



**PRA PERANCANGAN PABRIK
PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA
DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI**

**BAB I
PENDAHULUAN**

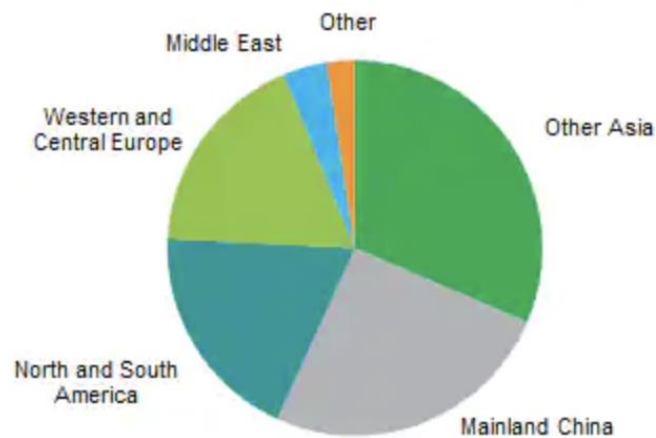
1.1 Latar Belakang

Kesepakatan negara-negara ASEAN untuk memberlakukan AEC (ASEAN Economic Community) membuat Indonesia dituntut untuk mempertanggung sektor industri serta bidang-bidang yang lainnya. Ketika AEC berlaku, Indonesia diharapkan tidak hanya menjadi pasar bagi produk negara lain tetapi juga lebih mandiri dan menghasilkan produk yang memiliki daya saing. Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan di segala bidang. Peningkatan yang pesat baik secara kualitatif maupun kuantitatif juga terjadi dalam industri kimia. Dengan meningkatnya industri kimia, maka kebutuhan unsur-unsur penunjang industri juga meningkat, termasuk bahanbahan pembantu dan penunjang. Kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang industri di Indonesia masih banyak didatangkan dari luar negeri. Jika bahan baku dan penunjang ini bisa dihasilkan sendiri di dalam negeri, tentunya dapat menghemat pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor, dan juga dapat meningkatkan penguasaan teknologi.

Cumene merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku maupun bahan penunjang dalam proses produksi. Salah satunya cumene sebagai bahan baku dalam pembuatan fenol. Saat ini kebutuhan cumene di Indonesia dimpor dari negara lain karena belum ada produsen cumene. Pada tahun 2015 Indonesia mengimpor cumene sebesar 2981695 Kg untuk kebutuhan dalam negeri. Selain Indonesia, kebutuhan cumene sangat dibutuhkan negara-negara lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 pertumbuhannya akan meningkat tiap tahunnya sekitar 4,5% dari kebutuhan total dunia. Hal ini bisa dijadikan pertimbangan untuk didirikannya pabrik cumene di Indonesia. Sebagai alasan pendukung, pemerintah memasukan daftar cumene sebagai bahan potensial yang layak untuk diproduksi berkapasitas besar di Indonesia.



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPYLENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI



Gambar 1.1 konsumsi cumene di dunia

Pada tahun 2022, konsumsi cumene akan berada di bawah 17 juta ton, dengan sebagian besar aktivitas pasar terjadi di tiga negara terbesar. Asia Timur Laut diperkirakan akan mengkonsumsi hampir 49% cumene, diikuti oleh Amerika Utara dan Eropa Barat, masing-masing dengan sekitar 18% permintaan cumene pada tahun 2022 (S&P Global, 2023). Negara Asia Timur yang berpotensi besar mengimpor cumene. Hal ini dapat dijadikan prospek impor untuk pabrik cumene yang akan didirikan di Indonesia sehingga dapat memenuhi kebutuhan cumene di Asia dan tentunya akan berdampak pada peningkatan devisa negara. Pendirian industri cumene akan mengatasi ketergantungan impor cumene dari luar negeri serta mendorong tumbuhnya industri turunannya yang berbahan dasar cumene. Dengan kondisi ini maka pabrik cumene di Indonesia sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan cumene dalam negeri agar tidak bergantung pada negara lain. Di samping itu pendirian pabrik cumene di Indonesia akan mendapatkan beberapa keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menghemat devisa negara

Dengan berdirinya pabrik cumene di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Pendirian pabrik cumene di Indonesia juga dapat membuka peluang untuk ekspor ke negara lain sehingga dapat menambah devisa negara. Pendirian pabrik cumene di Indonesia juga dapat membuka



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPYLENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

peluang untuk ekspor ke negara lain sehingga dapat menambah devisa negara.

2. Membuka lapangan kerja

Dengan berdirinya pabrik cumene di Indonesia maka akan mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan di Indonesia karena banyak tenaga kerja yang terserap.

1.2 Sejarah Perkembangan Cumene

Cumene adalah nama umum untuk isopropylbenzene, senyawa organik. Cumene adalah cairan tidak berwarna yang mudah menguap pada suhu kamar dengan bau aromatik yang tajam, menembus. Ini tidak larut dalam air tetapi larut dalam alkohol dan banyak pelarut organik lainnya. Cumene secara struktural anggota dari keluarga alkil aromatik hidrokarbon, yang juga termasuk toluena (metilbenzena) dan etilbenzena. Cumene dapat ditemukan dalam minyak mentah, bahan bakar olahan, dan merupakan bagian dari olahan bensin beroktan tinggi. Cumene diproduksi secara komersial melalui alkilasi benzena dengan propilena melalui katalis asam. Selama bertahun-tahun, banyak katalis yang berbeda telah digunakan untuk reaksi alkilasi ini, termasuk boron trifluorida, hidrogen fluorida, aluminium klorida, dan fosfor asam.

Proses cumene awalnya dikembangkan antara tahun 1939 dan 1945 untuk memenuhi permintaan bensin penerbangan beroktan tinggi selama Perang Dunia II. Pada tahun 1989, sekitar 95% permintaan cumene digunakan sebagai menengah untuk produksi fenol dan aseton. Hari ini, hampir semua cumene digunakan untuk produksi fenol dan aseton dengan hanya persentase kecil digunakan untuk produksi a-methylstyrene. Itu permintaan cumene telah meningkat pada tingkat rata-rata 2–4% per tahun dari tahun 1970 hingga 2003. Tren ini diperkirakan akan berlanjut setidaknya sampai tahun 2010. Proses awal menggunakan sistem katalis berbasis zeolit dikembangkan di akhir 1980-an dan termasuk berbasis teknologi Unocal pada sistem fixed-bed konvensional dan CR&L's sistem distilasi katalitik berdasarkan ekstensi teknologi CR&L MTBE. Terbatas jumlah unit cumene tetap menggunakan fixed-bed, Solid Phosphate Acid (SPA) yang didukung kieselguhr proses katalis



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

yang dikembangkan oleh UOP dan sistem katalis homogen AlCl_3 dan hidrogen klorida dikembangkan oleh Monsanto (UOP, LLC, 2006)

1.3 Kegunaan Produk

Cumene yang merupakan produk dari reaksi alkylasi propilen dan benzena. Cumene termasuk dalam senyawa hidrokarbon aromatik. Pada suhu kamar cumene berwujud cair, mudah terbakar. Sebagian besar industri cumene senyawa cumene muni dikonversi menjadi cumene hidroperoksida yang digunakan sebagai intermediate dalam sintesis fenol dan aseton. Cumene memiliki banyak kegunaan dalam dunia industri, diantaranya adalah:

1. Sebagai bahan baku pembuatan phenol dan aseton.
2. Sebagai bahan baku dalam industri pembuatan plastik.
3. Sebagai bahan perantara pembuatan resin.
4. Sebagai pelarut pada industri cat.
5. Sebagai bahan baku pembuatan asetophenone.
6. Sebagai bahan pembantu pada industry pembuatan asam terephthalate.

1.4 Kebutuhan dan Aspek Pasar

1.4.1 Kebutuhan Cumene di Indonesia

Indonesia tidak memiliki pabrik yang memproduksi cumene, sehingga kebutuhan cumene di Indonesia ditinjau dari besarnya impor tiap tahunnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika memperlihatkan bahwa pada tahun 2020 kebutuhan impor cumene di Indonesia mencapai titik tertinggi yaitu 2.980 ton. Data kebutuhan impor di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1



**PRA PERANCANGAN PABRIK
PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA
DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI**

Tabel 1.1 Data Impor Cumene di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2016	2901,318
2017	2970,800
2018	2946,942
2019	2887,079
2020	2980,596

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023

1.4.2 Kebutuhan Cumene di Luar Negeri

Secara umum kebutuhan cumene terdapat pada Negara Eropa dan Asia adalah yang terbesar di dunia dan sampai saat ini masih impor untuk menutup kebutuhan tersebut. Data Kebutuhan impor cumene di Asia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Impor Cumene di Asia

Tahun	Jumlah Impor Asia (Ton)
2016	45033,707
2017	50530,999
2018	53228,707
2019	76664,999
2020	115267,732

Sumber : UN Comtrade, 2023

1.4.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Cumene yaitu berupa benzena dan propilena, yang dapat diperoleh dari dalam negeri sendiri. Bahan baku propilena disediakan oleh PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk di Cilegon dengan kapasitas 470.000 ton/tahun (Kemenperin, 2023). Sedangkan bahan baku benzena disediakan oleh Pertamina di Cilacap dengan kapasitas 120.000 ton/tahun (Pertamina, 2023). Dengan kondisi tersebut, maka pabrik cumene yang akan didirikan memprioritaskan bahan baku dari dalam negeri.



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

1.4.4 Skala Komersial Pabrik yang Didirikan

Kapasitas pabrik yang didirikan harus diatas kapasitas minimum pabrik atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan agar secara ekonomi dapat berjalan Daftar pabrik cumene di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik Cumene Dunia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton)
Cepca Chemical Shanghai	Shanghai, China	360.000
INEOS	Marl, Germany	260.000
Dow Chemical	Netherlands	400.000
Kumho Shell	Yeochoon, Korea	280.000
Koch	Corpus Christi, Texas	672.000
Severodonetsk	Severodonetsk, Ukraine	30.000
Slovnaft	Bratislava, Slovakia	55.000
Mitsui Chemicals	Osaka, Japan	140.000
Taiwan Prosperity	Kaohsiung, Taiwan	130.000
Chevron	Port Arthur, Texas	450.000
Borealis	Porvoo, Finland	180.000
Petrobraz	Brazi, Romania	105.000

Sumber : ICIS, 2023

Berdasarkan data diatas, kapasitas minimum pabrik yang telah berjalan yaitu 30.000 ton/tahun. Oleh karena itu pabrik yang akan didirikan sebaiknya diatas angka tersebut agar secara ekonomi dapat berjalan dengan baik.

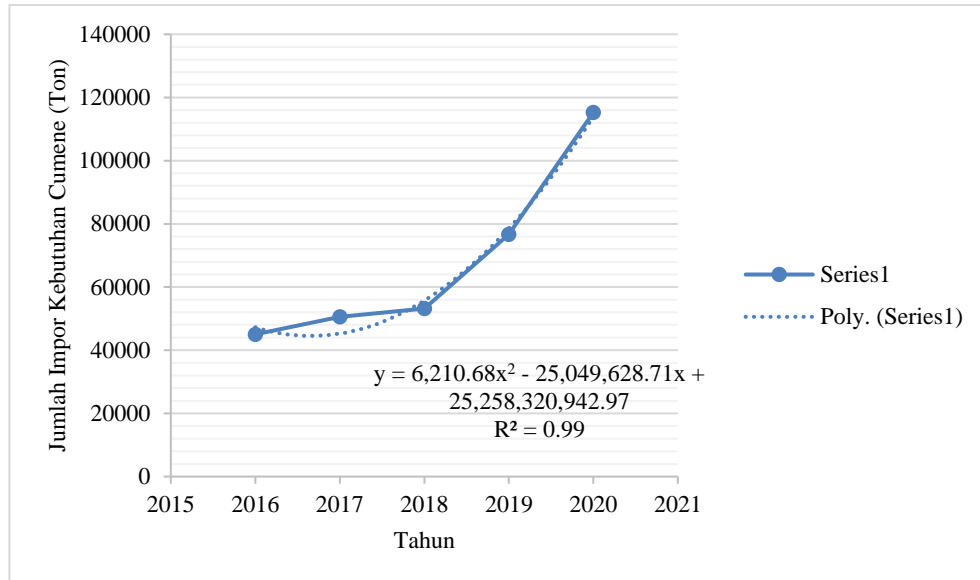
1.4.5 Kapasitas Rancangan

Berdasarkan penjelasan sebelumnya bahwa untuk menentukan kapasitas rancangan suatu pabrik maka perlu dipertimbangkan beberapa aspek diantaranya kebutuhan target pasar, dan ketersediaan bahan baku. Selain itu, kapasitas tersebut dapat memberikan keuntungan karena kapasitas rancangan yang ditetapkan sudah di atas kapasitas minimal secara komersial. Sehingga untuk penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan untuk memenuhi pasar asia dengan mempertimbangkan



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

salah satu kebutuhan pembuatan fenol yaitu perusahaan *INEOS Phenol* dengan kapasitas produksi fenol sebesar 400.000 ton per tahun.



Gambar I.2 Jumlah impor kebutuhan cumene pada berbagai tahun

Dari grafik tersebut terlihat kebutuhan cumene selalu meningkat. Untuk memperkirakan kebutuhan impor dapat dihitung menggunakan metode regresi linier menggunakan pendekatan polynomial orde 2 dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = ax^2 + bx + c$$

Keterangan : y = Kebutuhan cumene (Ton/tahun)

x = Tahun beroperasi

Pabrik cumene ini direncanakan beroperasi paa tahun 2025, sehingga untuk mengetahui kebutuhan pada tahun 2025 dapat dihitung dengan persamaan diatas :

$$\begin{aligned}y &= 6.210,68x^2 - 25.049.628,71x + 25.258.320.942,97 \\&= (6.210,68 \times 2025^2) - (25.049.628,71 \times 2025) + 25.258.320.942,97 \\&= 492480,22 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Kapasitas produksi pabrik cumene ini direncanakan akan membantu untuk memenuhi kekurangan cumene yang ada di Asia maupun dalam negeri. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa di Asia sudah memiliki beberapa pabrik cumene, penentuan kapasitas pabrik cumene diambil 18% dari total



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPYLENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

kebutuhan cumene di Asia, sehingga pada tahun 2025 yang masih belum terpenuhi diperkirakan sebesar :

$$\begin{aligned}y &= 492480,22 \text{ ton/tahun} \times 18\% \\ &= 88646,44 \text{ ton/tahun} \\ &\cong 90000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

1.5 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

1.5.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Bahan baku Benzena

- Sifat Fisika

Rumus molekul	: C_6H_6
Berat molekul	: 78,11 gr/mol
Fase (1 atm)	: Cair
Bau	: Bau
Titik beku	: 5,49 °C pada 101,3 kPa
Titik didih	: 79,6 – 80,4 °C
Titik nyala	: <4°C
Tekanan uap	: 10 - 100 kPa at 20 – 79,7 °C
Kelarutan air	: 1,88 g/L at 23,5 °C

(Pertamina, 2017)

- Sifat Kimia

Benzena dapat mengalami beberapa reaksi diantaranya adalah sebagai berikut:

- Reaksi Substitusi : Benzena dapat mengalami reaksi substitusi apabila didukung oleh kondisi yang sesuai. Satu atau lebih atom hidrogen yang terdapat pada senyawa benzena dapat digantikan dengan atom-atom lain seperti halogen atau gugus seperti gugus sulfonat dan gugus nitro. Agent pensubstitusi yang biasa yaitu asam sitrat, asam sulfat, klorin dan bromin. Agent pensubstitusi ini bereaksi sebagai reagen pencari elektron, sedangkan pemberi



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

elektron adalah benzena dan zat aromatik lainnya. Sifat tersebut dikenal sebagai zat nukleofilik karena zat tersebut bereaksi dengan satu inti atom yang dapat menerima elektron.

- Reaksi Oksidasi : Benzena dapat dioksidasi menjadi air dan karbondioksida dengan oksidator kuat seperti asam permanganat atau asam kromat. Reaksi oksidasi katalitik benzena menjadi maleic anhidrid merupakan reaksi oksidasi yang paling penting. Reaksi oksidasi benzena pada fase gas menjadi phenol yang dioperasikan pada suhu 450-800°C tanpa bantuan katalis.
- Reaksi alkilasi benzena dalam industry kimia diantaranya : Reaksi alkilasi propilen dan benzena membentuk cumen pada fase cair maupun gas. Pada fase cair reaksi alkilasi propilen dan benzena membentuk cumen dibantu dengan katalis BF_3 , resin, H_2SO_4 atau HF, sedangkan pada fase gas menggunakan katalis zeolit atau AlCl_3 padat. Reaksi alkilasi propilen dengan benzena membentuk deodecylbenzena yang berlangsung pada suhu 115°C dengan menggunakan katalis AlCl_3 padat.

(Kirk and Othmer, 1978)

2. Bahan baku Propilena

- Sifat Fisika

Rumus molekul	: C_3H_6
Berat molekul	: 42,08 gr/mol
Fase (1 atm at 20 °C)	: Gas
Titik lebur	: -185°C
Titik nyala	: -108 °C
Ambang bau	: 270 – 600 ppm
Klasifikasi mudah terbakar	: Sangat mudah terbakar
Kelarutan (air)	: Dapat diabaikan (<0,1%)

(Chandra Asri, 2023)

- Sifat Kimia



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

- Propilen memiliki sifat kimia yang khas, adanya satu ikatan rangkap dan atom hidrogen alisiklik pada rumus bangun propilen.
- Alkilasi : Reaksi alkilasi antara propilen dengan benzena dengan adanya bantuan katalis $AlCl_3$ akan menghasilkan alkilbenzena.
- Klorinasi : Propilen dalam fase gas dapat mengalami reaksi klorinasi tanpa menggunakan bantuan katalis, reaksi ini terjadi pada suhu $500^\circ C$ dalam reaktor adiabatik menghasilkan asam klorida.

(Kirk and Othmer, 1978)

1.5.2 Spesifikasi Produk

1. Produk Cumene

- Sifat Fisika

Rumus molekul	: C_9H_{12}
Berat molekul	: 120,19 gr/mol
Fase (1 atm)	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik Beku	: $-96,9^\circ C$
Titik didih	: $152^\circ C$
Tekanan Uap	: 0,43 kPa (3,2 mHg)
Densitas	: $0,86 \text{ g/cm}^3$ [$20^\circ C$ ($68^\circ F$)]
Kelarutan	: Tidak larut dalam air dingin

(CITGO, 2020)

- Sifat Kimia

- Cumen merupakan senyawa yang memiliki fase cair pada suhu kamar dan tekanan atmosferis, tidak berwarna dan memiliki bau yang khas aromatis. Cumen mempunyai tiga buah isomer yaitu n-propilbenzena (II), etil toluen (III) dan trimetil benzena (IV).
- Reaksi Oksidasi : Reaksi oksidasi cumen dengan oksigen yang berasal dari udara akan menghasilkan cumen hidroperoxide



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPYLENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

(CHP). Cumen digunakan dalam skala besar industri pembuatan phenol dan aseton.

- Cumen hidroperoksida pemecahan membentuk phenol dan aseton dalam reaktor dengan katalis asam sulfat dalam jumlah kecil.
- Asam yang berlebih dinetralkan dan produk yang terbentuk dipisahkan dalam unit separasi dan selanjutnya masuk unit purifikasi untuk mendapatkan kemurnian produk yang tinggi.

(Kirk and Othmer, 1978)

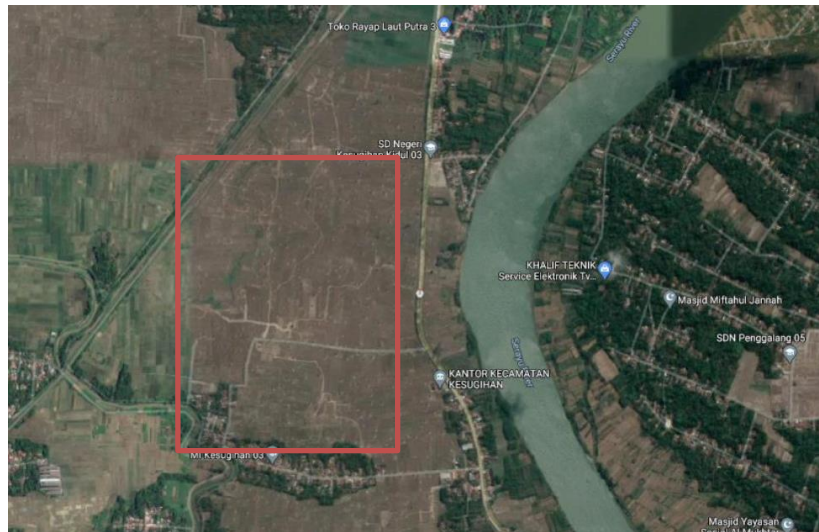
1.5.3 Spesifikasi katalis

Tipe katalis	: Solid Phosphoric Acid (SPA)
Ukuran Katalis (diameter x panjang , mm)	: 6 x 9
Free Phosphoric Acid, % wt	: 12 - 20
Total Phosphoric Acid, % wt	: 60 - 65
Temperatur Operasi, °C	: 150 - 225
Rata-rata Density, Ibs / ft ³	: 54 - 64
Ketahanan Katalis (Ib/ gal)	: 110
Kekuatan Tekanan, Ibs	: 18
Luas Permukaan	: 10000 Å = 1µm

(Mulyani, 2021)

1.6 Lokasi Pendirian Pabrik

Letak geografis pabrik merupakan salah satu faktor yang menentukan keberlangsungan suatu pabrik, oleh karena itu diperlukan pertimbangan yang maksimal agar pabrik dapat menghasilkan keuntungan baik dari segi teknik maupun segi ekonomi. Lokasi yang dipilih untuk perencanaan pendirian pabrik ini adalah di Desa Kalisabuk, Kecamatan Kesugihan, Cilacap, Jawa Tengah.



Gambar 1.3 Peta Lokasi Pabrik Cumene

Beberapa faktor yang menjadi dasar pertimbangan pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Bahan baku utama adalah Benzene diperoleh dari PT Pertamina Persero Cilacap yang berada di Lomanis, Cilacap Tengah, Jawa Tengah dan Propilen dari PT Chandra Asri Petrochemical yang berada di Cilegon, Banten, Jawa Tengah. Sehingga dipilih lokasi yang dekat dengan pelabuhan untuk mempermudah penyediaan dan penekanan biaya bahan baku.

2. Pemasaran Produk

Cilacap merupakan daerah yang tepat untuk pemasaran produk, karena di daerah tersebut, terdapat banyak pabrik kimia yang menggunakan cumene sebagai bahan baku pembuatan produknya. Seperti PT Primaraya Safana Plastik, PT KBS international dan PT. Buana Spring Foam dan pabrik - pabrik plastik lainnya yang membutuhkan cumene sebagai bahan dasar membuat plastik. PT. Grammar Paint, PT Nippon Paint, PT indaco Warna Dunia dan pabrik - pabrik cat lainnya yang membutuhkan cumene sebagai bahan pelarut untuk membuat cat tembok. Serta masih banyak lagi pabrik yang sangat membutuhkan cumene, khusus nya pabrik phenol dan aseton,



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPYLENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

pabrik pembuatan resin, pabrik pembuatan asetophenone, pabrik pembuatan asam terephthalate

3. Fasilitas Transportasi

Dikarenakan lokasi pabrik berada di dekat laut maka terdapat beberapa pelabuhan yang dapat mempermudah untuk akses transportasi jalur laut, seperti Pelabuhan perikanan cilacap dan dermaga PLTU Buton. Serta terdapat Jalan Raya Adipala yang mempermudah transportasi jalur darat. Sehingga adanya fasilitas transportasi jalur laut dan jalur darat diharapkan dapat mempermudah berbagai kegiatan produksi dan distribusi produk.

4. Utilitas

Utilitas diperlukan pabrik diantaranya untuk penyediaan air, listrik dan bahan bakar. Untuk kebutuhan air proses dapat diperoleh dari Sungai Serayu yang memiliki leak terdekat dengan kawasan industri di Cilacap. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN regional Cilacap, PLTU dan generator set sebagai cadangan.

5. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja meliputi tenaga kerja terdidik, pendidikan menengah, dan tenaga kasar. Potensi tenaga kerja di sekitar lokasi ini memiliki potensial yang tinggi karena pabrik akan didirikan di daerah industri, sehingga kebutuhan tenaga pendidikan menengah dapat diperoleh dari sekitar. Sedangkan untuk tenaga kerja terdidik dapat diperoleh dari perguruan tinggi yang ada di Indonesia.