

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan industri khususnya industri yang mengolah bahan mentah menjadi bahan *intermediate* maupun bahan jadi di Indonesia terus mengalami peningkatan. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi Indonesia yang akan menghadapi banyak kendala di era pasar. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Indonesia pada saat ini memiliki kawasan industri kimia yang banyak mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Hal tersebut terlihat dengan banyak berdirinya pembangunan perusahaan atau pabrik-pabrik kimia. Akan tetapi, dalam kebutuhan impor produk atau bahan baku dari luar negeri masih terlalu besar dibandingkan dengan ekspor produksi kebutuhan dalam negeri. Oleh karena itu, maka industri kimia saat ini harus dikembangkan agar tidak selalu bergantung pada negara lain.

Impor bahan baku di Indonesia masih sangat tinggi, oleh karena itu, perlu adanya tindakan untuk menyediakan bahan baku di dalam negeri. Hal ini tentunya akan menghemat pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor, mengembangkan penguasaan teknologi dan membuka lapangan pekerjaan. Dengan berdirinya pabrik ini diharapkan dapat merangsang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk pabrik tersebut. Selain itu dapat memberikan manfaat lain yaitu membuka kesempatan lapangan pekerjaan, dalam usaha mengurangi jumlah pengangguran dan kemiskinan, dan meningkatkan pendapatan daerah setempat.

Data impor sikloheksana pada tahun 2018 rata-rata sebesar 2.459.324 kg/bulan dengan harga sebesar Rp. 4.502.391.867 (BPS, 2018). Sikloheksana atau *hexamethylene* adalah senyawa organik yang termasuk dalam senyawa turunan dari benzena. Sikloheksana yang mempunyai rumus molekul  $C_6H_{12}$  berwujud cair pada temperatur dan tekanan atmosfer. Konsumen utama sikloheksana adalah industri *adipic acid* 54 %, *caprolactam* 39 %, lainnya meliputi bahan pelarut, bahan insektisida dan plasticizers, 7 %. Sikloheksana digunakan sebagai pelarut untuk

resin, karet sintetis dan juga bisa digunakan sebagai penghilang cat dan pernis (Gazzola, 1972).

Dengan adanya pabrik sikloheksana di Indonesia maka akan menciptakan lapangan kerja baru, yang berarti turut mengurangi jumlah pengangguran dan memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku sikloheksana. Menurunkan jumlah kebutuhan impor sikloheksana dari negara lain dan meningkatkan jumlah ekspor ke luar negeri serta meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri.

Sikloheksana juga digunakan sebagai bahan pelarut pernis, resin dan karet sintesis. Ini juga banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan asam adipat yang nantinya diproses menjadi nilon 66, kaprolaktam yang diproses menjadi nilon 6, dan sikloheksanon yang diproses menjadi nilon 12. Sikloheksana dikenal juga dengan nama heksametilena, heksanaptena merupakan senyawa sikloalkana yang termaksud dalam senyawa turunan dari benzena, berwujud cair pada temperatur dan tekanan atmosfer, mudah larut dalam alkohol tetapi tidak larut dalam air. Sikloheksana dapat digunakan sebagai solvent bahan insektisida, dan *plasticizer* (Nurchayanto, 2019).

Sikloheksana adalah sikloalkana dengan rumus molekul  $C_6H_{12}$ . Sikloheksana digunakan sebagai pelarut nonpolar pada industri kimia, dan juga merupakan bahan mentah dalam pembuatan asam adipat dan kaprolaktam, keduanya juga merupakan bahan produksi nilon (Kaffah, 2020).

Beberapa keuntungan dari didirikan pabrik sikloheksana ini juga didasarkan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Menciptakan lapangan kerja baru, yang berarti turut mengurangi jumlah pengangguran.
2. Memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku sikloheksana.
3. Mengurangi ketergantungan pada negara asing.
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.
5. Meningkatkan jumlah ekspor dalam negeri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengingat kebutuhan di Indonesia akan sikloheksana mengalami peningkatan setiap tahun dan tidak adanya pabrik sikloheksana yang berdiri di Indonesia serta besarnya kebutuhan produk sikloheksana didunia maka pabrik pembuatan sikloheksana sangat potensial untuk didirikan di Indonesia.

## 1.3 Tujuan Perancangan Pabrik

Adapun tujuan dari perancangan pabrik sikloheksana dengan metode hidrogenasi adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi kebutuhan pasar.
2. Meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi.
3. Meningkatkan keamanan dan keberlanjutan.
4. Mendapatkan keuntungan ekonomi.
5. Meningkatkan pengetahuan dan keahlian.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang dicapai dari adalah terbukanya lapangan kerja, penghematan devisa negara, menurunkan kebutuhan impor, meningkatkan ekspor, mendorong industri-industri yang menggukanan sikloheksana, dan memenuhi kebutuhan sikloheksana dalam negeri.

## 1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik sikloheksana ini, penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (steady state)* pabrik sikloheksana, *dynamic mode*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, P&ID, Aspen Hysys, Autodesk Plant 3D dan tugas khusus.

## 1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting yang akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi suatu pabrik maka kemungkinan

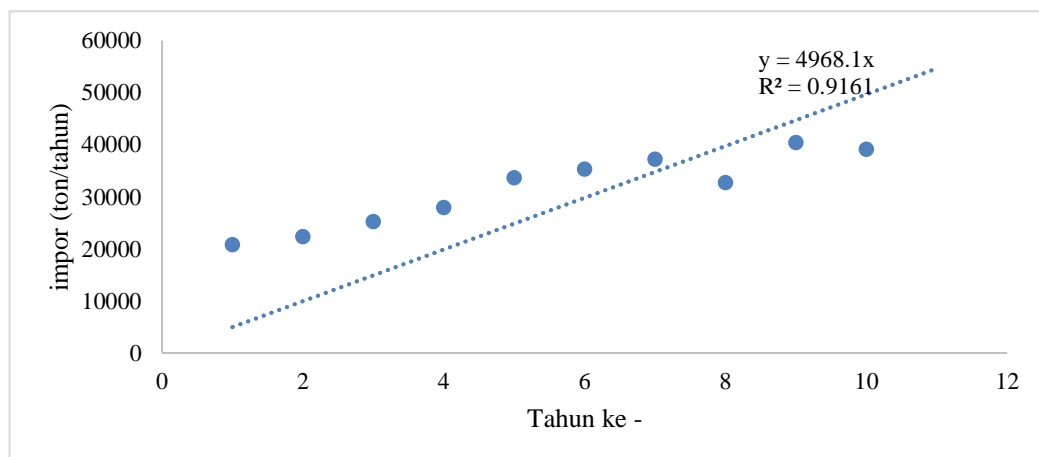
keuntungannya juga semakin besar. Pabrik sikloheksana direncanakan berdiri pada tahun 2033. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) kebutuhan impor sikloheksana pada tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1

**Tabel 1.1** Impor Sikloheksana Dalam Negeri

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	2013	20.847
2.	2014	22.356
3.	2015	25.263
4.	2016	27.948
5.	2017	33.661
6.	2018	35.364
7.	2019	37.263
8.	2020	32.771
9.	2021	40.474
10.	2022	39.178

(Sumber: BPS, 2022)

Dari Tabel 1.1, diperoleh grafik impor sikloheksana di indonesia dari tahun 2013-2022 yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



**Gambar 1.1** Kebutuhan Sikloheksana di Indonesia pada tahun 2013- 2022

Persamaan garis lurus yang didapatkan adalah sebagai berikut  $Y = 4968,1 X$ , dimana  $X$  adalah jumlah tahun yang dihitung dari tahun 2013 sampai tahun yang akan dihitung, sedangkan  $Y$  adalah kebutuhan sikloheksana pada tahun tertentu dalam satuan ton. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan

kebutuhan sikloheksana tahun 2033 sebanyak 50.000 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik sikloheksana ini direncanakan berdiri pada tahun 2024 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Hasil dari ekstrapolasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.2

**Tabel 1.2** Data Ekstrapolasi Kebutuhan Sikloheksana di Indonesian

No	Tahun	Ton/Tahun
1.	2024	38.615
2.	2025	40.159
3.	2026	41.704
4.	2027	43.248
5.	2028	44.793
6.	2029	46.338
7.	2030	47.882
8.	2031	49.427
9.	2032	50.971
10.	2033	52.516

(Sumber: Hasil Ekstrapolasi Data Impor Sikloheksana di Indonesia, 2024)

Berdasarkan data impor sikloheksana pada Tabel 1.2 maka pabrik direncanakan akan beroperasi pada tahun 2033 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Kapasitas perancangan pabrik sikloheksana dapat dipilih 50.000 ton/ tahun itu dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan sikloheksana dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun.
2. Dapat menjadi bagian dalam memenuhi kebutuhan sikloheksana di dunia.
3. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan sikloheksana sebagai bahan baku dan dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

4. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena berkurangnya impor sikloheksana serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
5. Mempertimbangkan ekspor ke luar negeri dengan mempertimbangkan peluang yang ada.

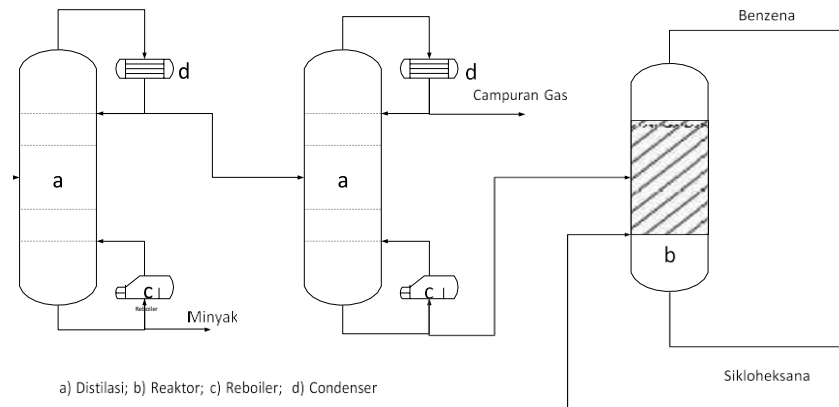
## **1.7 Proses Fraksinasi**

### **1.7.1 Sejarah**

Fraksinasi, sebuah proses pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih, telah digunakan sejak zaman kuno. Bukti arkeologi menunjukkan bahwa orang Mesir kuno menggunakan fraksinasi untuk mengekstrak minyak esensial dari tanaman sekitar 3.000 tahun sebelum Masehi. Pada abad ke-8, ahli kimia Muslim Jabir bin Hayyan mengembangkan *alembic*, alat penyulingan pertama. *Alembic* memungkinkan pemisahan komponen yang lebih volatil dari campuran cair. Pada abad ke-18, ilmuwan Inggris Joseph Priestley mengembangkan metode untuk mengumpulkan gas, termasuk hidrogen dan oksigen. Hasil penelitian tersebut membantu para ilmuwan memahami sifat fraksinasi dan membuka jalan bagi pengembangan teknik fraksinasi yang lebih canggih.

### **1.7.2 Proses**

Pada proses ini digunakan naftalena sebagai bahan baku sikloheksana yang terkandung di dalamnya berkisar antara 0,1 – 1,0 % dipisahkan dari komponen lainnya dengan menggunakan kolom distilasi. Dengan cara ini maka produk yang dihasilkan sedikit dan impuritasnya juga lebih tinggi, sehingga proses jenis ini tidak digunakan pada skala industri (Kirk et al., 1985). Dalam senyawa golongan aromatis terdapat benzena, toluena, dan naftalena, sedangkan yang akan digunakan adalah benzena sebagai bahan pembuatan sikloheksana. Produk benzena dipisahkan dari komponen lainnya dengan menggunakan kolom distilasi. Dengan penambahan gas hidrogen akan terbentuk produk sikloheksana. Kondisi operasi duhu 300-400°C, tekanan 30-50 atm dengan konversi benzene 85% (Kirk et al., 1985).



**Gambar 1.2** Flowsheet Dasar Pada Proses Fraksinasi

## 1.8 Proses Hidrogenasi

### 1.8.1 Sejarah

Pada awal abad ke-19, para ilmuwan mulai mempelajari sifat kimia benzena. Tahun 1865, Marcellin Berthelot, ahli kimia Prancis, menemukan bahwa benzena dapat diubah menjadi sikloheksana dengan memanaskannya dengan hidrogen dalam tabung tertutup. Metode ini tidak efisien, dan baru pada tahun 1897, Paul Sabatier dan Jean-Baptiste Senderens mengembangkan metode hidrogenasi benzena yang lebih efisien menggunakan katalis nikel. Seiring perkembangan teknologi, proses hidrogenasi benzena terus disempurnakan. Pada 1920-an, katalis yang lebih aktif dan selektif dikembangkan, seperti nikel Raney dan platinum. Pada 1950-an, proses hidrogenasi benzena menjadi lebih efisien dan ekonomis dengan penggunaan reaktor bertekanan tinggi dan suhu tinggi. Saat ini, sikloheksana merupakan bahan baku penting untuk berbagai produk industri, seperti nilon, kaprolaktam, asam adipat, pelarut, dan bahan baku kimia lainnya.

### 1.8.2 Proses

Benzena dapat dihidrogenasi secara katalitik menjadi sikloheksana dalam fase cair atau uap. Beberapa proses sikloheksana, menggunakan nikel, platinum, atau paladium sebagai katalis. Hidrogenasi berlangsung dengan cepat dan sangat eksotermik ( $\Delta H_{500K} = -216,37 \text{ kJ/mol}$ ). Jika dilihat dari kesetimbangannya suhu reaksi tidak boleh melebihi  $300^\circ\text{C}$ . Suhu di atas  $300^\circ\text{C}$  akan mengakibatkan

keseimbangan mulai bergeser membentuk benzena sehingga sikloheksana dengan kemurnian tinggi tidak dapat diproduksi. Suhu reaksi antara 180-210°C dengan tekanan 20 - 30 atm. Katalis yang digunakan adalah Ni dengan penyangga (*carrier*) besi dan alumunium (Ullmann et al., 1985).

Pada proses hidrogenasi, benzena dan hidrogen akan dipanaskan pada suhu 180-210°C lalu direaksikan pada reaktor hingga habis bereaksi dan akan di masukkan ke reaktor ke 2 agar memaksimalkan reaktan untuk bereaksi, lalu akan dipisahkan di separator bertekanan tinggi dan akan memasuki separator kedua. Pada separator, akan terjadi pemisahan berdasarkan fasa zat. Sikloheksana dan sedikit benzena yang tidak bereaksi sempurna akan terkondensasi dan terpisah dari hidrogen yang tidak habis bereaksi. Sikloheksana akan jatuh ke dasar separator dan kemudian disimpan dalam tangki sedangkan hidrogen akan keluar melalui saluran bagian atas separator dan dibuang. *Flowsheet* dasar dari proses hidrogenasi akan ditampilkan pada gambar 1.3

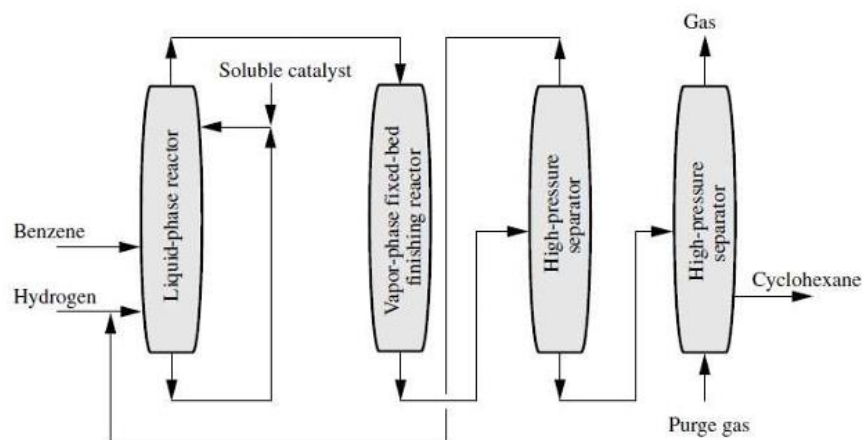


FIGURE 1 Manufacture of cyclohexane.

### Gambar 1.3 Flowsheet Dasar Proses Hidrogenasi

#### 1.8.3 Pemilihan Proses

Pada abad ke 21, industri telah berkembang sangat pesat sehingga menimbulkan serangkaian efek positif dan negatif bagi perkembangan umat manusia. Salah satu dampak positif dari perkembangan industri adalah mendorong perekonomian dan perbaikan kualitas hidup manusia, tetapi dalam praktiknya sering kali menimbulkan efek negatif seperti berkurangnya cadangan energi



potensial, pencemaran lingkungan, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, industri di dorong untuk selalu mengembangkan teknologi dan efisiensi dalam produksi sehingga perlu adanya serangkaian tindakan seperti memilih proses produksi yang tepat.

Pada pemilihan proses, perlu diperhatikan beberapa faktor seperti konversi reaksi, jumlah alat, efisiensi, dan lain sebagainya. Adapun Perbandingan kelebihan dan kelemahan pada proses pembuatan sikloheksana dapat dilihat pada Tabel 1.7

**Tabel 1.7** Kelebihan Dan Kelemahan Pada Proses Pembuatan Sikloheksana

No	Proses dan Parameter	Hidrogenisasi	Fraksinasi
1.	Bahan baku	Benzena dan hidrogen	Naftalena dan hidrogen
2.	Proses	1 reaksi	2 reaksi
3.	Katalis	Nikel, Rhutenium	-
4.	Suhu	180 °C – 210°C	300 - 400 °C
5.	Tekanan	20 – 30 ATM	30 -50 atm
6.	Konversi	95%	85%
7.	Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses lebih sederhana.</li> <li>- Skala produksi lebih fleksibel Alat utama yang digunakan sebanyak 3 alat.</li> <li>- Efisiensi lebih tinggi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaksi tidak memerlukan katalis sehingga tidak diperlukan waktu regenerasi dan investasi lebih rendah.</li> </ul>
8.	Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaksinya memerlukan katalis sehingga diperlukan waktu regenerasi dan investasi lebih tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Skala produksi adalah skala kecil</li> <li>- Jumlah alat utama yang digunakan sebanyak 9 alat</li> </ul>

(Sumber: *Catalytic Technology for Selective Hydrogenation of Benzene to Cyclohexane*, 2016)

Setelah mempertimbangkan keuntungan dan kerugian dari kedua proses, dapat diketahui bahwa proses hidrogenasi lebih unggul dalam memproduksi sikloheksana dengan mempertimbangkan konsep keberlanjutan material dan energi, efisiensi yang tinggi, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, proses hidrogenasi dipilih untuk perancangan pabrik sikloheksana ini.

## **1.9 Pengembangan Alur Proses**

Proses hidrogenasi yang dipilih pada perancangan pabrik ini sehingga dibutuhkan pengembangan proses untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi. Alur proses pengembangan akan dibagi menjadi 3 bagian yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk.

### **1.9.1 Persiapan Bahan Baku**

Benzena yang disimpan dalam tangki dalam kondisi atmosferik akan dialirkan menggunakan pompa P-100 dengan meningkatkan tekanan menjadi 1,5 atm lalu dipanaskan menggunakan *heat exchanger* E-100. Benzena akan berubah fasa menjadi uap dan akan dialirkan menuju *heater* H-100(*standby*) dan akan dinaikkan tekanan menjadi 29 atm menggunakan kompresor K-103 yang mengakibatkan suhu melonjak ke 302,5°C. Suhu benzena harus dijaga di suhu operasi reaktor yaitu 250°C sehingga perlu didinginkan. Benzena didinginkan menggunakan HE E-105 dengan menggunakan produk reaktor dan benzena siap untuk direaksikan di reaktor.

Hidrogen di dalam tangki dengan kondisi atmosferik dialirkan menggunakan kompresor K-100 dengan meningkatkan tekanan menjadi 29 atm. Dengan meningkatkan tekanan, akan terjadi lonjakan suhu yang tinggi hingga mencapai 682,9°C. Hidrogen harus didinginkan dengan menggunakan HE E-107 dengan menukarkan panas dari aliran reaktor hingga mencapai suhu 390°C. Setelah itu hidrogen akan kembali didinginkan menggunakan *cooler* E-106 hingga mencapai suhu reaksi 250°C lalu akan bergabung dengan hidrogen hasil *recycle* di mixer MIX-100 dan akan memasuki reaktor.

### 1.9.2 Tahap Reaksi

Benzena dan hidrogen akan bereaksi di dalam reaktor dengan kondisi operasi sebagai berikut:

1. Suhu : 250°C
2. Tekanan : 29 atm
3. Jenis reaksi : eksotermis
4. Katalis : nikel
5. Konversi : 95%

Setelah memanfaatkan panas yang ada pada produk, maka produk akan terlebih dahulu didinginkan untuk memasuki tahap pemurnian di separator. Produk akan didinginkan dengan menggunakan air pendingin hingga bersuhu 30°C dan siap memasuki separator.

Panas dari reaktor yang dihasilkan dari reaksi eksotermis akan dimanfaatkan sebagai pemanas dalam produksi steam yang dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan seperti produksi listrik, pemanas, dan lain sebagainya.

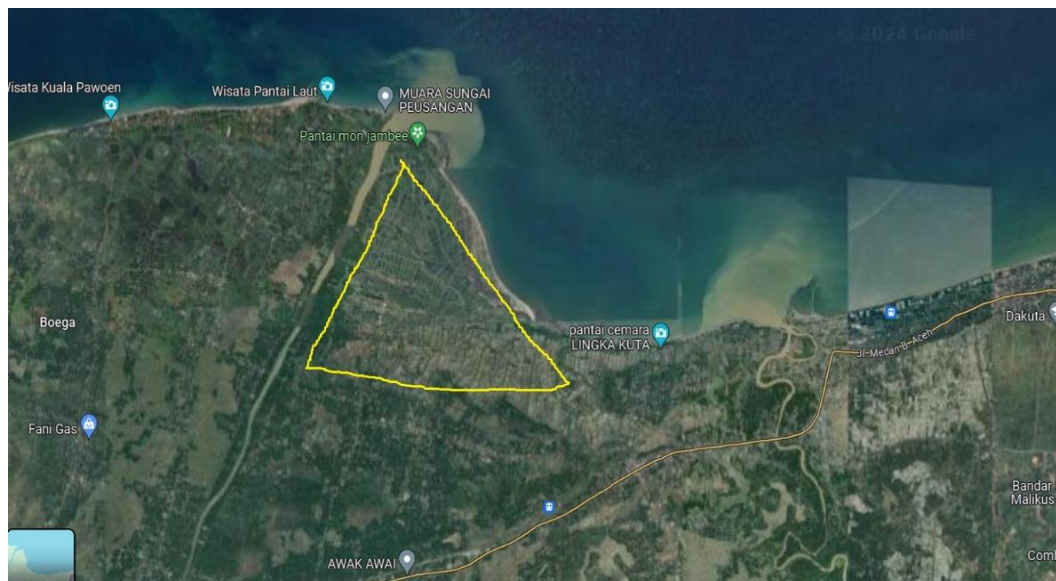
### 1.9.3 Pemurnian Produk

Produk yang sudah bersuhu 30°C dan bertekanan 29 atm akan memasuki separator dimana akan terjadi pemisahan berdasarkan fasa. Sikloheksana dan sedikit benzena hasil sisa reaksi akan terkondensasi dan akan jatuh ke dasar sedangkan hidrogen akan terlepas dari fasa cair dan akan naik ke bagian atas separator. Sikloheksana sebagai produk akan diturunkan tekanan hingga 1 atm dan siap untuk disimpan di tangki sedangkan hidrogen sisa reaksi akan kembali di *recycle*.

### 1.10 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan

sosiologi yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat disekitar lokasi pabrik. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pembangunan pabrik sikloheksana dilakukan di kabupaten Bireun, Provinsi Aceh dikarenakan lokasi pabrik yang berdampingan dengan PT. Pupuk Iskandar Muda maka untuk mempermudah penjualan produk dapat dilakukan melalui jalur laut dari pelabuhan PT. Pupuk Iskandar Muda.



**Gambar 1.4** Lokasi Pabrik

Adapun faktor-faktor pemilihan lokasi 4pabrik didirikan yaitu sebagai berikut :

1. Sumber Bahan baku

Suatu pabrik sebaiknya berada pada suatu daerah yang dekat dengansumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar.

2. Pasar

Pabrik terutama ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sikloheksana merupakan produk intermediate yang memiliki penggunaan cukup luas. Sikloheksana banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan asam adipat yang nantinya diproses menjadi nilon 6.6, kaprolaktam yang diproses menjadi nilon 6, siklohexanon yang diproses menjadi nilon 12. Selain itu sikloheksana dapat digunakan sebagai *solvent* bahan insektisida, dan *plasticizer*.

### 3. Sarana dan Transportasi

Aceh-Utara berada dalam jalur transportasi Medan-Banda Aceh yang merupakan lintas provinsi. Aceh-Utara telah dilengkapi dengan sarana transportasi yang sangat memadai, baik transportasi darat maupun laut.

### 4. Tenaga Kerja

Pulau Sumatera, khususnya provinsi Nanggroe Aceh Darussalam merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi sehingga penyediaan tenaga kerja, baik tenaga kerja terlatih maupun kasar tidak akan menjadi masalah. Selain itu penyediaan tenaga ahli juga akan lebih mudah karena berdekatan dengan beberapa perguruan tinggi.

### 5. Kebutuhan air

Ketersediaan air sebagai bahan baku maupun sebagai air proses telah tercukupi dari sumber-sumber air yang ada disekitar daerah Aceh Utara. Berdasarkan pemantauan dari *google map* daerah industri pabrik sikloheksana dekat dari sungai Peusangan, dan bagian barat laut dari pabrik menghadap pelabuhan ASEAN, sehingga kebutuhan air untuk proses, sarana utilitas dan keperluan domestic sangat mencukupi.

### 6. Kondisi Tanah dan Daerah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dari segi biaya tanah, bangunan untuk pendirian pabrik relatif terjangkau. Kondisi tanah relatif masih luas. Dengan didukung iklim yang stabil sepanjang tahun, tentunya pemilihan lokasi di tempat ini akan sangat menguntungkan.

### 7. Perluasan Areal Pabrik

Kecamatan Gandapura, Bireun memiliki area pengembangan yang memungkinkan perluasan yang cukup. Kecamatan gandapura memiliki banyak area kebu, lahan kosong, dan tambak dengan sedikit wilayah penduduk sehingga mengurangi biaya pemulihan area. Dengan area yang luas ini, maka masih memungkinkan untuk memperluas area pabrik dimasa yang akan datang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Sikloheksana**

Sikloheksana adalah sikloalkana yang disintesis pada tahun 1893 oleh Friedrich Wilhelm Adolf Ritter von Baeyer, dikenal sebagai Adolf von Baeyer, ialah orang Yahudi pertama yang pernah menerima Hadiah Nobel. Baeyer merupakan kimiawan Jerman dengan karyanya pada zat celup organik dan senyawa hidroaromatik . Vladimir Vasilyevich Markovnikov adalah seorang ahli kimia organik Rusia yang berkontribusi pada teori struktural dan pemahaman penambahan ionik (penambahan Markovnikov) dari hidrogen halida ke karbon ikatan ganda alkena menemukan sikloheksana dalam minyak mentah Kaukasia setelah Baeyer. Siklohexanon dan siklohexanol adalah prekursor epsilon kaprolaktam, bahan awal pembuatan poliepsilon kaprolaktam polimer (nilon). Adanya sikloheksana dalam minyak mentah yang diberitakan di Amerika Serikat pada tahun 1931, maka sikloheksana pertama kali disintesis dengan proses hidrogenasi. Penggunaan utama sikloheksana dalam pembuatan nilon (Gazzola & Rooney, 1972).

#### **2.2 Spesifikasi Bahan Baku**

##### **2.2.1 Benzena**

Benzena adalah suatu senyawa organik dengan rumus kimia  $C_6H_6$ . Molekul benzena tersusun atas enam atom karbon yang berikatan dalam suatu cincin, dengan satu atom hidrogen yang terikat pada masing-masing atom karbon. Oleh karena itu benzena hanya mengandung atom karbon dan hidrogen, benzena dikelompokkan sebagai hidrokarbon. Benzena merupakan senyawa organik dengan rumus molekul  $C_6H_6$  tersusun atas 6 buah atom karbon yang bergabung membentuk sebuah cincin, dengan satu atom hidrogen yang terikat pada masing-masing atom, karena hanya terdiri dari atom karbon dan hidrogen (Gazzola, 1972).

Senyawa benzena dapat dikategorikan ke dalam hidrokarbon. Senyawa

benzena untuk pertama kalinya mampu diisolasi dari residu berminyak yang diperoleh dari saluran gas lamu (untuk penerangan) oleh Michael Faraday pada tahun 1825. Setelah diketahui bahwa benzena mempunyai rumus  $C_6H_6$  maka dapat disimpulkan bahwa benzena termasuk golongan hidrokarbon (Purtadi, n.d.).

### 2.2.2 Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk), atau kadang disebut zat air, adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia (Wirayasa, 2011).

Dalam banyak hal, hidrogen merupakan bahan bakar yang sempurna. Hidrogen menghasilkan pembakaran yang paling bersih dan paling efisien. Hidrogen dapat menghasilkan listrik, dan listrik dapat menghasilkan hidrogen, menciptakan lingkaran energi yang terbarukan dan aman bagi lingkungan. Secara kimiawi, hidrogen berpadu dengan hampir semua unsur, sehingga digunakan sebagai zat kimia industri di beragam aplikasi selama bertahun-tahun. Pada kendaraan, hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan dua cara: menghasilkan listrik dalam sel bahan bakar untuk pilihan paling bersih; atau dalam mesin pembakaran internal yang emisinya jauh berkurang dibandingkan bahan bakar lainnya (Wahyudi & Suardana, 2019).

## 2.3 Spesifikasi Produk

### 2.3.1 Sikloheksana

Sikloheksana adalah sikloalkana dengan rumus molekul  $C_6H_{12}$ . Sikloheksana digunakan sebagai pelarut nonpolar pada industri kimia, dan juga merupakan bahan mentah dalam pembuatan asam adipat dan kaprolaktam, keduanya merupakan bahan produksi nilon. Dalam skala industri, sikloheksana dibuat dengan mereaksikan benzena dengan hidrogen (Kaffah,

2020).

## 2.4 Sifat Sifat Fisika Dan Kimia Bahan Baku dan Produk

Proses pembuatan sikloheksana menggunakan bahan baku yaitu benzena dan hydrogen pada pabrik akan menggunakan metode Hidrogenisasi. Berikut ini adalah spesifikasi bahan baku dan produk :

### 2.4.1 Benzena

Sifat fisika benzena dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut

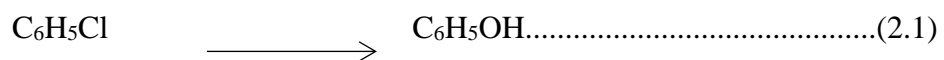
**Tabel 2.1** sifat fisika benzena

1.	Rumus kimia	$C_6H_6$
2.	Massa molar	$78,11 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
3.	Penampilan	Cairan tidak berwarna
4.	Densitas	$0,8786 \text{ g/ml}$ , zat cair
5.	Titik lebur	$5,5^\circ\text{C}$
6.	Titik didih	$80,1^\circ\text{C}$
7.	Kelarutan dalam air	$1,79 \text{ g/L}$ ( $25^\circ\text{C}$ )
8.	Viskositas	$0,652 \text{ cP}$ pada $20^\circ\text{C}$

(Sumber: Gazzola, 1972).

Ada tiga (3) tipe reaksi benzena yang terpenting yaitu:

1. Reaksi substitusi benzena biasanya terjadi pada cincin aromatik benzena contoh reaksi substitusi yaitu pada konversi klorobenzena menjadi fenol dengan bantuan NaOH pada  $400^\circ\text{C}$ .



2. Oksidasi

Reaksi yang paling penting adalah oksidasi katalitik benzena menjadi maleic anhidrid. Sedangkan oksidasi pada fase gas menjadi fenol pada suhu  $450-800^\circ\text{C}$  tanpa adanya katalis.

3. Alkilasi

Beberapa reaksi alkilasi benzena yang dijumpai dalam industri diantaranya adalah reaksi alkilasi benzena dengan propilena membentuk cumene baik pada fase gas maupun cair dengan menggunakan katalis  $BF_3$  maupun  $AlCl_3$ . Juga reaksi alkilasi benzena sikloheksana membentuk etibenzena yang



berlangsung pada suhu diatas 370°C dengan katalis zeolite.

4. Halogenasi Tergantung kondisi, produk substitusi atau adisi dapat diperoleh dengan menghalogenasi benzena. Klorin atau bromin bereaksi dengan benzena membentuk klorobenzena atau bromobenzena.

5. Sulfonasi Benzena dapat terkonversi menjadi *benzenesulfonic acid* dengan oleum atau asam klorosulfonik.

Data material safety dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2** *Material Safety* Benzena

NO	Benzena (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Sifat
1.	Klasifikasi gas	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mudah terbakar</li><li>2. Bersifat karsinogenik, iritan dan toksin</li></ol>
2.	Sifat-sifat bahaya kesehatan	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Dapat menyebabkan iritasi pada mata, dan kulit.</li><li>2. Dapat mengakibatkan kanker, kerusakan gen yang diturunkan, dan dapat menyebabkan kerusakan paru-paru</li></ol>
3.	Penanganan dan pencegahan	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Simpan dalam wadah tertutup rapat ditempat yang kering dan berventilasi.</li><li>2. Jauhkan dari panas dan sumber api.</li><li>3. Simpan pada suhu 15-25°C</li><li>4. Bekerja di ruang asam</li></ol>

(Sumber: Villaluenga, 2010)

## 2.4.2 Hidrogen

Sifat fisika dari senyawa hidrogen ditampilkan pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Sifat Fisis Hidrogen

1.	Nama, symbol	H <sub>2</sub>
2.	Bobot atom standar	2,01
3.	Fase	Gas
4.	Titik lebur	-259,16°C
5.	Titik didih	-252,879°C
6.	Kepadatan	0,089 g/cm <sup>3</sup>
7.	Titik Triple	-259,35°C, 7,041 kPa
8.	Titik kritis	-240,22°C, 1,28 MPa
9.	Kalor peleburan	0,117 kJ/mol
10.	Kalor penguapan	0.904 kJ/mol
11.	Kapasitas kalor molar	28,83 J/(mol•K)

(Sumber : Perry, 1998).

Hidrogen memiliki beberapa sifat kimia, yaitu :

1. Proses steam-iron dengan besi pada suhu 1600°F menghasilkan hydrogen dan oksida besi yang kemudian direaksikan dengan gas karbon monoksida untuk mendapatkan besi kembali.
2. Gas alam bebas sulfur direaksikan dengan uap air dengan bantuan katalis nikel pada suhu 1400-1700 °F



(Krik and Othmer, 1998)

Berikut adalah data *material safety* hidrogen yang ditampilkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

**Tabel 2.4** *Material Safety* Hidrogen

No	Hidrogen	Sifat
1.	klasifikasi GHS-AS	1. Dapat terbakar oleh api atau loncatan bungaapi. 2. Mudah terbakar 3. Bila terbakar menghasilkan SO <sub>2</sub> yang korosif
2	Efek jangka pendek	Pada konsentrasi rendah, bau dapat tercium, bersifat iritan pada mata dan saluran pernafasan.
3	Penanganan dan pencegahan	1. Jauhkan dari pakaian dan bahan mudah terbakar lainnya 2. Jauhkan katup dan perlengkapan dari minyak dan lemak 3. Jika terjadi kebakaran hentikan kebocoran jika aman untuk melakukannya 4. Simpan di tempat yang berventilasi baik

(Sumber: Villaluenga, 2010)

### 2.4.3 Sikloheksana

Sifat fisika senyawa sikloheksana ditampilkan pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Sifat Fisika Sikloheksana

1.	Rumus kimia	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>
2.	Massa molar	84,157 g·mol <sup>-1</sup>
3.	<i>Flash point</i>	80,738°C
4.	<i>Boiling point</i>	84,157°C
5.	Densitas	0,778 g/cm <sup>3</sup>
6.	Kelarutan dengan air	<i>Immiscible</i>
7.	Indeks bias	1,4262
8.	Entalpi pembentukan	-156 kJ/mol
9.	Entalpi pembakaran	-3920 kJ/mol

(Sumber: Villaluenga, 2010)

Berikut adalah sifat kimia dari sikloheksana sebagai berikut:

- Oksidasi fase cair dengan udara menggunakan katalis kobalt atau asam borak menghasilkan siklohexanol dan siklohexanon.



**Tabel 2.6** *Material Safety* Siklohexana

No	Sikloheksana	Sifat
1.	Klasifikasi (GHS-AS)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cairan Mudah Terbakar</li> <li>Cairan dan uap amat mudah menyala.</li> </ol>
2.	Karakteristik Hazard	<ol style="list-style-type: none"> <li>Jika panas menyebabkan iritasi kulit dan mata</li> <li>Dapat menyebabkan reaksi kulit alergi</li> <li>Dapat menyebabkan batuk</li> <li>Dapat menyebabkan paralisa pernapasan</li> <li>Dapat menyebabkan nyeri lambung</li> <li>Dapat menyebabkan mengantuk</li> <li>Dapat menyebabkan muntah</li> <li>Dapat menyebabkan tidak sadar</li> </ol>
3.	Penanganan Dan Pencegahan	<ol style="list-style-type: none"> <li>Dapatkan instruksi khusus sebelum digunakan</li> <li>Jangan menangani sampai semua tindakan</li> <li>Pencegahan keselamatan telah dibaca dan dipahami</li> </ol>

(Sumber: Villaluenga, 2010)

## 2.5 Kegunaan Sikloheksana

- Kaprolaktam

Kaprolaktam (CPL) adalah senyawa organik dengan formula  $(\text{CH}_2)_5\text{C}(\text{O})\text{NH}$ . Padatan tidak berwarna ini adalah laktam (amida siklik) asam kaproat. Permintaan global untuk senyawa ini adalah sekitar 5 juta ton per tahun, dan sebagian besar digunakan untuk membuat filamen, serat, dan plastik *nylon 6*..

## 2. Siklohexanon

Siklohexanon adalah bahan baku kimia penting dan merupakan perantara utama untuk pembuatan nilon, kaprolaktam dan asam adipat. Ini juga merupakan pelarut industri yang penting, misalnya untuk cat, terutama yang mengandung nitroselulosa, polimer vinil klorida dan kopolimernya atau cat polimer metakrilat. Pelarut yang sangat baik untuk pestisida seperti pestisida organofosfat dan banyak analog, digunakan sebagai pelarut untuk pewarna, sebagai pelarut kental untuk minyak pelumas penerbangan tipe piston, sebagai pelarut untuk gemuk, lilin, dan karet. Ini juga digunakan sebagai agen leveling untuk pencelupan dan anyaman, serta degreaser untuk memoles logam, dan pewarna kayu dan lukisan. Ini dapat digunakan untuk pengupasan, dekontaminasi dan *despeckling* dengan siklohexanon.

## 3. Pelarut

Sebuah pelarut (dari *solvere* Latin, “melonggarkan”) adalah cair, padat, atau gas yang larut lain padat, cair, atau zat terlarut gas, sehingga solusi yang larut dalam volume tertentu pelarut pada suhu tertentu. Penggunaan umum untuk pelarut organik berada di *dry cleaning* (misalnya *tetrachloroethylene*), sebagai tipis cat (misalnya toluena, terpentin), sebagai cat kuku dan pelarut lem (aseton, metil asetat, etil asetat), di Penghilang spot (misalnya heksana, bensin eter), dalam deterjen (terpene jeruk), dalam parfum (etanol), dan sintesis kimia. Penggunaan pelarut anorganik (selain air) biasanya terbatas pada kimia penelitian dan beberapa proses teknologi. Pada tahun 2105, pasar di seluruh dunia untuk pelarut memiliki total volume sekitar 17,9 juta ton, yang memberikan keuntungan sekitar 8 miliar Euro (Villaluenga & Tabe-Mohammadi, 2010).

## 4. Insektisida

Insektisida adalah bahan-bahan kimia bersifat racun yang dipakai untuk

membunuh serangga. Insektisida dapat memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, tingkah laku, perkembangbiakan, kesehatan, sistem hormon, sistem pencernaan, serta aktivitas biologis lainnya hingga berujung pada kematian serangga. Insektisida termasuk salah satu jenis pestisida.

#### 5. *Plasticizer*

*Plasticizer* adalah bahan tambahan/additif yang meningkatkan *flexibilitas* dan ketahanan dari suatu material. *Plasticizer* digunakan tiap tahun dalam jumlah banyak digunakan untuk memproduksi plastik, bahan pelapis/coating, film, dan filamen untuk aplikasi di berbagai industri, seperti automotif, kesehatan dan barangkonsumsi lainnya. Hampir 90% *plasticizer* digunakan untuk *polyvinyl chloride* (PVC), dimana penggunaan bahan *plasticizer* dapat menambah ketahanan dan kekentalan dari PVC, sehingga membuat PVC lebih mudah untuk dibentuk/dimanipulasi. *Plasticizer* adalah salah satu bahan kimia paling laku yang dapat merubah sifat dari plastik, cat, karet, konkrit, tanah liat dan lem/perekat. Kebanyakan *plasticizer* berbentuk cairan dan sebagian besar tidak berwarna, tetapi ada beberapa jenis yang berwarna kuning muda sampai kuning cerah.