopherin Jaya, sehingga adanya pendirian pabrik Resin novolak baru ini dapat dilaksanakan.

1.2.2 Produksi Resin Novolak di luar negeri

Tabel 1.2 Data kapasitas komersil luar negeri

No	Produsen	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
1	Chang Chun Plasties.co	Cina	20.000
2	Georgia Pacific Corporation	Amerika	23.000
3	Japan's Suitomo Chemical	Jepang	25.000
4	Leuna-Harze Chemical	Jerman	18.000
5	Dynea Chemicals	Rusia	25.000
6	Shandong Shequan Chemical.Co.Ltd	Cina	20.000
7	Nanjing Chemical Industry Park	Cina	30.000
8	Haiyan Huaqiang Resin.Co.Ltd	Cina	8.000

Data pada Tabel 1.2 merupakan pabrik Resin novolak yang beroperasi di luar negeri dengan kapasitas yang berbeda – beda di berbagai negara.

1.2.3 Konsumsi Resin novolak dalam negeri

Tabel 1.3 Data konsumsi Resin novolak di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (ton/tahun)	Pertumbuhan
1	2019	10.848,21	0
2	2020	13.117,63	0,209
3	2021	14.959,16	0,140
4	2022	16.800,69	0,123
5	2023	18.642,22	0,109
Total Rata-Rata		74.367,91	0,145

Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 sampai 2023, data konsumsi Resin novolak di Indonesia menunjukkan peningkatan selama periode tersebut. Dari data tersebut, dihitung kebutuhan Resin novolak pada tahun 2030:

$$M = F \times (1 + P)^n \quad (\text{Pers. 1.1})$$

Dengan,

n = Tahun rencana pendirian – Tahun pabrik berdiri

F = Kapasitas produk pada tahun terakhir

P = Rata-rata pertumbuhan kapasitas produk

M_5 = kapasitas terakhir $\times (1 + \text{Pertumbuhan rerata})^n$

$$M_5 = 18.642,22 \text{ ton/tahun} \times (1 + 0,145)^7$$

$$M_5 = 48.268,16 \text{ ton/tahun}$$

1.2.4 Impor Resin Novolak

Berikut ini data impor Resin novolak di Indonesia disajikan dalam Tabel 1.4

Tabel 1.4 Data impor Resin novolak di Indonesia pada tahun 2019-2023

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)	Pertumbuhan
2019	8.128,22	0
2020	7.346,49	0,096
2021	10.157,00	0,382
2022	8.757,32	0,137
2023	8.756,01	0,0001
Total Rata-Rata	43.145,06	0,154

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Menurut data dari Badan Pusat Statistik, impor Resin novolak mengalami fluktuasi dari tahun 2019-2023. Kenaikan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, pertumbuhan sektor manufaktur dan industri hilir di Indonesia yang semakin meningkat telah mendorong kebutuhan Resin novolak sebagai bahan baku. Resin novolak sering digunakan untuk pelarut dalam industri cat, pelarut pada cetakan, bahan perekat industri lainnya.

Meskipun terdapat industri yang memproduksi Resin novolak di Indonesia, kapasitasnya masih terbatas untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat. Akibatnya, Indonesia harus bergantung pada impor untuk mengisi kesenjangan antara permintaan dan pasokan lokal. Dari data tersebut, dihitung impor Resin novolak pada tahun 2030 menggunakan persamaan

1.1:

$$M_1 = \text{kapasitas terakhir} \times (1 + \text{Pertumbuhan rerata})^n$$

$$M_1 = 8.756,01 \text{ ton/tahun} \times (1 + 0,154)^7$$

$$M_1 = 23.889,35 \text{ ton/tahun}$$

1.2.5 Ekspor Resin Novolak

Berikut ini data ekspor Resin novolak di Indonesia disajikan dalam Tabel 1.5

Tabel 1.5 Data ekspor Resin novolak di Indonesia pada tahun 2019-2023

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)	Pertumbuhan
2019	16,64	0
2020	34,38	1,066
2021	22,32	0,350
2022	27,82	0,246
2023	41,89	0,505
Total Rata-Rata	143,08	0,542

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Ekspor Resin novolak dari Indonesia mengalami fluktuasi antara tahun 2019 hingga 2023 karena berbagai faktor yang saling mempengaruhi, permintaan Resin novolak dari pasar

internasional bervariasi, tergantung pada kebutuhan sektor-sektor industri. Selain itu fluktuasi harga bahan baku atau gangguan dalam rantai pemasokan dapat mempengaruhi biaya produksi dan daya saing ekspor Indonesia. Dari data tersebut, dihitung ekspor Resin novolak pada tahun 2030 menggunakan persamaan 1.1:

$$M_4 = \text{kapasitas terakhir} \times (1 + \text{Pertumbuhan rerata})^n$$

$$M_4 = 41,89 \text{ ton/tahun} \times (1 + (0,542))^7$$

$$M_4 = 869,61 \text{ ton/tahun}$$

1.2.6 Produksi Bahan Baku di Indonesia

Tabel 1.6 Data produksi bahan baku di Indonesia

Bahan Baku	Industri	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Formaldehid	PT Handsome Glue Indonesia	Semarang, Jawa Tengah	60.000
	PT Dover Chemical	Cilegon, Banten	150.000
Fenol	PT Kumenindo Kridanusa	Indramayu, Jawa Barat	120.000
Asam Sulfat	PT Petrokimia Gresik	Gresik, Jawa Timur	1.170.000
	PT Indo Sukses Sentra Usaha	Serang, Banten	80.000
	PT Jordan Abadi	Gresik, Jawa Timur	530.000
	PT Asahimas Subentra Chemical	Cilegon, Banten	700.000

Natrium
Hidroksida

PT Sulfindo Adiusaha

Serang, Banten

215.000

Kementerian Perindustrian, 2024

Berdasarkan data produksi, konsumsi, impor dan ekspor diatas, peluang kapasitas pabrik yang didirikan sebagai berikut:

Kebutuhan pasar:

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \quad (\text{Pers. 1.2})$$

Dengan,

M_1 = Nilai impor tahun 2030

M_2 = Rata-rata produksi pabrik

M_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

M_4 = Nilai ekspor tahun 2030

M_5 = Nilai kebutuhan tahun 2030

$$M_3 = (869,61 + 48.268,16) \text{ ton/tahun} - (23.889,35 + 12.000) \text{ ton/tahun}$$

$$M_3 = 13.248,43 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas Pabrik:

$$\text{Kebutuhan pasar} \times 100\%$$

$$= 13.248,43 \text{ ton/tahun} \times 100\%$$

= 13.248,43 ton/tahun

Berdasarkan perhitungan diatas, kapasitas pabrik Resin novolak yang akan didirikan 100% dari kebutuhan pasar yaitu 13.000 ton/tahun dan direncanakan akan didirikan pada tahun 2030 dengan pertimbangan bahwa kebutuhan ekspor dan impor Resin novolak tidak sepenuhnya disediakan pabrik ini karena lokasi pabrik dan ketersediaan bahan baku, mengurangi ketergantungan terhadap impor dan memenuhi kebutuhan dalam negeri, memberikan kesempatan untuk industri yang menggunakan Resin novolak sebagai bahan baku untuk mengembangkan produksinya dan memperoleh bahan baku dengan mudah tanpa harus mengimpor dan menghemat biaya operasional, membuka lapangan pekerjaan kepada masyarakat yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan langkah penting dalam perancangan pabrik Resin novolak. Lokasi yang strategis dapat mempengaruhi efisiensi operasional, biaya produksi, dan distribusi produk. Oleh karena itu, pabrik Resin novolak direncanakan akan didirikan di daerah dengan mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk ketersediaan bahan baku, akses pasar, infrastruktur yang mendukung, utilitas, sumber daya manusia, dan kebijakan pemerintah.

Pemilihan lokasi pabrik Resin novolak harus mempertimbangkan semua faktor di atas, terutama aksesibilitas ke pelabuhan untuk mendukung kegiatan impor dan ekspor. Dengan memilih lokasi yang strategis, diharapkan pabrik dapat beroperasi secara efisien dan menguntungkan. Perencanaan pabrik novolak resin dengan kapasitas 13.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di kawasan industri yaitu di daerah Cilegon, Provinsi Banten.

1.3.1 Pertimbangan Pemilihan Lokasi

1) Penyediaan bahan baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dengan waktu yang efisien serta biaya yang minimum. Bahan baku utama yaitu fenol direncanakan diperoleh dari PT. Kumenindo Kridanusa, Indramayu, Jawa Barat. Formaldehid dari PT. Dover Chemical, Cilegon, Banten. Asam sulfat dari PT. Indo Sukses Sentra Usaha, Serang, Banten. Natrium Hidroksida diperoleh dari PT Asahimas Chemical, Cilegon, Jawa Barat.

2) Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini merupakan kawasan industri yang telah memiliki sarana pelabuhan dan pengangkutan darat sehingga pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut. Banten dilengkapi dengan Pelabuhan Merak yang cukup besar dan infrastruktur transportasi darat yang sangat baik. Hal ini tentunya dapat berkontribusi pada kelancaran distribusi produksi.

Infrastruktur jalan dan Pelabuhan Merak berperan penting dalam mencapai tujuan ini. Selain itu, terdapat jalan antar provinsi yang terawat dengan baik, jalan tol yang menghubungkan setiap provinsi di pulau Jawa, serta pelabuhan yang sering disinggahi oleh kapal-kapal besar. Dengan demikian, diharapkan hubungan antar daerah dapat berjalan lancar tanpa perlu membangun jalan khusus, sehingga distribusi hasil produksi dapat berlangsung dengan lebih efisien.

3) Utilitas

Utilitas sebagai unit pendukung memiliki peranan yang sangat penting dalam kelangsungan operasional pabrik. Unit utilitas mencakup kebutuhan air dan listrik. Air digunakan secara luas

sebagai media pendingin, untuk sanitasi, dan berbagai kebutuhan lainnya. Sumber air yang diperlukan berasal dari Sungai Cidanau di Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut yang dikelola oleh utilitas di Kawasan Industri Krakatau. Kebutuhan listrik untuk mendukung kegiatan operasional pabrik disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Namun, untuk memastikan kelancaran operasional, pabrik juga dilengkapi dengan generator pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar solar, yang diperoleh dari PT. Pertamina.

4) Sumber Daya Manusia

Tenaga kerja merupakan modal untuk pendirian suatu pabrik. Masalah tenaga kerja sangat berpengaruh dalam kelangsungan suatu pabrik/perusahaan. Ketersediaan pekerja terampil sangat penting untuk pengoperasian mesin-mesin dalam produksi, pemasaran, dan manajemen. 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.

Jumlah penduduk di Cilegon sampai Maret 2024 sebanyak 455,62 jiwa terdiri dari laki-laki sejumlah 230,97 jiwa dan perempuan 224,83 jiwa (<https://cilegonkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTA2IzI=-/proyeksi-2020-2035--jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin-di-kota-cilegon--ribu-jiwa-.html>). Upah minimum kota Cilegon sebesar Rp5.128.084,00 yang berasal dari Surat Keputusan Gubernur Banten, No. 471/Kep.293-Huk/2024 tentang penetapan upah minimum kabupaten/ kota se-Provinsi Banten (https://disnaker.tangerangkota.go.id/assets/media/file/pengumuman/SK_UMK_BANTEN_2025_compressed.pdf).

5) Lingkungan

Kawasan Cilegon, Banten, sudah menjadi wilayah perindustrian oleh Pemerintah. Bahkan jika pabrik didirikan di daerah ini, tidak ada masalah lingkungan atau adaptasi orang-orang di sekitar lokasi pabrik.

6) Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah menetapkan kebijakan yang sangat baik, terutama untuk wilayah Cilegon. Kebijakan ini telah berhasil menciptakan lingkungan yang kondusif untuk investasi di daerah tersebut dan juga menyeimbangkan antara kesempatan kerja dan hasil pembangunan.

Peraturan Daerah Kota Cilegon tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Cilegon 2010-2030 mencakup detail kebijakan tersebut.



Gambar 1.1 Peta wilayah pabrik

Sumber: earth.google.com/web/search/kawasan+industri+banten

1.4 Tinjauan Pustaka

Polimer sintesis pertama yang digunakan secara komersial adalah resin fenol formaldehida, yang dihasilkan melalui reaksi antara fenol dan formaldehid. Resin ini dikembangkan pada awal tahun 1900-an oleh seorang kimiawan asal Belgia, Leo Backeland (Stevan, 1995).

Resin fenol formaldehida terus menghiasi industri resin lebih dari seratus tahun setelah pertama kali dikembangkan. Kualitas mekanik yang sangat baik, fleksibilitas, biaya yang rendah, stabilitas termal yang tinggi, serta ketahanan terhadap air dan bahan kimia menjadikannya pilihan utama untuk penggunaan di sektor kedirgantaraan, sebagai perekat, cat dan pelapis (Sarika et al., 2020).

1.4.1 Macam-Macam Resin Fenol Formaldehid

Resin fenol formaldehid biasanya dipreparasi melalui dua metode yang berbeda. Metode pertama menggunakan katalis asam dengan fenol dalam jumlah berlebih dibandingkan formaldehid, menghasilkan produk yang dikenal sebagai Resin novolak. Metode kedua menggunakan katalis basa dengan formaldehid dalam jumlah berlebih dibandingkan fenol, menghasilkan produk yang disebut resol (Hesse, 1991).

Berdasarkan jumlah perbandingan bahan baku proses pembuatan fenolformaldehid resin serta katalis yang digunakan maka dapat dibedakan menjadi 2 macam:

- 1) Resol

Resol diperoleh dengan polikondensasi dengan katalis basa dan rasio molar fenol/formaldehid 1:>1. Biasanya, Resin resol digunakan dalam bentuk cair baik dilarutkan dalam air atau dalam larutan organik (alkohol dan keton) (Hesse, 1991). Katalis yang digunakan biasanya NaOH. Reaksi berjalan di suhu tinggi dengan waktu yang lama serta pH yang dicapai berkisar 10. 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.

2) Resin Novolak.

Resin novolak diperoleh dengan reaksi polikondensasi dengan katalis asam dan rasio fenol/formaldehid 1:<1. Resin novolak sendiri merupakan bahan termoplastik. (Hesse, 1991). Katalis yang biasanya digunakan dalam proses pembuatan Resin novolak adalah H_2SO_4 (Asam Sulfat). Reaksi yang dijalankan dalam fase cair. Reaksi yang dijalankan dalam proses pembuatan Resin novolak pada suhu $95^{\circ}C$ dan pada tekanan konstan 1 atm. Reaksi berjalan secara eksotermis yang berarti reaksi menghasilkan panas dan membutuhkan pendingin dalam menjaga suhu reaksi (Kirk, Othmer, 1996).

1.4.2 Pemilihan Proses

Ditinjau dengan membandingkan jenis katalis yang akan digunakan kemudian dilakukan spesifikasi dari masing-masing katalis terhadap kriteria yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 1.7 Pemilihan proses berdasarkan jenis katalis (Zhao et al., 2013)

No	Kriteria Pemilihan	Jenis Katalis		
		Asam Sulfat	Asam Klorida	Asam Oksalat

1	Sifat Korosif	Korosif	Korosif	Kurang Korosif
2	Efek Katalitik	Kuat	Kuat	Tidak Cukup Kuat
4	Biaya Peralatan	Ekonomis	Ekonomis	Tidak Ekonomis
5	Residu	Sangat Rendah	Rendah	Tinggi
6	Suhu Operasi	95°C	90°C	90°C
7	Tekanan Operasi	1 atm	1 atm	1 atm
8	Fase	Cair	Cair	Padatan kristal
9	Konversi	98,1%	91,9%	96%
10	Kemurnian	98%	35%	99%
11	Ketersediaan Bahan Baku	Berlimpah dan mudah didapat	Berlimpah dan mudah didapat	Terbatas jumlahnya

Berdasarkan data Tabel 1.7 maka proses yang paling baik dan efisien dari segi kondisi operasi, teknis, dan ekonomis adalah perencanaan pendirian pabrik resin novolak dengan katalis ke empat yaitu menggunakan asam sulfat karena beberapa alasan, yaitu:

1. Penggunaan katalis asam sulfat menghasilkan residu lebih sedikit dibandingkan dengan katalis asam klorida dan asam oksalat.
2. Ketersediaan bahan baku untuk katalis asam sulfat sangat melimpah dan lebih mudah diperoleh dibandingkan dengan katalis asam klorida dan asam oksalat.
3. Kadar kemurnian produk yang didapat dari proses dengan katalis asam sulfat memenuhi kemurnian produk yang beredar di pasaran yaitu lebih dari 98%.

4. Bahan baku dan katalis yang digunakan memiliki fase cair - cair sehingga dapat dipilih penggunaan reaktor tangki alir berpengaduk yang lebih efisien dan mudah digunakan dengan kemurniaan produk resin novolak yaitu 98%.



BAB XI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan prarancangan pabrik Resin novolak kapasitas 13.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kapasitas rancangan pabrik Resin novolak direncanakan 13.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan direncanakan Perseroan Terbatas (PT) yang didirikan di Kawasan Industri Krakatau (KIK) Cilegon, Banten
3. Struktur organisasi menggunakan metode *line and staff* dengan jumlah karyawan 160 orang.
4. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, prarancangan pabrik Resin novolak layak didirikan dengan data sebagai berikut:

Return of Investment (ROI) = 21,23%

Pay Out Time (POT) = 3,42 tahun

Break Event Point (BEP) = 46,35%

Interest Rate of Return (IRR) = 39,00%

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw-Hill, Inc. <http://archive.org/details/chemicalengineer00arie>
- Badan Pusat Statistik. 2024. [Data Ekspor Impor - Badan Pusat Statistik Indonesia](#) Diakses Pada Tanggal 14 Desember 2024
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process Equipment Design Handbook. John Wiley & Sons.
- Coulson, J. & Richardson, J. (1983). Chemical Engineering Design: Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer. 6th ed. Amsterdam: Elsevier.
- Fan, C., Zhang, R., Luo, X., Hu, Z., Zhou, W., Zhang, W., ... & Liu, J. (2023). *Epoxy phenol novolac resin: A novel precursor to construct high performance hard carbon anode toward enhanced sodium-ion batteries*. *Carbon*, 205, 353-364.
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Processes and Unit Operations. 3th ed. *United States of America:Prentice-Hall International Inc.*
- Gunara, S. (2017). Buku Pedoman Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja: SCBD. <https://online.fliphtml5.com/ztrej/gflk/>.
- Kemenperin. <https://www.kemenperin.go.id/>. Diakses Pada Tanggal 14 Desember 2024
- Kern. D. Q. (1965). Process Heat Transfer. Japan: McGraw-Hill Book Company. <http://archive.org/details/KERNProcessHeatTransfer>
- Khanal, A., Manandhar, A., Adhikari, S., & Shah, A. (2021). *Techno-economic analysis of novolac resin production by partial substitution of petroleum-derived phenol with bio-oil phenol*. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 15(6), 1611-1620.
- Kirk, R.E. and Othmer, D. 1996. *Concise Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume 18, 4th edition. In Wiley. Hoboken, N.J : Wiley-Interscience
- Kopf, H. (1988). *Process for producing particulate novolac resins and aqueous dispersions* (U.S. Patent No. 7,345,132 B2). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US4788236A>
- Li, Q., Liu, X., Su, H., Mao, A., & Wan, H. (2020). *Development of a renewable hybrid resin system by blending isocyanate with novolac phenolic resins*. *Forest Products Journal*, 70(3), 268-274.
- Mcketta, J. J. (1986). Encyclopedia of Chemical Processing and Design. Marcel Dekker Inc.

National Library of Medicine, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Diakses Pada Tanggal 14 Desember 2024

Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world/en/chat> Diakses Pada Tanggal 14 Desember 2024

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. <https://jdih.kemnaker.go.id/katalog-1546-Peraturan%20Menteri.html>.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat dan Pemutusan Hubungan Kerja. <http://peraturan.bpk.go.id/Details/161904/pp-no-35-tahun-2021>.

Perry, R.H., 1999, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 7th ed., New York, McGraw-Hill Book Company.

Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant Design and Economics for Chemical Engineers. 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc.

Powell, S.T. (1954). Water Conditioning For Industry (1st ed.). McGraw-Hill.

Rokhati, N., & Prasetyaningrum, A. (2008). *Pembuatan Resin Phenol Formaldehid Terhadap Aplikasinya Sebagai Vernis. Reaktor*, 12(1), 42-47.

Ryan, B. W. (1995). Process for producing phenol formaldehyde resins (U.S. Patent No. 5,470,924). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US5470924>

Saito, Y., Tanaka, H., & Kobayashi, K. (2008). *Method of producing novolak resin* (U.S. Patent No. 7,345,132 B2). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US7345132B2>

Sarika, P. R., Nancarrow, P., Khansaheb, A., & Ibrahim, T. (2020). *Bio-based alternatives to phenol and formaldehyde for the production of resins. Polymers*, 12(10), 2237.

Sinnott, R. K. (2005). Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design. 4th ed. Vol.6. Oxford: Elsevier. https://www.academia.edu/37875648/Coulson_Richardsons_Chemical_Engineering_Vol_6_Chemical_Engineering_Design_4th_Edition

Smith, J, M, and Van Ness, H, H. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th ed., McGraw Hill International Book Company, Singapore.

SNI-6197_2020-Konservasi-Energi-Pada-Sistem-Pencahaya

Ulrich, G. D. (1984). A Guide to Chemical Engineering Process Design And Economics, John Wiley and Sons, New <https://doku.pub/download/ulricha-guide-to-chemical-engineering-processdesign-and-economics-pld4p19e88ln>

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan. <http://peraturan.bpk.go.id/Details/43013>

Witkus et al, *Production of fenol formaldehyd* (United States Patent US4656239

Xu, J., Brodu, N., Youssef, B., & Taouk, B. (2022). *Study of green bio-oil-glyoxal novolac resins synthesis and its curing with bisphenol A diglycidyl ether and biochar*. *Green Chemistry*, 24(20), 8076-8087.

Yaws, Carl L., 1999, *Chemical Properties Handbook : Physical, Thermodynamic, Environtmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*, Mc Graw-Hill, New York.

Yuliani, HR. (2014). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Yogyakarta: Deepublish.

Zhang, C., Binienda, W. K., Zeng, L., Ye, X., & Chen, S. (2011). *Kinetic study of the novolac resin curing process using model fitting and model-free methods*. *Thermochimica Acta*, 523(1–2), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.04.033>

Zhao, Y., Zhang, B., Yan, N., & Farnood, R. R. (2013). *Synthesis and characterization of phenol formaldehyde novolac resin derived from liquefied mountain pine beetle infested lodgepole pine barks*. *Macromolecular Reaction Engineering*, 7(11), 646–660. <https://doi.org/10.1002/mren.201300112>

