

BAB I

PENDAHULUAN

Kebutuhan Indonesia akan *fatty alcohol* sudah seutuhnya terpenuhi dengan pendirian pabrik-pabrik yang sudah berdiri di Indonesia. Namun, kebutuhan *fatty alcohol* di Kawasan ASEAN belum terpenuhi seutuhnya, maka timbul lah konsep pemikiran bahwa sangat memungkinkan untuk mendirikan dan memproduksi pabrik *fatty alcohol* di Indonesia untuk melakukan kegiatan ekspor ke kawasan ASEAN.

Fatty alcohol sangat populer di dunia detergen karena memiliki toleransi yang tinggi dan lebih mudah terurai. *Fatty alcohol* dapat digunakan sebagai emulsifier, emollients, dan thickeners dalam industri kosmetik dan makanan. *Fatty alcohol* sendiri dapat digunakan secara luas dalam bidang industri yaitu pada industri *plasticizer*, detergen, pengelusi, pelumas, softener, kosmetik (untuk pembuatan macam-macam krim wajah), makanan sebagai anti oksidan, surfaktan, bahan anti busa, produk intermediate, parfum dan farmasi.

Proses hidrogenasi metil ester merupakan lanjutan pembuatan *fatty alcohol* dengan bahan baku metil ester/biodiesel yang telah diproduksi transesterifikasi. Metil pada proses ester akan direaksikan dengan gas hidrogen dan penambahan katalis CuMn untuk menghasilkan produk *fatty alcohol*. Dalam proses hidrogenasi dilakukan beberapa proses yaitu tahap penyiapan umpan, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk (Supriyanti and Rionaldo, 2021).

Kebutuhan *Fatty Alcohol* untuk dalam maupun luar negeri dinilai cukup tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka perlu didirikannya pabrik *fatty alcohol* di dalam negeri agar dapat menjadi sebuah solusi untuk memenuhi kebutuhan asam lemak di Indonesia.

1.1 Rumusan Masalah

Kebutuhan *fatty alcohol* di Indonesia cukup tinggi, namun kebutuhan dalam negeri sudah tercukupi sedangkan kebutuhan *fatty alcohol* di Kawasan ASEAN masih belum tercukupi seutuhnya, maka dari itu pendirian pabrik ini didirikan untuk dapat melakukan ekspor ke Kawasan Asia Tenggara (ASEAN).

1.2 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Adapun tujuan prarancangan pabrik *fatty alcohol* dari *fatty acid methyl ester* (FAME) dan hidrogen dengan proses hidrogenasi ini Adalah:

1. Menerapkan dan memahami ilmu perancangan pabrik, serta Pendirian pabrik *fatty alcohol* di Indonesia diharapkan mampu melakukan kegiatan ekspor guna memenuhi kebutuhan *fatty alcohol* di Asia Tenggara dan dapat meningkatkan pemasukan negara dari sektor pajak
2. Mengurangi Tingkat pengangguran dengan menciptakan lapangan kerja baru dalam kegiatan produksi, distribusi serta sektor-sektor pendukung lainnya.
3. Mengimplementasikan kemampuan sarjana Teknik Kimia Indonesia dalam merancang dan menerapkan teknologi proses industry secara mandiri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain dalam bidang teknologi kimia.

1.3 Manfaat Pra Rancangan Pabrik

Adapun manfaat pendirian pabrik *fatty alcohol* adalah:

1. Dapat memberikan gambaran kelayakan pendirian pabrik *fatty alcohol*, Meningkatkan devisa negara dengan mengurangi kapasitas impor dan melakukan ekspor guna memenuhi kebutuhan *fatty alcohol* di Asia Tenggara,
2. Mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia serta dapat memenuhi kebutuhan *fatty alcohol* dalam negeri maupun dalam Kawasan Asia Tenggara.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam prarancangan ini difokuskan pada aspek teknis dan ekonomis pendirian pabrik *fatty alcohol*. Pembahasan hanya mencakup penentuan kapasitas pabrik, penyusunan flowsheet proses hidrogenasi metil ester, perhitungan neraca massa dan neraca energi, penentuan spesifikasi peralatan utama, perancangan unit utilitas, analisis kelayakan ekonomi, serta penyelesaian tugas khusus yang berkaitan langsung dengan proses produksi. Kajian di luar aspek teknis, seperti strategi pemasaran, analisis sosial ekonomi secara luas, dan detail konstruksi pabrik, tidak dibahas karena berada di luar ruang lingkup pra-rancangan ini.

1.5 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan *fatty alcohol* terdiri dari *fatty acid methyl ester* (FAME) dan hidrogen menggunakan proses hidrogenasi. Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan.

Bahan baku Metil ester di dapat dari PT Musim Mas, Medan (404.597 ton/tahun) dan PT Apical Kao Chemicals, Dumai (397.148 ton/tahun). Sedangkan bahan baku hidrogen didapat dari PT. Samator Indo Gas Tbk, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Riau dengan kapasitas 69.500 ton/tahun. Dengan letak antara pabrik dan bahan baku pembuatan *fatty alcohol* yang sangat dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar. Sehingga pengeluaran biaya (*cost*) untuk transportasi pengadaan bahan baku tidak terlalu besar.

1.6 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik dan Ekstrapolasi

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas ada faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi. Pabrik *fatty alcohol* yang dirancang direncanakan berdiri pada tahun 2030 sebesar 26.000 Ton/Tahun.

1.6.1 Kebutuhan Fatty Alcohol di Dalam Negeri

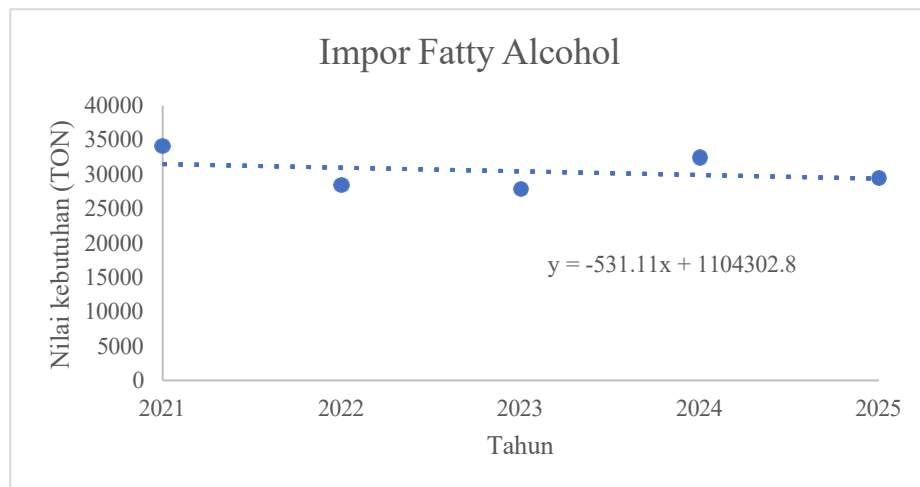
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia Kebutuhan *fatty alcohol* dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.1

Tabel 1.1 Kebutuhan Impor *Fatty alcohol* di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton/Tahun)
2021	34.014,7
2022	28.447,8
2023	27.840,2
2024	32.416,2
2025	29.375,0

Sumber:(Badan Pusat Statistik, 2026).

Dari tabel 1.1 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Indonesia pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Impor Fatty Alcohol Di indonesia (BPS, 2026)

Berdasarkan Grafik di atas tampak bahwa impor *fatty alcohol* dari tahun 2021 sampai 2025 mengalami fluktuasi dengan kecenderungan tertentu setiap tahunnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan *fatty alcohol* di masa mendatang akan mengikuti perkembangan industri yang menggunakan bahan baku *fatty alcohol*.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke

masa depan. Dengan metode ini, kebutuhan *fatty alcohol* pada tahun berikutnya dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$y = a(x) + b \dots\dots\dots (1.1)$$

$$y = -53.111,4x + 1.104.302,8$$

$$y = -53.111,4 (2026) + 1.104.302,8$$

$$y = 28805.05$$

Tabel 1.2 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Indonesia

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	28.805,05
2027	28.273,94
2028	27.742,83
2029	27.211,72
2030	26.680,61

Berdasarkan data hasil ekstrapolasi, maka dari itu perlu direncanakan perancangan pabrik *fatty alcohol* untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia dengan kapasitas pabrik *fatty alcohol* yang direncanakan beroperasi pada tahun 2030 sebesar 26.000 Ton/Tahun.

1.6.2 Industri *Fatty alcohol* di Indonesia

Berikut ini adalah beberapa pabrik yang telah beroperasi penghasil *fatty alcohol* di Indonesia yang dapat menjadi pertimbangan pendirian pabrik yang dapat dilihat pada tabel 1.3 di bawah ini

Tabel 1.3 Industri *Fatty Alcohol* di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	PT. Ecogreen Oleochemicals	419.000
2.	PT. Musim Mas	450.000
3.	PT. Domba Mas	40.000
4.	PT. Wilmar Nabati Indonesia	464.000
5.	PT. Bakrie Sumatera Plantations	100.000
	Total	1.473.000

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2025)

Jumlah total produksi pabrik *fatty alcohol* di Indonesia adalah 1.473.000 ton/tahun. Banyaknya produksi *fatty alcohol* ini dipengaruhi oleh industri-industri yang menggunakan *fatty alcohol* sebagai bahan baku. Kebutuhan *fatty alcohol* ini dapat dikatakan sudah memenuhi kebutuhan *fatty alcohol* di Indonesia.

Banyaknya produksi *fatty alcohol* ini dipengaruhi oleh industri-industri yang menggunakan *fatty alcohol* sebagai bahan baku. Kebutuhan *fatty alcohol* ini akan terus meningkat setiap tahunnya karena merupakan produk oleokimia dasar yang akan digunakan dalam pembuatan produk-produk kimia lainnya

1.6.3 Kebutuhan *Fatty Alcohol* di Beberapa Negara ASEAN

Berikut adalah beberapa kebutuhan *Fatty Alcohol* di beberapa negara Asean

1.6.3.1 Kebutuhan *Fatty Alcohol* di Thailand

Berdasarkan data dari UN Comtrade, Kebutuhan *akan fatty alcohol* di negara Thailand dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.4

Tabel 1.4 Data Impor *Fatty Alcohol* di Thailand

Tahun	Jumlah Impor (TON)
2021	51.797,55479
2022	42.977,86081
2023	44.751,30146
2024	61.600,88882
2025	79.207,349

Sumber: (UN Comtrade, 2026)

Dari tabel 1.4 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Thailand pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Kebutuhan Impor Fatty alcohol di Thailand (UN Comtrade, 2026)

Mengacu pada visualisasi grafik tersebut, meskipun terdapat sedikit fluktuasi pada periode awal, garis tren (trendline) secara jelas menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan atau impor fatty alcohol di Thailand terus meningkat secara progresif.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke masa depan. Hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada table 1.5 berikut:

Tabel 1.5 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Thailand

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	78.099,8
2027	85.444,1
2028	92.788,4
2029	100.132,7
2030	107.477

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan metode regresi linear, proyeksi kebutuhan *fatty alcohol* di Thailand menunjukkan tren yang terus meningkat setiap tahunnya, di mana estimasi kebutuhan diprediksi akan mencapai 107.477 ton pada tahun 2030.

1.6.3.2 Kebutuhan Fatty Alcohol di Singapura

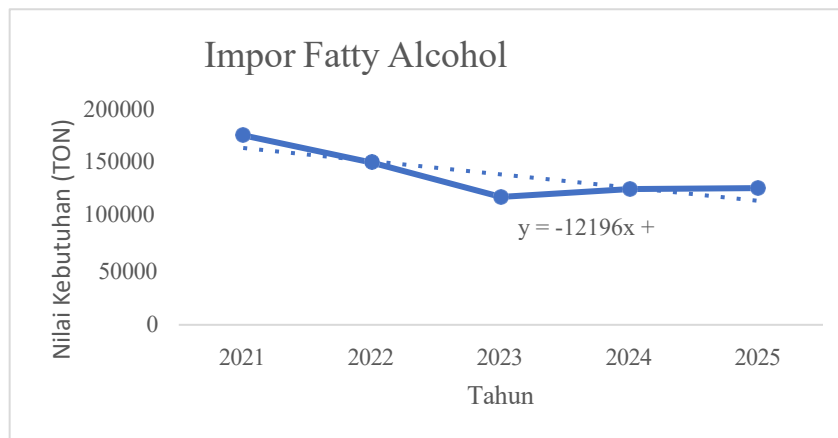
Berdasarkan data dari UN Comtrade, Kebutuhan *fatty alcohol* di negara Singapura dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.6

Tabel 1.6 Data Impor Fatty Alcohol di Singapura

Tahun	Jumlah Impor (TON)
2021	174.929,6556
2022	149.730,0346
2023	118.047,4509
2024	125.340,7542
2025	126.142,346

Sumber: (UN Comtrade, 2026)

Dari tabel 1.6 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Singapura pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor *Fatty alcohol* di Singapura (UN Comtrade, 2026)

Berdasarkan Grafik diatas, tren kebutuhan *fatty alcohol* di Singapura menunjukkan dinamika fluktuatif. Volume impor sempat mengalami penurunan selama tiga tahun pertama periode pengamatan, namun pasar kembali pulih yang ditandai dengan tren sedikit peningkatan pada dua tahun terakhir.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke masa depan. Hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada table 1.7 berikut:

Tabel 1.7 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Singapura

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	102.251
2027	90.055
2028	77.859
2029	65.663
2030	53.467

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan metode regresi linear, proyeksi kebutuhan *fatty alcohol* di Singapura menunjukkan tren yang cenderung menurun setiap tahunnya, di mana estimasi kebutuhan diprediksi akan mencapai 53.467 ton pada tahun 2030.

1.6.3.3 Kebutuhan *Fatty Alcohol* di Malaysia

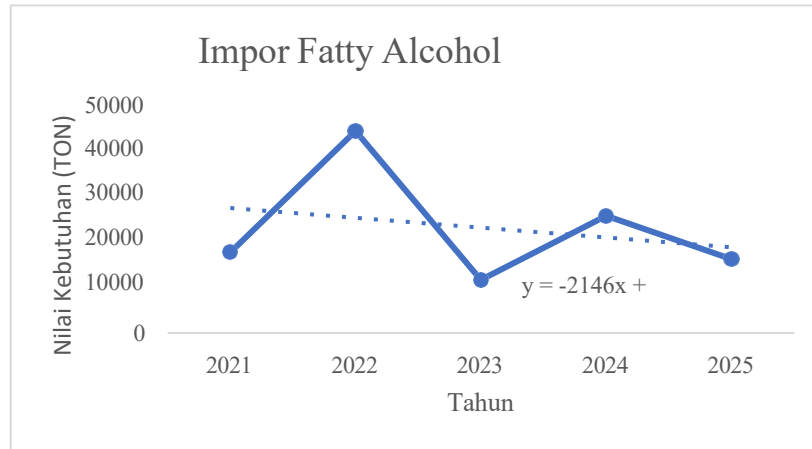
Berdasarkan data dari UN Comtrade, Kebutuhan *akan fatty alcohol* di negara Malaysia dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.8

Tabel 1.8 Data Impor Fatty Alcohol di Malaysia

Tahun	Jumlah Impor (TON)
2021	17.606,48502
2022	44.163,53464
2023	11.616,9757
2024	25.631,85081
2025	16.142,3352

Sumber: (UN Comtrade, 2026)

Dari tabel 1.8 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Malaysia pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.4



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor *Fatty alcohol* di Malaysia (UN Comtrade, 2026)

Berdasarkan Grafik diatas, tren kebutuhan *fatty alcohol* di Malaysia menunjukkan fluktuasi yang sangat tajam, ditandai dengan adanya lonjakan dan penurunan volume impor yang drastis sepanjang periode pengamatan.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke masa depan. Hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada table 1.9 berikut:

Tabel 1.9 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Malaysia

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	16.594
2027	14.448
2028	12.302
2029	10.156
2030	8.010

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan metode regresi linear, proyeksi kebutuhan *fatty alcohol* di Malaysia menunjukkan tren yang cenderung menurun setiap tahunnya, di mana estimasi kebutuhan diprediksi akan mencapai 8.010 ton pada tahun 2030.

1.6.3.4 Kebutuhan Fatty Alcohol di Philipina

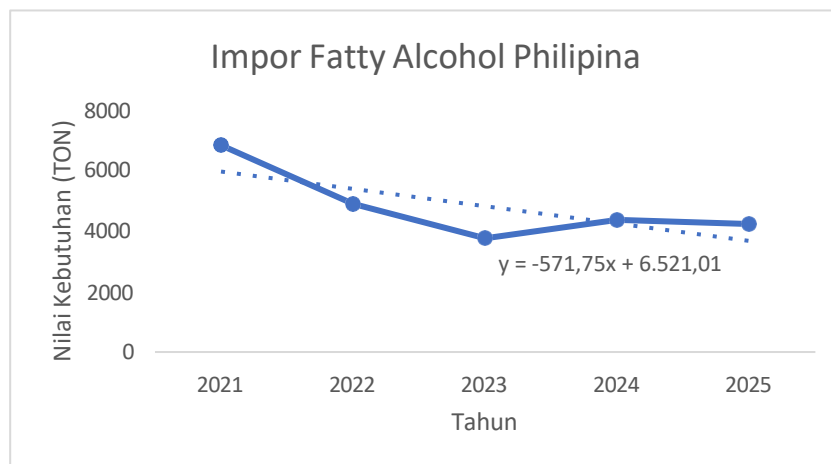
Berdasarkan data dari UN Comtrade, Kebutuhan *akan fatty alcohol* di negara Philipina dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.10

Tabel 1.10 Data Impor Fatty Alcohol di Philipina

Tahun	Jumlah Impor (TON)
2021	6.816,64
2022	4.883,788
2023	3.749,09809
2024	4.358,952
2025	4.220,3092

Sumber: (UN Comtrade, 2026)

Dari tabel 1.10 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Philipina pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.5



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor *Fatty alcohol* di Philipina (UN Comtrade, 2026)

Berdasarkan Grafik diatas, tren kebutuhan *fatty alcohol* di Singapura menunjukkan dinamika fluktuatif. Volume impor sempat mengalami penurunan selama tiga tahun pertama periode pengamatan, namun pasar kembali pulih yang ditandai dengan tren sedikit peningkatan pada dua tahun terakhir.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke masa depan. Hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada table 1.11 berikut:

Tabel 1.11 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Philipina

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	3.090,51
2027	2.518,76
2028	1.947,01
2029	1.375,26
2030	803,51

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan metode regresi linear, proyeksi kebutuhan *fatty alcohol* di Philipina menunjukkan tren yang cenderung menurun setiap tahunnya, di mana estimasi kebutuhan diprediksi akan mencapai 803,51 ton pada tahun 2030.

1.6.3.5 Kebutuhan *Fatty Alcohol* di Vietnam

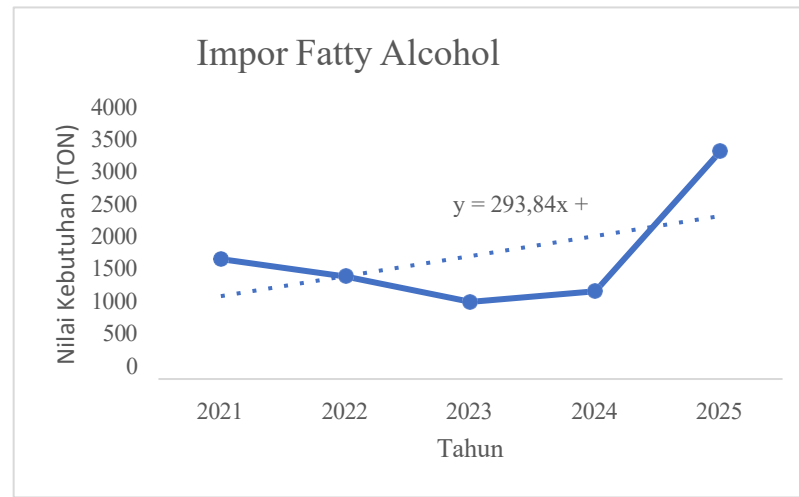
Berdasarkan data dari UN Comtrade, Kebutuhan *akan fatty alcohol* di negara Malaysia dari tahun 2021-2025 seperti terlihat pada table 1.12

Tabel 1.12 Data Impor Fatty Alcohol di Vietnam

Tahun	Jumlah Impor (TON)
2021	1.758,74131
2022	1.503,16083
2023	1.131,699
2024	1.286,457788
2025	3.336,3064

Sumber: (UN Comtrade, 2026)

Dari tabel 1.12 dapat dibuat grafik persamaan linier untuk memprediksi kebutuhan *fatty alcohol* di Philipina pada tahun 2021 hingga 2025 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam grafik pada gambar 1.6



Gambar 1.6 Grafik Kebutuhan Impor *Fatty alcohol* di Vietnam (UN Comtrade, 2026)

Berdasarkan Grafik diatas, tren pada awal tahun pengamatan sempat mengalami penurunan, namun kemudian diwarnai oleh lonjakan kenaikan yang sangat tajam pada tahun terakhir.

Untuk memprediksi jumlah impor *fatty alcohol* pada tahun-tahun selanjutnya digunakan metode ekstrapolasi, yaitu teknik memproyeksikan tren data masa lalu ke masa depan. Hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada table 1.13 berikut:

Tabel 1.13 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Fatty alcohol* 2026-2030 di Vietnam

Tahun	Nilai Ekstrapolasi (TON)
2026	2.684,78
2027	2.978,62
2028	3.272,46
2029	3.566,3
2030	3.860,14

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan metode regresi linear, proyeksi kebutuhan *fatty alcohol* di Vietnam menunjukkan tren yang terus meningkat setiap tahunnya, di mana estimasi kebutuhan diprediksi akan mencapai 3860.14 ton pada tahun 2030.

1.6.4 Penentuan Target Ekspor ke Negara-Negara ASEAN

Target distribusi produk ke pasar ASEAN disusun dengan mempertimbangkan potensi pertumbuhan ekonomi di negara tujuan serta kapasitas produksi pabrik yang dirancang. Tabel 1.14 menunjukkan pembagian volume ekspor untuk memenuhi sebagian kebutuhan impor di wilayah tersebut pada tahun 2030.

Tabel. 1.14 Penentuan Target Ekspor ke Negara-Negara ASEAN

Negara	Proyeksi Impor 2030 (Ton/Tahun)	Target Penetrasi Pasar (%)	Rencana Ekspor (Ton/Tahun)
Thailand	107.477	15%	16.121,55
Singapura	53.467	15%	8.020,05
Malaysia	8.010	15%	1.201,5
Philipina	803,51	8%	64,2808
Vietnam	3.860,14	15%	579,021
Total	173.617,65	68%	25.986,4018

Tabel 1.14 menunjukkan bahwa pabrik akan menyuplai produk ke pasar ASEAN sebesar 25.986,4018 ton/tahun. Sisa kapasitas sebesar 13,598 ton/tahun dialokasikan sebagai *buffer stock* untuk mengantisipasi fluktuasi produksi harian. Oleh karena itu, penetapan kapasitas total sebesar 26.000 ton/tahun dinilai rasional, dan aman.

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses produksi *fatty alcohol* yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Untuk ulasan rinci tentang proses industri skala besar untuk produksi *fatty alcohol* dapat dilihat sebagai berikut:

1.7.1 Proses Hidrogenasi *Trickle Bed*

Proses hidrogenasi *trickle bed*, atau lebih dikenal sebagai *fixed-bed* proses, merupakan evolusi dari proses suspensi dengan tujuan utama mengatasi kendala terkait pemisahan katalis *slurry*. Dalam pendekatan ini, bahan baku berupa metil ester lemak (FAME) dialirkan secara kontinu bersama gas hidrogen ke dalam reaktor *fixed bed* yang biasanya berbentuk multitube yang diisi oleh katalis padat, umumnya Cu-Mn, Cu-Zn-Cr atau Cu-Cr. Reaksi tersebut berlangsung pada suhu berkisar antara 180–

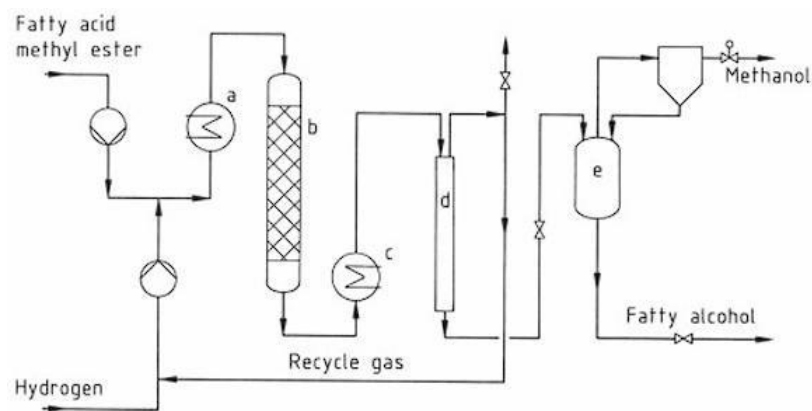
250 °C dengan tekanan sekitar 20–50 bar, menghasilkan *fatty alcohol* sebagai produk utama dan metanol sebagai produk samping (Supriyanti dan Rionaldo, 2021)

a. Reaksi Kimia

Berikut ini adalah reaksi kimia dari proses hidrogenasi fase gas sebagai berikut:



b. Flowsheet Dasar



Gambar 1.7 Hidrogenasi (*Trickle Bed* Proses) (Ullmann's, 2000).

Kelebihan proses *Trickle Bed* adalah kemudahan pemisahan katalis, karena katalis tetap berada di dalam reaktor sehingga tidak bercampur dengan produk. Hal ini membuat proses lebih ekonomis dan efisien, terutama untuk skala besar. *Yield fatty alcohol* juga lebih tinggi, bahkan bisa mencapai lebih dari 90%. Akan tetapi, katalis padat lebih mudah terdeaktivasi oleh pengotor seperti sulfur dalam bahan baku, sehingga dibutuhkan *feedstock* dengan kemurnian tinggi. Selain itu, investasi untuk reaktor multitube *fixed bed* relatif mahal (Supriyanti dan Rionaldo, 2021).

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan *fatty alcohol* dengan proses hidrogenasi dapat dilihat pada table 1.15 di bawah ini:

Tabel 1.15 Analisa Ekonomi Awal Proses Hidrogenasi

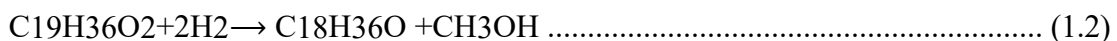
Parameter	Bahan baku		Produk	
	Metil ester	Hidrogen	<i>Fatty Alcohol</i>	Metanol
Rumus Kimia	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	H ₂	C ₁₈ H ₃₆ O	CH ₃ OH
Berat Molekul	296 gr/mol	2,016 gr/mol	268,48 gr/mol	32,04 gr/mol
Harga per kg	Rp.15.700	Rp. 35.000	Rp. 40.000	Rp. 20.000
Kebutuhan	BM × Harga =Rp.4.647.200	BM × Harga = Rp.70.560	BM × Harga = Rp. 10.739.200	BM × Harga = Rp. 640.800
Analisa ekonomi awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp. 10.739.200/Kg + Rp.640.800/Kg) – (Rp. 4.647.200/Kg + Rp.70.560/Kg) = Rp. 11.380.000 – Rp. 4.717.760 = Rp. 6.662.240/Kg			
Net Profit Margin	= $\frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$ = $\frac{6.662.240}{4.647.200} \times 100\%$ = 141%			

1.7.2 Proses Suspensi

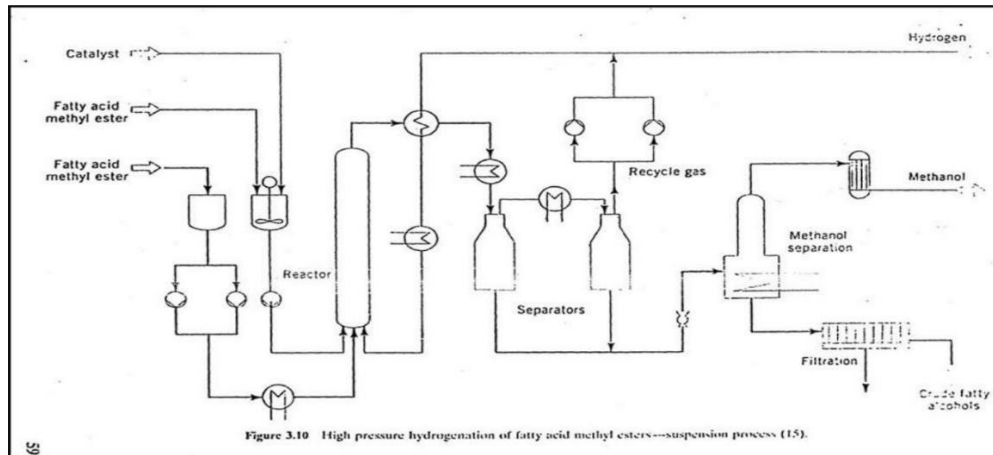
Proses suspensi banyak digunakan pada produksi *fatty alcohol* berbasis bahan baku terbarukan. Dalam proses ini, bahan baku berupa metil ester dari minyak nabati (*fatty acid methyl ester*/FAME) dihidrogenasi dalam reaktor slurry dengan katalis bubuk (biasanya Cu–Cr atau Zn–Cr). Reaksi berlangsung pada suhu 200–250 °C dan tekanan hidrogen 20–50 atm, menghasilkan *fatty alcohol* dan metanol sebagai produk samping (Biermann dkk, 2021).

a. Reaksi Kimia

Berikut ini adalah reaksi kimia dari proses suspensi sebagai berikut:



b. *Flowsheet Dasar*



Gambar 1.8 Proses Suspensi (Ullmann's, 2000)

Keunggulan proses suspensi adalah kemampuannya memanfaatkan bahan baku yang berasal dari sumber daya terbarukan seperti minyak kelapa sawit atau minyak nabati lain, sehingga lebih berkelanjutan dibanding proses petrokimia. Selain itu, proses ini relatif sederhana. Namun, kelemahan yang muncul adalah sulitnya pemisahan katalis slurry dari produk, serta adanya isu lingkungan akibat penggunaan katalis berbasis kromium yang bersifat toksik (Biermann dkk, 2021).

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan *fatty alcohol* dengan proses suspensi dapat dilihat pada table 1.16 di bawah ini:

Tabel 1.16 Analisa Ekonomi Awal Proses Suspensi

Parameter	Bahan baku		Produk	
	Metil ester	Hidrogen	<i>Fatty Alcohol</i>	Metanol
Rumus Kimia	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	H ₂	C ₁₈ H ₃₆ O	CH ₃ OH
Berat Molekul	296 gr/mol	2,016 gr/mol	268,48 gr/mol	32,04 gr/mol
Harga per kg	Rp.15.700	Rp. 35.000	Rp. 40.000	Rp. 20.000

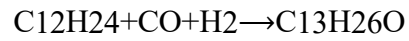
Kebutuhan	$BM \times \text{Harga}$ =Rp.4.647.200	$BM \times \text{Harga}$ = Rp.70.560	$BM \times \text{Harga}$ = Rp. 10.739.200	$BM \times \text{Harga}$ = Rp. 640.800
Analisa ekonomi awal	$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$ $= (\text{Rp. } 10.739.200/\text{Kg} + \text{Rp.}640.800/\text{Kg}) - (\text{Rp. } 4.647.200/\text{Kg} + \text{Rp.}70.560/\text{Kg})$ $= \text{Rp. } 11.380.000 - \text{Rp. } 4.717.760$ $= \text{Rp. } 6.662.240/\text{Kg}$			
Net Profit Margin	$= \frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$ $= \frac{6.662.240}{4.647.200} \times 100\%$ $= 141\%$			

1.7.3 Proses Oxo Menggunakan Hidrogenasi *Olefin*

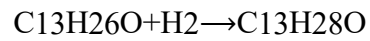
Proses Oxo atau *hydroformylation* adalah salah satu jalur utama dalam produksi *fatty alcohol*, terutama yang berbasis petrokimia. Prinsipnya adalah melakukan reaksi *olefin* — misalnya α -*olefin* rantai panjang (C_{12} – C_{16}) — dengan *syngas* (campuran CO dan H_2) menggunakan katalis homogen berbasis rhodium atau kobalt. Reaksi ini menghasilkan aldehida (linear maupun bercabang), yang kemudian dihidrogenasi menjadi alkohol menggunakan katalis heterogen seperti nikel, tembaga, atau perak. Proses ini telah banyak digunakan karena tingkat selektivitas yang tinggi terhadap alkohol linear, serta kemampuannya menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi yang sangat dibutuhkan di industri kosmetik dan farmasi (Zhang, Peña Fuentes dan Börner, 2022). *Olefin* (misalnya 1-dodecene) bereaksi dengan gas sintesis ($CO + H_2$) menghasilkan aldehida (linear dan bercabang):

a. Reaksi Kimia

Berikut ini adalah reaksi kimia dari proses oxo sebagai berikut:

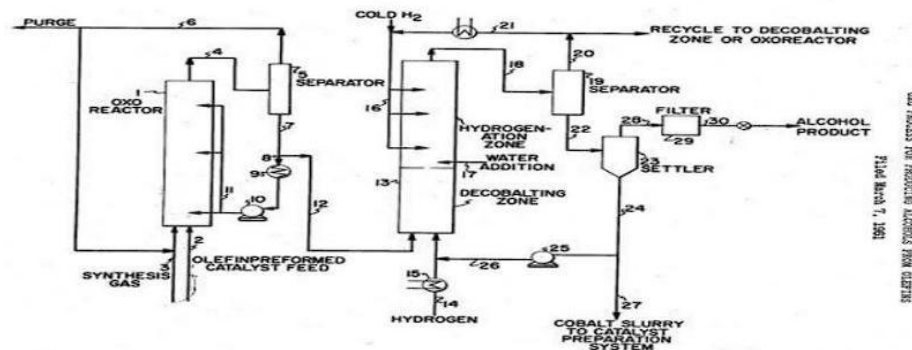


.....
(1.3)



.....
(1.4)

b. *Flowsheet* Dasar



Gambar 1.9 Proses Oxo Menggunakan Hidrogenasi *Olefin* (Ullmann's, 2000).

Lebih menarik lagi, studi terbaru menunjukkan bahwa reaktor hidroformilasi terus-menerus (*continuous reactor*) digunakan untuk reaksi dodecena dengan syngas dengan kondisi relatif keras sekitar suhu 160 °C dan tekanan sangat tinggi yakni 280 bar. Katalis Co–carbonyl hydride ($\text{HCo}(\text{CO})_4$) aktif digunakan dalam sistem ini dengan efek samping berupa pembentukan berbagai aldehida, alkohol, dan produk lain. Sistem ini juga melibatkan proses oksidasi dan reaktivasi katalis secara bertahap (Wunderlich, Kretzschmar dan Schomäcker, 2024).

Dari sisi teknologi pendukung, artikel *Hydroformylation* dalam menjelaskan dengan rinci bahwa reaksi ini adalah penambahan formil ($-\text{CHO}$) dan hidrogen ke ikatan rangkap *olefin* dalam kehadiran katalis. Reaksi ini bersifat atom-ekonomis seharusnya tanpa produk samping teoretis namun memerlukan kondisi operasi tinggi (tekanan dan suhu) serta penggunaan katalis logam transisi. Artikel ini juga menyinggung sejarah awal penemuan oleh Otto Roelen dan perkembangan teknologi katalisis selama 80 tahun terakhir (Zhang dkk, 2022).

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan *fatty alcohol* dengan proses oxo dapat dilihat pada table 1.17 di bawah ini:

Tabel 1.17 Analisa Ekonomi Awal Proses Oxo

Parameter	Bahan baku		Produk
	Olefin	Hidrogen	<i>Tridecanol</i>
Rumus Kimia	C ₁₂ H ₂₄	H ₂	C ₁₃ H ₂₈ O
Berat Molekul	168.32gr/mol	2,016 gr/mol	200.366 gr/mol
Harga per kg	Rp.26433	Rp. 35.000	Rp. 47.395
Kebutuhan	BM × Harga	BM × Harga	BM × Harga
	Rp. 5.286.600	Rp. 70.560	Rp. 9.496.346
Analisa ekonomi awal	Harga Produk - Harga bahan baku		
	= Rp. 9.496.346 – (Rp. 5.286.600/Kg + Rp.70.560/Kg)		
	= Rp. 9.496.346 – Rp. 5.357.160		
	= Rp. 4.139.187		
Net Profit Margin	= Analisa Ekonomi Awal / Bahan Baku X 100%		
	= (Rp. 4.139.187 / Rp. 5.357.160) x 100%		
	=77,26 %		

1.8.2 Perbandingan Proses

Pemilihan proses dalam produksi Fatty Alcohol merupakan tahap penting yang mempengaruhi efisiensi reaksi, kondisi operasi, dan aspek ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan analisis perbandingan untuk menentukan proses yang paling optimal, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.18.

Tabel 1.18 Perbandingan Proses

Proses	Bahan Baku	Katalis	Kondisi Operasi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Oxo (Hydroformylation)</i>	Olefin (C_{12} – C_{16}) dari petrokimia	Rh, Co, Ni	150–200 °C, 30–100 bar	Selektivitas tinggi; produk sangat murni	Biaya tinggi; katalis logam mulia
Suspensi	FAME (<i>Fatty Acid Methyl Esters</i>) dari minyak nabati/lemak hewani	Cu–Cr, Ni	150–250 °C, 50–100 bar	Bahan baku renewable; ramah lingkungan	Pemisahan katalis sulit; energi tinggi
<i>Fixed Bed (Trickle Bed Hydrogenation)</i>	FAME atau wax ester	Cu–Zn– Al_2O_3 , Cu–Mn, Cu–Cr	180–250 °C, 20–50 bar	Proses kontinu; katalis tidak bercampur produk	Fouling/katalis cepat deactivate

Dari perbandingan proses diatas, proses pembuatan *fatty alcohol* di atas, maka dipilih proses pembuatan *fatty alcohol* dengan proses hidrogenasi *trickle bed* lebih sesuai untuk produksi skala industri besar, efisiensi operasi kontinu, dan kemudahan pemisahan produk, meskipun membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi

1.8 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berdasarkan atas pertimbangan tujuan utama mencapai keuntungan baik dari sisi teknis dan ekonomis. Sebuah pabrik harus dibangun pada lokasi yang strategis dan memberikan kondisi ekonomi dan operasional yang optimum. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku (air dan bahan baku)
2. Sarana transportasi dan infrastruktur
3. Pemasaran
4. Faktor geografis

5. Tenaga kerja

Berdasarkan beberapa faktor diatas maka ditentukan lokasi pendirian pabrik di Kawasan Pelabuhan Krueng Geukueh, Blang Naleung Mameh, Kec. Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Aceh. Provinsi Aceh yang dibentuk berdasarkan Peraturan Pemerintahan Nomor 5 Tahun 2017. Kawasan ekonomi khusus dipilih karena ketersediaan bahan baku yang cukup, penyediaan air untuk proses, air pendingin dan untuk kebutuhan lainnya karena dekat sungai dan laut, serta memiliki lokasi strategis karena bertumpu pada lokasi geografis Aceh yang dilintasi oleh *Sea Lane of Communication* (SLoC), dengan itu selat malaka memiliki keunggulan komperatif untuk menjadi bagian dari jaringan produksi global dan sarana transportasi darat dan laut untuk pemasaran produk.

Kawasan Ekonomi Khusus ini berfokus pada beberapa sektor yaitu, energi, petrokimia, agro industri pendukung ketahanan pangan, logistik serta industri penghasil kertas kraft. Dengan potensi yang dimiliki, Kawasan Ekonomi Khusus Aceh diprediksi mampu menarik investasi sebesar US\$ 3,8 M, dan mampu menampung tenaga kerja sebanyak 40.000 tenaga kerja hingga tahun 2027. Berikut lokasi perancangan pabrik *Fatty alcohol* yang berada didekat Kawasan Pelabuhan Krueng Geukueh, Blang Naleung Mameh, Kec. Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Aceh. Dekat sama Pt. PIM ditunjukkan pada Gambar 1.5



Gambar 1.10 Lokasi Pendirian Pabrik *Fatty Alcohol*

Faktor-faktor yang dipertimbangkan pada pemilihan lokasi yaitu sebagai berikut:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Bahan baku Metil ester di dapat dari PT Musim Mas, Medan (404.597 ton/tahun) dan PT Apical Kao Chemicals, Dumai (397.148 ton/tahun). Sedangkan bahan baku hidrogen didapat dari PT. Samator Indo Gas Tbk, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Riau dengan kapasitas 69.500 ton/tahun. Dengan letak antara pabrik dan bahan baku pembuatan *fatty alcohol* yang sangat dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar. Sehingga pengeluaran biaya (*cost*) untuk transportasi pengadaan bahan baku tidak terlalu besar.

2. Pemasaran Produk

Dengan prioritas utama pasar luar negeri dan juga dalam negeri, lokasi di sekitar Pelabuhan Krueng Geukueh memudahkan distribusi produk ke berbagai negara ASEAN dan daerah di Indonesia. Kedekatan ini dapat mengurangi biaya transportasi dan mempercepat rantai pasok ke konsumen.

3. Sarana Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik dimana tersedia sarana transportasi yang memadai seperti jalan raya, pelabuhan, sehingga distribusi produk maupun bahan baku menjadi lebih mudah. Jalur perhubungan darat cukup memadai, sehingga tidak ada masalah dalam distribusi bahan baku maupun pemasaran produknya. memiliki lokasi strategis karena bertumpu pada lokasi geografis Aceh yang dilintasi oleh *Sea Lane of Communication* (SLoC), dengan itu selat malaka memiliki keunggulan komperatif untuk menjadi bagian dari jaringan produksi global dan sarana transportasi darat dan laut untuk pemasaran produk.

4. Tenaga Kerja

Provinsi Aceh merupakan daerah yang tingkat kepadatan penduduk tinggi sehingga dapat menjamin penyediaan tenaga kerja yang cukup dan berdasarkan data

dari Badan Pusat Statistik (BPS) Aceh, jumlah pengangguran di Aceh pada Februari 2025 tercatat sebanyak 149.000 orang. Angka ini mengalami kenaikan sebesar 4.000 orang dibandingkan dengan Februari 2024 oleh karena itu tenaga kerja sangat cukup dan supaya angka pengangguran berkurang.

5. Penyediaan Utilitas

Penyediaan Utilitas cukup banyak kawasan industri sehingga sarana sarana yang dibutuhkan untuk kelangsungan proses produksi suatu pabrik telah tersedia dengan baik karena dekat dengan sungai dan laut, sehingga kebutuhan air untuk proses, sarana utilitas dan keperluan domestik sangat mencukupi.