

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resin fenol formaldehida ($C_7H_8O_2$) merupakan resin yang berasal dari fenol dan formaldehida. Dalam dunia industri, resin fenol formaldehida dapat digunakan sebagai proses laminating, Vernis, bahan perekat kayu, serta panel dinding dekorasi dan cat. Kelebihan dari resin fenol formaldehida itu sendiri adalah mudah dicetak, dibentuk, mudah diwarnai dan yang paling penting adalah tidak menimbulkan efek racun yang berbahaya bagi tubuh. Sifat-sifat tersebut membuat resin fenol formaldehida dapat diolah kedalam berbagai bentuk seperti lembaran, plat, batang dan lain-lain (Tobianson, 1990).

Di Indonesia telah didirikan pabrik yang memproduksi resin fenol formaldehida yaitu PT. Indoperin Jaya dengan kapasitas produksi 14.500 ton/tahun dan PT. Binajaya Rodakarya dengan kapasitas 12.000 ton/tahun, namun belum memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga Indonesia harus mengimpor dari luar negeri. Kebutuhan akan resin fenol formaldehida di Indonesia semakin meningkat seiring dengan penggunaannya di industri seperti industri mobil, industri plastik, industri perekat, industri cat dan industri-industri lainnya yang mengakibatkan kebutuhan resin fenol formaldehida semakin meningkat. Biasanya digunakan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan (Prasetyanigrum, 2008).

Proses pembuatan resin fenol formaldehida ($C_7H_8O_2$) menggunakan 2 proses, salah satu proses yang digunakan yaitu proses novolak. Dimana proses novolak adalah reaksi fase cair yang menggunakan katalis H_2SO_4 pada suhu $95^\circ C$ dan tekanan 1 atm dengan konversi reaksinya 98%. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis dan dilakukan dalam reaktor CSTR.

Bahan baku fenol yang didapat dari PT. SLV Metropolitan Indonesia dengan kapasitas 40.000 ton/tahun di Cilegon, Banten. Formaldehida didapat dari PT. Dover Chemical dengan kapasitas 50.000 ton/tahun di Cilegon, Banten. Asam

sulfat dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 250.000 ton/tahun di Cilegon, Banten.

Lokasi pabrik resin fenol formaldehida dengan kapasitas 35.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Desa Gerem, Kecamatan Gerogol, Cilegon, Banten. Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan penyediaan bahan baku berjalan dengan lancar dengan waktu yang efisien dan biaya yang minimum. Beberapa industri yang menggunakan resin fenol formaldehida di wilayah Banten adalah seperti PT. Sinergi Inti Plastindo Tbk., PT. Multiplastindo, PT. Panca Budi Pratama, PT. Murni Mapan Mandiri, dan industri industri lainnya.

Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2017 menyatakan bahwa konsumsi resin fenol formaldehida sebanyak 7.165,15 ton/tahun dan terus meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu, pendirian pabrik resin fenol formaldehida di Indonesia sangat penting guna memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pendirian pabrik resin fenol formaldehida dapat membuka lapangan kerja baru dan menekan angka impor, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara. Selain itu juga untuk memenuhi pasar diluar negeri yang diharapkan dapat meningkatkan devisa negara.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia sangat besar dan pemenuhan terhadap kebutuhan resin fenol formaldehida tersebut dilakukan dengan cara mengimpor. Melihat hal ini, Indonesia memiliki peluang untuk memproduksi resin fenol formaldehida dalam pemenuhan kebutuhan didalam dan ekspor ke luar negeri dengan merancang pabrik resin fenol formaldehida.

1.3 Tujuan Prarancangan

Tujuan dari prarancangan pabrik resin fenol formaldehida adalah untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia khususnya dibidang perancangan, proses dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan pabrik

resin fenol formaldehida.

1.4 Manfaat Prarancangan

Adapun manfaat prarancangan pabrik pembuatan resin fenol formaldehida diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan resin fenol formaldehida dengan proses novolak diharapkan memenuhi kebutuhan dalam negeri Indonesia sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain dan menghemat devisa negara.
2. Dapat menghasilkan devisa negara dari sektor non-migas bila hasil produk resin fenol formaldehida di ekspor
3. Dapat menciptakan lapangan kerja dan memacu rakyat untuk meningkatkan produksi dalam negeri yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada prarancangan pabrik ini di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perancangan produksi resin fenol formaldehida dengan proses novolak dengan proses simulasi flow diagram Aspen Hysys, P&ID dan 3D Plant, perhitungan neraca massa dan neraca energi, spesifikasi peralatan, dan unit utilitas.
2. Analisa yang dilakukan hanya sampai analisa kelangsungan ekonomi.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik resin fenol formaldehida perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.6.1 Kapasitas Pabrik Resin Fenol Formaldehida

Berikut ini adalah data-data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan UN data mengenai nama pabrik beserta kapasitas pabrik yang telah beroperasi sebagai penghasil resin fenol formaldehida di Indonesia dan di dunia

dapat dilihat pada **Tabel 1.1** dan **Tabel 1.2**

Tabel 1.1 Data Produksi Pabrik Resin Fenol Formaldehida Beserta Kapasitas di Indonesia

No.	Produsen	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Indoperin Jaya	Probolinggo, Jawa Timur	14.500
2.	PT. Binajaya Rodakarya	Banjarmasin, Kalimantan Selatan	12.000
3.	PT. Graha Jaya Pratama	Jakarta Barat, DKI Jakarta	17.000
4.	PT. Lakosta Indah	Samarinda, Kalimantan Timur	15.000
5.	PT. Arjuna Utama Kimia	Surabaya, Jawa Timur	10.000

(Sumber: Badan Pusat Statistik)

Tabel 1.2 Data Produksi Pabrik Resin Fenol Formaldehida Beserta Kapasitas di Dunia

No.	Produsen	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Leuna-Harze Chemical gmbH	Jerman	40.000
2.	Dynea Chemicals	Rusia	50.000
3.	Shading Shenquan Chemical.Co.Ltd	China	45.000
4.	Nanjing Chemical Industry Park	China	30.000
5.	Haiyan Huaqiang Resin.Co.Ltd	China	8.000
6.	Chang Chung Plastics.Co	China	30.000
7.	Georgia Pacific Corporation	Amerika	43.000
8.	Japan's Suitomo Chemical	Jepang	35.000
9.	Thaita Chemical Co. Plant	Jepang	15.000
10.	Mc. Dowell & Co. Ltd.	India	100.000

(Sumber: un.data.org)

1.6.2 Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida di ASEAN

Menurut data komoditi impor dan ekspor UN data, kebutuhan Resin Fenol Formaldehida menunjukkan nilai yang meningkat dari tahun ke tahun. Adapun kebutuhan resin fenol formaldehida di beberapa Negara dapat dilihat pada **Tabel 1.3** berikut.

Tabel 1.3 Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida di Beberapa Negara ASEAN

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

(Sumber: un.data.org)

1.6.3 Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida di Indonesia

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, data konsumsi resin fenol formaldehida di Indonesia dari tahun 2017-2023 dapat dilihat pada **Tabel 1.4**.

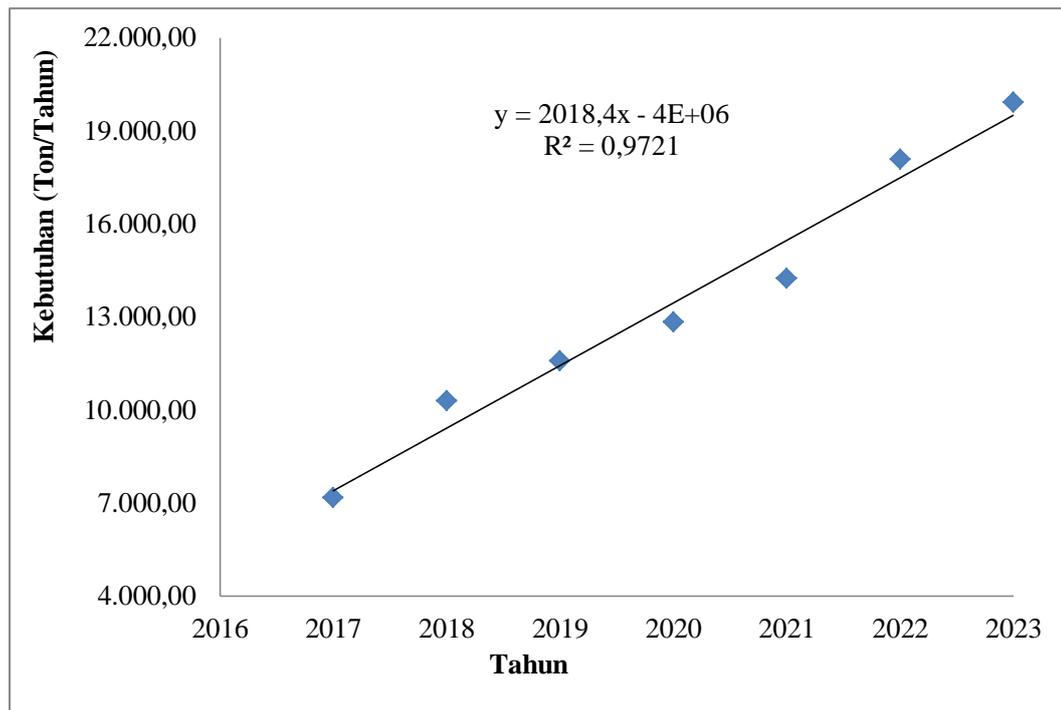
Tabel 1.4 Data Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
2017	7.165,15
2018	10.290,36
2019	11.583,91
2020	12.829,95
2021	14.237,49
2022	18.087,56
2023	19.920,87

(Sumber: Badan Pusat Statistik)

Dari data kebutuhan resin fenol formaldehida dari tahun 2017 sampai 2023 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, serta diharapkan Indonesia menjadi Negara pengeksport resin fenol formaldehida khususnya untuk wilayah ASEAN, maka perlu didirikan pabrik resin fenol

formaldehida pada tahun-tahun yang akan mendatang. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat kebutuhan pada resin fenol formaldehida tahun 2028 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 1.1**. Adapun grafik kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2023 dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Data Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida

Berdasarkan grafik kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia didapatkan persamaan garis lurus $y = 2018,4x - 4E+06$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,9721$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan resin fenol formaldehida dalam negeri pada tahun 2029 mendatang.

$$y = 2018,4x - 4E+06$$

$$y = 2018,4(2028) - 4E+06$$

$$y = 93.315,20 \text{ Ton/Tahun}$$

Jadi kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia pada tahun 2029 meningkat menjadi sebesar 93.315,20 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada **Tabel 1.5**

Tabel 1.5 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Resin Fenol Formaldehida di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2024	85.241,60
2025	87.260,00
2026	89.278,40
2027	91.296,80
2028	93.315,20

Pada prarancangan pabrik resin fenol formaldehida ini direncanakan berdiri pada tahun 2028 dengan kapasitas 35.000 ton/tahun melalui pertimbangan diantaranya sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan (Mc. Ketta, 1976).
2. Kapasitas produksi pabrik resin fenol formaldehida yang sudah beroperasi di dunia berkisar 8.000 ton/tahun sampai 100.000 ton/tahun
3. Total kebutuhan dalam negeri pada saat pabrik beroperasi tahun 2028 sebesar 93.315,20 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
4. Kapasitas prarancangan pabrik resin fenol formaldehida ini sebesar 35.000 ton/tahun mengacu pada kapasitas pabrik yang ada di Indonesia
5. Produk resin fenol formaldehida yang dihasilkan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 90% dari kapasitas prarancangan pabrik ini dan 10% akan diekspor ke negara-negara ASEAN seperti Myanmar, Philippines, dan Singapore.

1.6.4 Ketersediaan Bahan Baku

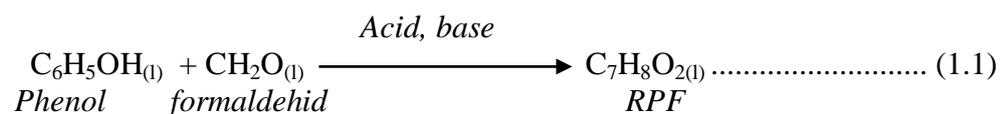
Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di proritaskan. Bahan baku utama pembuatan resin fenol formaldehida yaitu fenol yang diperoleh dari PT. SLV Metropollitan Indonesia dengan kemurnian sebesar 99% dalam fase cair, formaldehida diperoleh dari PT. Dover Chemical dengan kemurnian

37% dan serta asam sulfat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dengan kemurnian 98%. Mengingat ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kebutuhan akan resin fenol formaldehida yang besar, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut. Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi resin fenol formaldehida, karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah fenol, formaldehida dan asam sulfat. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku adalah

1. Bahan baku yang relatif lebih murah
2. Bahan baku yang mudah didapatkan karena telah diproduksi di Indonesia
3. Bahan baku tersedia cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

1.7 Pemilihan Proses

Resin fenol formaldehida biasanya dilakukan melalui dua metode yang berbeda. Pertama melibatkan katalis asam dengan menggunakan fenol yang berlebih terhadap formaldehida. Produknya disebut novolak resin, dan yang kedua melibatkan katalis basa dengan formaldehida yang berlebih terhadap fenol. Produk yang dibentuk disebut dengan resol (Holman, 1988). Berikut reaksinya:



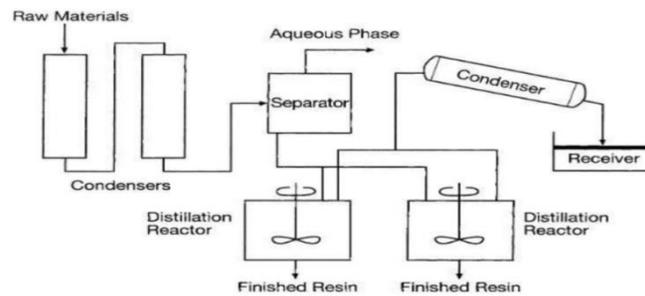
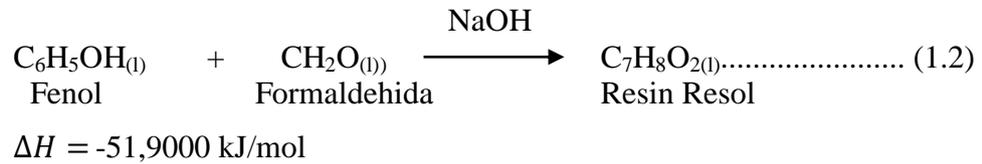
$$\Delta H = -51,9000 \text{ kJ/mol}$$

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

1.7.1 Proses Resol

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

dihasilkan. Katalis yang digunakan biasanya NaOH. Reaksi terjadi pada tekanan 3 atm dan berjalan di suhu 230°C serta konversi reaksinya yaitu 80%. pH yang dicapai berkisar 10. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 1.2 Alur Proses Resol

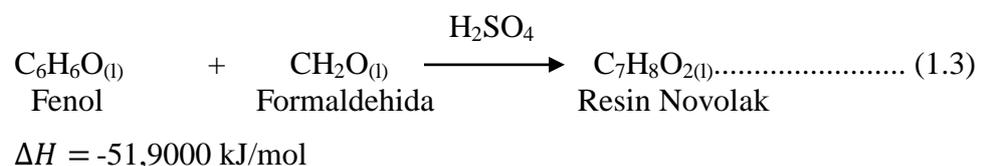
Resol memiliki sifat larut dalam air. Kelebihan dari resin jenis ini adalah Resol memiliki ketahanan yang baik terhadap air, yang memungkinkan penggunaan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembaban. Kekurangannya adalah tingginya pH yaitu 10, sehingga waktu kering dalam penggunaan produknya semakin lama. Warna yang dihasilkan dari produk resol adalah merah kecoklatan, sehingga tidak cocok digunakan untuk diterapkan dalam aplikasi beberapa produk resol (Kirk Othmer, 1989).

1.7.2 Proses Novolak

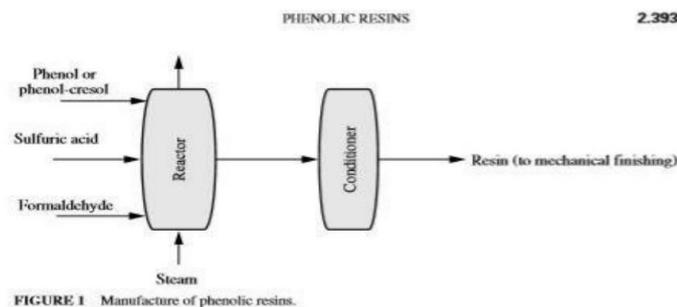
Novolak merupakan produk dari reaksi antara fenol berlebih dan formaldehida dengan menggunakan katalis asam. Katalis asam dengan fenol berlebih menghasilkan suatu produk kondensasi fenol formaldehida yang sangat berbeda dengan produk yang diperoleh dengan katalis basa.

Kondisi operasi harus dijaga dengan baik untuk menekan terbentuknya novolak dengan berat molekul rendah. Reaksi berjalan eksotermis yang berarti reaksi menghasilkan panas. Dibawah kondisi asam reaksi yang terjadi membentuk jembatan metilena. Hasilnya adalah pembentukan tahapan awal polimerisasi, campuran kompleks dari polimer-polimer berat molekul rendah.

Jika menggunakan fenol berlebih, reaksi kondensasi berlangsung hingga resin mempunyai berat molekul tinggi, sehingga dalam prakteknya jumlah formaldehida yang direaksikan dengan fenol kurang dari jumlah ekuivalen. Produk akhir novolak yang dapat larut dan memiliki berat molekul rata-rata yang tergantung pada rasio fenol dibandingkan formaldehida. Novolak biasanya dibuat dalam kondisi asam, akan tetapi reaksinya dirumitkan dengan kecenderungan percabangan rantai dan proses gelasi (Kirk Othmer, 1989). Berikut merupakan reaksi pembentukan resin fenol formaldehida:



(Steven, 1995)



Gambar 1.3 Alur Proses Novolak

Pembuatan resin fenol formaldehida (novolak) merupakan reaksi antara fenol dan formaldehida dengan penambahan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Fenol dalam fase cair direaksikan bersama-sama dengan formaldehida fase cair dan asam sulfat fase cair. Warna yang dihasilkan adalah putih bening. Resin novolak memiliki sifat *thermosetting* yang berarti tahan terhadap panas tinggi, membuatnya cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan panas. Katalis asam dengan fenol berlebih akan menghasilkan produk kondensasi fenol formaldehida yang sangat berbeda dengan produk yang diperoleh dengan mereaksikan fenol berlebih melalui katalis asam.

Kondisi operasi pada proses ini yaitu pada suhu 95°C dengan tekanan konstan 1 atm. Kemurnian fenol biasanya 90-99% dan kemurnian formaldehida

yang umum untuk produksi resin biasanya 37%. Dengan kemurnian tersebut maka perbandingan antara fenol dan formaldehida yaitu 1 : 0,98 serta hasil konversinya sebesar 98%. Kondisi operasi perlu dijaga agar menghasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan. Mekanisme reaksi melibatkan protonasi gugus karboksil yang diikuti substitusi aromatik elektrofilik pada posisi orto dan para. Di bawah kondisi-kondisi asam reaksi selanjutnya terjadi untuk memberikan jembatan metilena. (Kirk, Othmer, 1996).

Proses pembuatan resin fenol formaldehida ada dua yang dapat dilihat pada **Tabel 1.6**

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Resol dan Novolak

Parameter	Resol	Novolak
Katalis	NaOH	H ₂ SO ₄
Perbandingan Mol	Fenol 1:4 Formaldehida	Fenol 1:0.98 Formaldehida
Konversi	80%	98%
Suhu Reaksi	230°C	95°C
Tekanan	3 atm	1 atm
Warna Produk	Coklat Kemerahan	Putih Bening

(Sumber: Hesse, 1991 dan Kirk, Othmer, 1996)

Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses:

1. Proses Resol

Kelebihan dan kekurangan pada proses Resol dapat dilihat pada **Tabel 1.7**.

Tabel 1.7 Kelebihan dan Kekurangan Proses Resol

Kelebihan	Kekurangan
1. Memiliki ketahanan yang baik terhadap air.	1. Tingginya pH (10) 2. Waktu kering lama (5-6 jam) 2. Warna produk merah kecoklatan 3. Konversinya rendah (80%) 4. Suhu operasinya tinggi (230°C)

2. Proses Novolak

Kelebihan dan kekurangan proses Novolak dapat dilihat pada **Tabel 1.8**

Tabel 1.8 Kelebihan dan Kekurangan Proses Novolak

Kelebihan	Kekurangan
1. Tekanan atmosferik 2. Suhu lebih rendah (95°C) 3. Konversi lebih tinggi (98%) 4. Warna produk putih bening 5. Tahan terhadap panas (<i>Termosetting</i>)	1. Waktu reaksi lebih lama (3 jam)

Kelebihan dan kekurangan katalis pada pembuatan resin novolak dapat dilihat pada **Tabel 1.9**.

Tabel 1.9 Kelebihan dan Kekurangan Katalis Proses Novolak

Katalis	Kelebihan	Kekurangan
H₂SO₄	1. Kemurnian lebih tinggi (98%) 2. Suhu operasi lebih rendah (150°C) 3. Lebih aman terhadap korosif 4. Kemampuan regenerasi lebih baik	1. Waktu reaksi lebih lama (3 jam)
HCl	1. Waktu reaksi lebih cepat (1,5 jam)	1. Kemurnian lebih rendah (37%) 2. Suhu operasi lebih tinggi (180°C) 3. Menyebabkan korosif lebih cepat

Berdasarkan dari uraian yang telah dijelaskan diatas maka dalam prarancangan dipilih proses Novolak dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Bahan baku yang digunakan dekat dengan lokasi pabrik yang akan didirikan

- b. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4)
- c. Kondisi suhu yang dioperasikan tidak terlalu tinggi yaitu $95^\circ C$
- d. Menggunakan perbandingan mol 1:0,98
- e. Konversi yang didapatkan yaitu 98%
- f. Resin novolak tahan terhadap panas (*Termosetting*)

1.8 Uraian Proses

Reaksi pembentukan resin fenol formaldehida dilakukan pada fase cair antara fenol dan formaldehida dengan katalisator asam sulfat. Proses pembuatan resin fenol formaldehida secara garis besar dibagi menjadi tiga tahapan proses, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Reaksi
3. Tahap Pemurnian Hasil

1.8.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan resin fenol formaldehida adalah fenol, formaldehida dan asam sulfat sebagai katalis. Bahan baku fenol yang didapat dari PT. SLV Metropolitan Indonesia dengan kemurnian 99% dan impuritis 1% H_2O , formaldehida didapat dari PT. Dover Chemical dengan kemurnian 37% dan impuritis 63% H_2O , dan asam sulfat dari PT. Asahimas Chemical dengan kemurnian 98% dan impuritis 2% H_2O .

a. Penyiapan Fenol

Bahan baku pertama fenol disimpan dalam tangki penyimpanan fenol (TK-100) dengan suhu $30^\circ C$ pada tekanan 1 atm untuk menjaga kondisi fenol supaya tetap kondisi cair. Kemudian fenol dialirkan menggunakan pompa untuk disatukan alirannya dengan bahan baku kedua menuju *mixer* (MX-100) dan dinaikkan suhunya menjadi $85^\circ C$ dan tekanan 1 atm didalam *heater* (E-100) sebelum masuk kedalam reaktor.

b. Penyiapan Formaldehida

Selanjutnya bahan baku kedua formaldehida disimpan dalam tangki penyimpanan formaldehida (TK-101) pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm

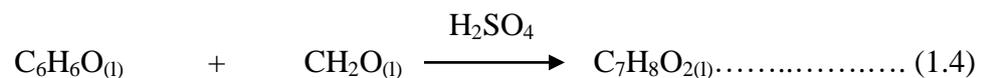
untuk menjaga kondisi formaldehida supaya tetap kondisi cair. Kemudian formaldehida dialirkan menggunakan pompa untuk disatukan alirannya dengan bahan baku pertama menuju *mixer* (MX-100) dan dinaikkan suhunya menjadi 85°C dan tekanan 1 atm didalam *heater* (E-100) sebelum masuk kedalam reaktor.

c. **Penyiapan Asam Sulfat**

Selanjutnya bahan asam sulfat yang merupakan katalis dalam proses pembuatan resin fenol formaldehida. Penambahan katalis bertujuan untuk mempercepat laju reaksi. Asam sulfat disimpan dalam tangki penyimpanan katalis (TK-102) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa menuju *heater* (E-101) untuk menaikkan suhunya menjadi 95°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk kedalam reaktor.

1.8.2 Tahap Reaksi

Kemudian bahan baku dan bahan katalis tersebut dimasukkan ke dalam reaktor CSTR (CSTR-201) dalam keadaan kondisi operasi 95°C dan pada tekanan 1 atm agar tetap terjaga kemurnian bahan baku dan katalis. Adapun rasio perbandingan mol bahan baku yang masuk antara fenol dan formaldehid yaitu 1:0,98 dan proses reaksi yang terjadi di dalam reaktor yaitu secara eksotermis dan kegunaan dari H₂SO₄ di dalam reaktor yaitu untuk mempercepat laju reaksi sebab H₂SO₄ berfungsi sebagai katalis dalam pembuatan produk. Reaksi dapat dilihat pada persamaan 1.4



$$\Delta H = -51,9000 \text{ kJ/mol}$$

Kemudian setelah dilakukan proses reaksi di dalam reaktor CSTR (CSTR-201) dilakukan proses pemurnian produk.

1.8.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Selanjutnya aliran produk keluaran reaktor dialirkan menuju menara distilasi 1 (MD-301), menara distilasi 1 berfungsi memisahkan bahan baku sisa reaksi, katalis, dan produk resin fenol formadehida. Hasil keluaran atas menara distilasi 1 berupa formaldehida 1%, fenol 1% dan air 98% dengan temperatur

keluaran sebesar 100°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan Hasil keluaran bawah menara distilasi 1 (MD-301) berupa fenol 0,985%, asam sulfat 2,291%, air 0,047% dan produk resin fenol formaldehida 96,677%, temperatur keluaran sebesar 256,2°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk kedalam menara distilasi 2 (MD-302).

Menara distilasi 2 (MD-302) berfungsi memisahkan produk resin fenol formadehida dan katalis. Hasil keluaran bawah menara distilasi 2 (MD-302) berupa katalis dengan temperatur keluaran sebesar 274,8°C dan tekanan 1 atm, sebelum di *recycle* diturunkan terlebih dahulu temperaturnya menjadi 30°C menggunakan *cooler* (CL-301). Sedangkan Hasil keluaran atas menara distilasi 2 (MD-302) berupa fenol 1% dan produk resin fenol formaldehida 99% dengan temperatur keluaran sebesar 243,2°C dan tekanan 1 atm didinginkan terlebih dahulu menuju *cooler* (CL-300) untuk menurunkan temperaturnya menjadi 30°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk kedalam tangki penyimpanan produk (V-101). Didapatkan konversi sebesar 98% dengan kemurnian produk 99%

1.9 Pemilihan Lokasi

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

Lokasi pabrik resin fenol formaldehida dengan kapasitas 35.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Desa Gerem, Kecamatan Gerogol, Cilegon, Banten. Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1.9.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

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

Faktor primer meliputi:

A. Penyedia Bahan Baku

Lokasi pabrik didirikan sebaiknya berada didekat dengan pabrik penyuplai bahan baku. Hal ini dikarenakan supaya dalam pengiriman bahan baku berjalan lancar dengan waktu yang efisien serta biaya yang minimum. Bahan baku dikirim melalui jalur darat. Bahan baku utama yaitu fenol yang didapat dari PT. SLV Metropolitan Indonesia dengan kapasitas 40.000 ton/tahun di Cilegon, Banten. Formaldehida didapat dari PT. Dover Chemical dengan kapasitas 50.000 ton/tahun di Cilegon, Banten. Asam sulfat dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 250.000 ton/tahun di Cilegon, Banten.

B. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik di Cilegon, Banten cukup strategis karena banyak industri yang membutuhkan resin novolak seperti PT. Sinergi Inti Plastindo Tbk., PT. Multiplastindo, PT. Panca Budi Pratama, PT. Murni Mapan Mandiri, dan industri industri lainnya. Sehingga mempermudah pemasaran dalam negeri, dan juga luar negeri. Dalam pemasarannya, pengemasan produk dikemas dalam drum.

C. Utilitas

Utilitas sebagai unit pendukung mempunyai peranan penting dalam kelangsungan pabrik. Unit utilitas meliputi kebutuhan air dan listrik. Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air banyak digunakan sebagai media pendingin, sanitasi, *steam*, serta kebutuhan lainnya. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan ekonomis karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai, yaitu Sungai Cidanau dengan debit air 5.282 m³/detik.

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

D. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja sangat mudah dipenuhi. Hal ini mengingat bahwa jumlah penduduk yang banyak di Indonesia. Kawasan industri merupakan tujuan para pencari kerja. Sebagian tenaga kerja diambil dari yang berpendidikan

kejuruan atau menengah serta dari sarjana dan kalangan profesional. Kemampuan dan kecakapan dalam bekerja menjadi prioritas dalam perekrutan sehingga akan mendapatkan tenaga kerja yang berkualitas dan berkomitmen dengan baik.

E. Transportasi

Sarana transportasi berhubungan dengan distribusi produk serta penyediaan bahan baku. Pemilihan transportasi didasarkan pada biaya operasi yang seekonomis mungkin. Lokasi pabrik berdekatan sehingga distribusi produk dan penyediaan bahan baku menjadi efisien dan cepat. Untuk pemasaran produk di daerah Jawa, bisa melalui jalan tol Tangerang Merak, sedangkan untuk wilayah luar Jawa atau luar negeri bisa melalui pelabuhan terdekat dengan lokasi pabrik, yaitu pelabuhan Ciwandan.

1.9.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

A. Kondisi Iklim

Kondisi iklim di wilayah Cilegon dapat dikatakan cukup baik untuk dijadikan sebagai tempat pembangunan pabrik. Seperti daerah lainnya di Indonesia, Cilegon memiliki iklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor jarang terjadi sehingga dapat memungkinkan pelaksanaan operasional pabrik dapat berjalan dengan baik.

B. Perizinan

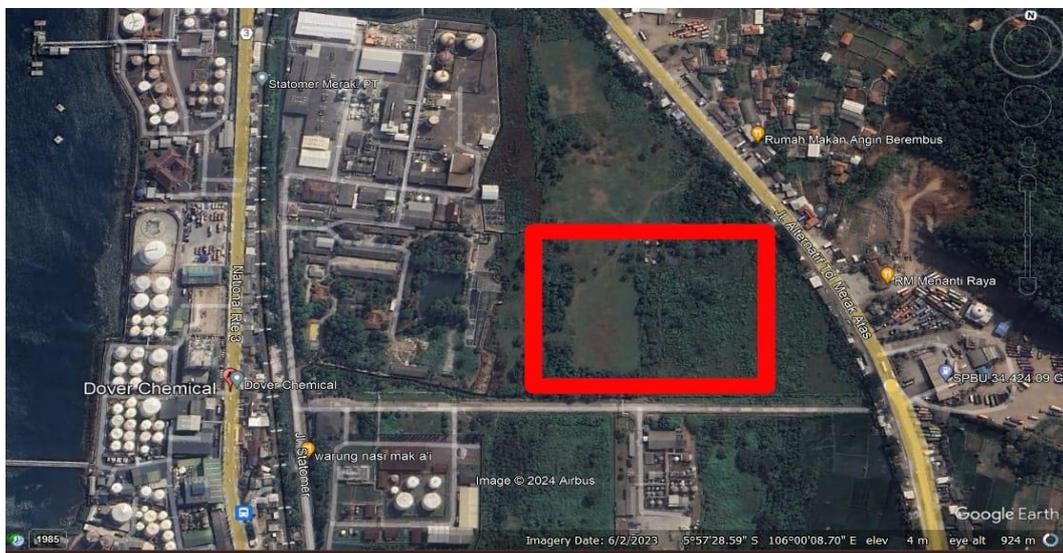
Perizinan faktor perundang-undangan setempat tidak menjadi persoalan karena letak pabrik ini berada di kawasan industri dan beberapa pabrik besar lainnya sehingga telah mendapat izin dari pemerintah daerah dan dapat diterima masyarakat dengan baik.

C. Peraturan Pemerintah

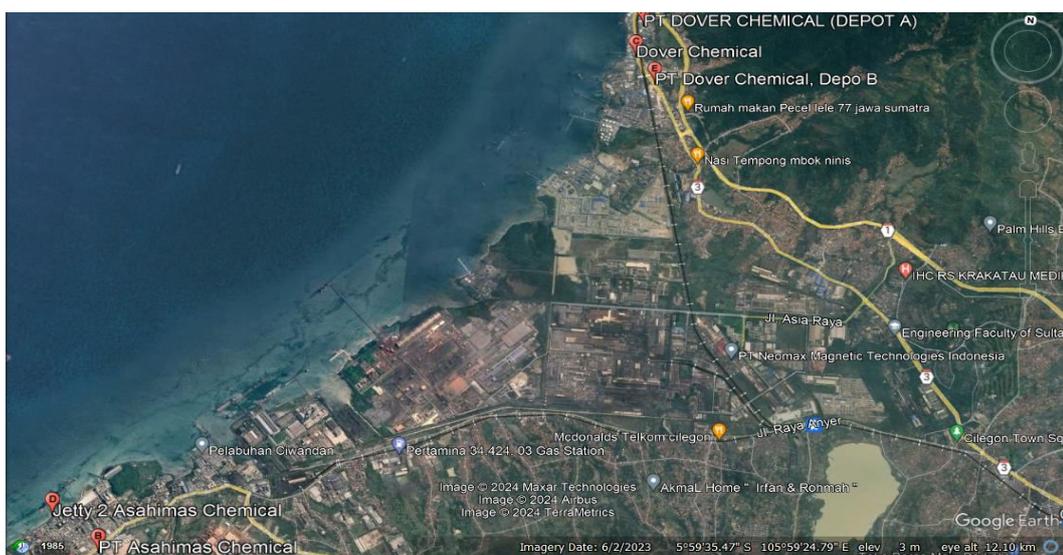
Berdasarkan Peraturan Gubernur Banten No 55 Tahun 2023, UMR Kabupaten Cilegon sebesar Rp 4.815.102. UMR ini lebih terjangkau dibandingkan kawasan industri lainnya sehingga lebih ekonomis. Menurut Perda pemerintah kabupaten Cilegon nomor 3/2011 tentang tata ruang, dimana Cilegon membagi wilayahnya untuk kepentingan pengembangan investasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah Kabupaten Cilegon mendukung adanya investasi dalam bidang industri kimia.

D. Keadaan Masyarakat

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

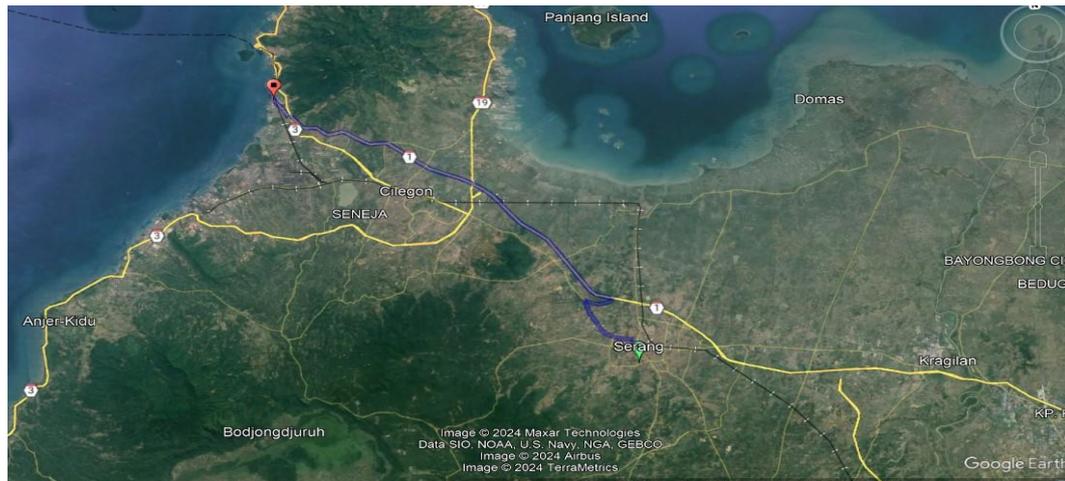


Gambar 1.4 Lokasi Pendirian Pabrik



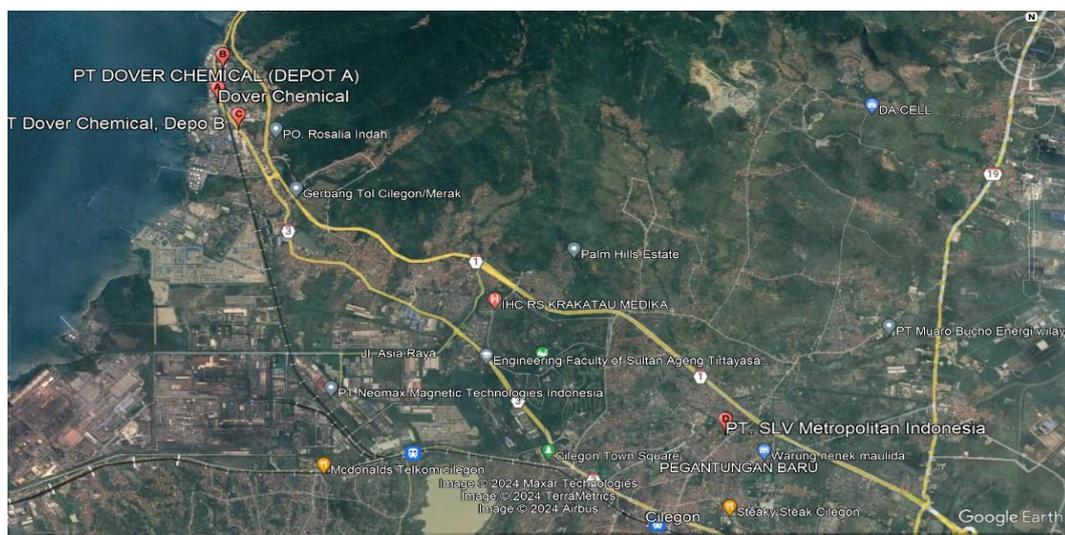
Gambar 1.5 Lokasi Pabrik Formaldehida, Katalis dan Pelabuhan

Jarak tempuh PT. Asahimas dengan lokasi pendirian pabrik \pm 18 KM dengan waktu tempuh 35 menit via Jl. Raya Kalang Bolong dan Jl. Nasional III. Jarak tempuh PT. Dover Chemical dengan lokasi pendirian pabrik \pm 400 m. Jarak tempuh Pelabuhan Ciwandan dengan lokasi pendirian pabrik \pm 16,2 KM dengan waktu tempuh 34 menit via Jl. Raya Kalang Bolong dan Jl. Nasional III.



Gambar 1.6 Lokasi Sungai Cidanau

Jarak Sungai Cidanau dengan Lokasi pabrik \pm 10 KM



Gambar 1.7 Lokasi Pabrik Fenol

Jarak tempuh PT. SLV Metropolitan Indonesia dengan lokasi pendirian pabrik \pm 11,3 KM dengan waktu tempuh 24 menit via Jl. Nasional III.

1.10 Analisa Ekonomi Awal

Pemasaran produk resin fenol formaldehida untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri dapat dipenuhi maka pemasaran diarahkan ke luar Indonesia. Untuk mengetahui analisa pasar perlu untuk mengetahui potensi produk berdasarkan persamaan reaksi (1.5)



Untuk analisa ekonomi awal prarancangan pabrik resin fenol formeldehida, berdasarkan reaksi dapat dilihat pada **Tabel 1.9**

Tabel 1.9 Analisa Ekonomi Awal

Parameter	Bahan Baku		Katalis	Produk
	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$	CH_2O	H_2SO_4	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$
Berat Molekul	94,11 gr/mol	30,03 gr/mol	98,079 gr/mol	124,14 gr/mol
Harga per Kg	Rp. 32.163	Rp. 15.000	Rp. 17.500	Rp. 140.000
Kebutuhan	0.09411 kg	0.03003 kg	0.098079 kg	0.12414 kg
Harga total	Rp. 3.026,86	Rp. 450.45	Rp. 1.716,38	Rp. 17.379,60

(Sumber: Indotrading dan Chemical Book)

$$\begin{aligned} \text{Analisa Ekonomi} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp. 17.379,60} - (\text{Rp. 3.026,86} + \text{Rp. 450,45} + \\ &\quad \text{Rp. 1.716,38}) \\ &= \text{Rp. 17.379,60} - \text{Rp. 5.193,69} \\ &= \text{Rp. 12.185,91/kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh:

$$\begin{aligned} \% \text{Keuntungan} &= \frac{\text{Rp.12.185,91/kg}}{\text{Rp. 5.193,69}} \times 100\% \\ &= 234\% \end{aligned}$$

Dari Tabel 1.8 maka didapatkan hasil keuntungan, hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan 234% dari harga bahan baku maka prarancangan pabrik resin fenol formaldehida layak dilanjutkan.

