

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini studi mengenai bahan ramah lingkungan yang berpotensi sebagai pengganti minyak bumi dalam pembuatan *grease* semakin berkembang. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh penipisan cadangan bahan bakar fosil dunia yang cepat dan juga meningkatnya kesadaran akan pencemaran lingkungan dari penggunaan minyak bumi yang berlebihan. Sumber daya terbarukan seperti minyak nabati diyakini sebagai pengganti potensial untuk minyak bumi dalam aplikasi pelumas. Karakteristik pelumas berbasis minyak nabati yang tidak beracun dan mudah terurai akan menyebabkan bahaya yang lebih kecil terhadap lingkungan (Harahap dan Bahrudin, 2020).

Substitusi minyak bumi dengan minyak nabati sebagai bahan baku pelumas dilakukan untuk menghasilkan minyak yang ramah lingkungan. Upaya menjaga lingkungan dan mengurangi kerusakan tanah mendorong industri *grease* untuk menggunakan minyak nabati sebagai minyak dasar produksinya. Salah satunya minyak nabati yang memiliki potensial sebagai bahan baku pelumas adalah kelapa sawit karena produksinya cukup banyak. Keuntungan dari bio-pelumas dari minyak sawit dibandingkan dengan minyak mineral/bumi adalah ramah lingkungan, terbarukan, dan terurai secara hayati.

Menurut (Badan Pusat Statistik, 2024), Indonesia memproduksi minyak sawit *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 44,76 juta ton. Jumlah tersebut dihasilkan dari lahan seluas 11,99 juta hektar (ha). Pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi produk untuk diolah lebih lanjut memberikan nilai tambah yang tinggi. Produk olahan berbahan dasar CPO dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu pangan dan non pangan. Makanan terutama minyak goreng dan margarin. Produk non pangan meliputi produk oleokimia yaitu ester, asam lemak, surfaktan, gliserin dan turunannya. Menanggapi permasalahan tersebut produksi lemak perlu dikembangkan, karena ini mungkin merupakan solusi strategis yang tepat untuk pengembangan turunan minyak sawit mentah (Pratiwi dkk, 2023).

Grease atau minyak gemuk adalah jenis pelumas yang sangat efektif dan ekonomis digunakan pada mekanisme mesin yang sulit dilumasi. *Grease* yang terbuat dari minyak nabati atau yang disebut juga dengan *biogrease* dapat dibuat dari bahan-bahan seperti minyak kelapa sawit, minyak kopra, *virgin coconut oil* (VCO), minyak jagung, minyak biji karet, minyak biji jarak, minyak nyamplung dan minyak jelantah. *Grease* di pasaran terbuat dari fraksi minyak bumi, sehingga perlu pengembangan produk pelumas dari bahan yang dapat diperbarui (*renewable*). Penggunaan minyak nabati sebagai bahan dasar pelumas juga lebih ramah lingkungan. Apabila tumpah di tanah, minyak nabati akan terurai 98%-nya, sedangkan produk minyak mineral hanya akan terurai 20%-40%. Karakteristik *grease* yang dihasilkan tergantung pada tiga komponen penting yaitu bahan dasar (*base oil*), *thickening agent* dan bahan-bahan aditif yang ditambahkan. *Base oil* adalah minyak pelumas yang memberikan pelumasan sesungguhnya dalam minyak gemuk. *Thickening agent* menentukan karakteristik konsistensi minyak gemuk. *Additive* pada minyak gemuk berfungsi untuk meningkatkan performa minyak gemuk dan melindungi minyak gemuk dari kerusakan (Hakim dkk, 2021).

Peningkatan pembangunan di sektor industri dan transportasi dewasa ini meningkatkan penggunaan pelumas secara signifikan. Ini berarti dibutuhkan pelumasan dalam jumlah yang cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan konsumsi di sektor industri dan transportasi. Umumnya pelumas yang banyak dijumpai di pasaran dibuat dari minyak bumi atau *petroleum base oil*. Dengan makin menipisnya cadangan minyak bumi maka makin sedikit pula bahan baku dasar pembuatan minyak pelumas yang dapat mencukupi kebutuhan di Indonesia. Hal ini diprediksi dapat mengakibatkan kelangkaan pelumas di pasaran atau makin mahalnya minyak pelumas akibat gempuran impor dari luar negeri. Seiring dengan meningkatnya tuntutan terhadap bahan-bahan yang ramah lingkungan dan *biodegradable* serta *renewable*, selain dari fungsinya, hal tersebut harus diperhatikan (Sukmawati dan Lestari, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari prarancangan pabrik ini sebagai berikut:

1. Apakah pabrik *grease* dengan proses saponifikasi layak didirikan?
2. Apakah pendirian pabrik *grease* dapat memenuhi kebutuhan industri dalam negeri?
3. Bagaimana memastikan proses produksi *grease* mampu mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi sebagai bahan baku pelumas dan mendukung keberlanjutan lingkungan?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Prarancangan pabrik pembuatan *grease* ini bertujuan untuk menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya pada mata kuliah Operasi Teknik Kimia, Instrumentasi Proses, Perancangan Alat Proses, dan Perancangan Proses Pabrik Kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pabrik pembuatan *grease*. Tujuan lain dari prarancangan pabrik pembuatan *grease* ini adalah untuk memenuhi kebutuhan konsumsi pelumas yang terus meningkat seiring dengan perkembangan industri terutama bahan bakar *diesel* yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk bertujuan ekspor. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan dan memicu peningkatan produktivitas rakyat yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Penyusunan pra-rancangan pabrik *grease* ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa yaitu sebagai sarana untuk mengaplikasikan dan mengintegrasikan teori-teori Teknik Kimia yang telah diperoleh selama perkuliahan dan melatih kemampuan berpikir analitis dan sistematis dalam memecahkan masalah perancangan (*process engineering design*), mulai dari penentuan neraca massa hingga evaluasi ekonomi.
2. Memberikan informasi mengenai potensi pendirian industri kimia menengah yang dapat mendukung kemandirian industri nasional dan mengurangi ketergantungan impor (substitusi impor)
3. Bagi aspek keberlanjutan, prarancangan ini memberikan tinjauan awal

mengenai pemanfaatan CPO secara lebih optimal sebagai bahan baku industri kimia dibandingkan penggunaan sebagai minyak bumi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari prarancangan ini mengetahui produksi minyak gemuk (*grease*) menggunakan bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO), dengan menggunakan proses saponifikasi dengan proses *flow* diagram hysys, P&ID dan 3D *plant*, perhitungan neraca massa dan neraca energi, spesifikasi peralatan, unit utilitas, serta analisa ekonomi

1.6 Penentuan Kapasitas Prarancangan Pabrik dan Ekstrapolasi

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin kecil kapasitas produksi maka semakin sedikit pula keuntungan, dan semakin besar kapasitas produksinya maka keuntungan yang di dapat juga akan semakin besar. Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik minyak gemuk (*grease*) perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.6.1 Ketersediaan Bahan Baku Produksi Minyak Gemuk (*Grease*)

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat prioritaskan. Bahan baku utama pembuatan minyak gemuk (*grease*), berupa *crude palm oil* (CPO) yang diperoleh dari PT. Wilmar Nabati Indonesia dengan konsentrasi 95-97% dalam fase cair. Mengingat ketersediaan bahan baku yang banyak melimpah dan kebutuhan akan minyak gemuk (*grease*) yang besar, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut untuk memenuhi kebutuhan minyak gemuk (*grease*).

Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi minyak gemuk (*grease*), karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan baku dari produk yang dihasilkan. Bahan baku yang digunakan adalah *crude palm oil* (CPO). Adapun beberapa hal yang dipertimbangkan mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah:

1. Bahan baku mudah di dapat karena telah diproduksi di Indonesia dengan jumlah yang besar.
2. Ketersediaan bahan baku cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

1.6.2 Kapasitas Produksi Pabrik Minyak Gemuk (*Grease*) di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh hingga saat ini tahun 2026, di Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi minyak gemuk (*grease*), yaitu PT Shell Indonesia memproduksi minyak gemuk (*grease*) sebesar 40.000 ton/tahun.

1.6.3 Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Dunia

Minyak gemuk (*grease*) merupakan pelumas dalam bentuk setengah padat atau semi solid, pada umumnya dibuat dari minyak lumas dasar yang ditambah dengan aditif dan bahan pengental (*thickening agent*). Negara-negara yang memiliki kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Negara Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*)

No	Negara
1.	Jerman
2.	Kanada
3.	India
4.	Belgia
5.	Indonesia

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Untuk mengetahui berapa besar minyak gemuk (*grease*) yang dibutuhkan oleh tiap negara yang terdapat pada Tabel 1.1, maka dilakukan pencarian data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di setiap Negara.

1. Kebutuhan Impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Jerman

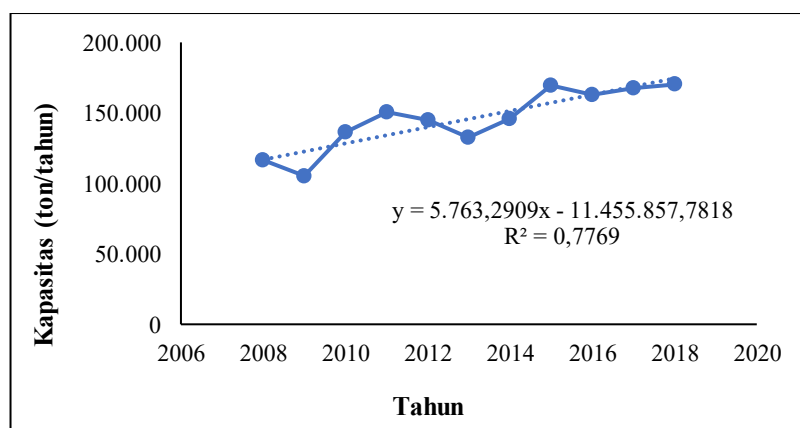
Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Jerman dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang besar minyak gemuk (*grease*) yang akan meningkatkan nilai ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Jerman di dapat pada tahun 2008-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Jerman

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2008	116.453
2009	105.318
2010	136.407
2011	150.865
2012	144.928
2013	132.576
2014	145.635
2015	169.631
2016	162.849
2017	167.331
2018	170.122

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Dapat dilihat pada Tabel 1.2 data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di negara Jerman dari tahun 2008-2018, Jerman masih bergantung pada minyak gemuk (*grease*) impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan minyak gemuk (*grease*) negara Jerman pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2008-2018, kenaikan data impor minyak gemuk (*grease*) dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.1.

**Gambar 1.1** Grafik Kebutuhan Impor di Jerman

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 5.763,2909x + 11.455.857,7818$. Kebutuhan impor minyak gemuk

(grease) di Jerman tiap tahunnya mengalami peningkatan tiap tahunnya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Jerman masih banyak bergantung pada minyak gemuk (*grease*) sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 5.763,2909x + 11.455.857,7818$ dimana y adalah kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Jerman dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Jerman

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2026	220.570
2027	226.333
2028	232.096
2029	237.859
2030	243.623

Dapat dilihat Tabel 1.3 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Jerman setiap tahun nya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Jerman pada tahun 2029 mencapai 237.859 ton, untuk mengetahui peluangnya mengekspor minyak gemuk (*grease*) ke negara Jerman, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan minyak gemuk (*grease*) yang akan di ekspor ke Jerman dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2029 – Kebutuhan Impor pada data terakhir (2018)

Peluang ekspor = 237.859 – 170.122

Peluang ekspor = 67.737

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2029 mencapai 67.737 ton ke negara Jerman.

2. Kebutuhan Impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Kanada

Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Kanada dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang besar minyak gemuk (*grease*) yang

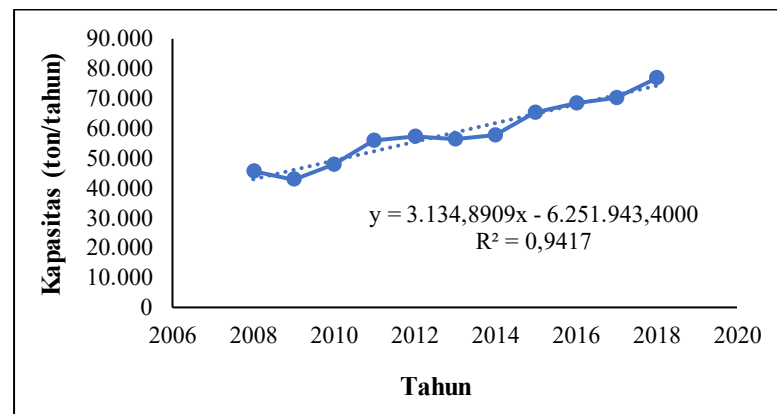
akan meningkatkan nilai ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Kanada di dapat pada tahun 2008-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Kebutuhan Impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Kanada

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2008	57.644
2009	61.803
2010	61.419
2011	65.318
2012	65.121
2013	64.103
2014	58.230
2015	65.128
2016	68.587
2017	70.198
2018	76.764

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Dapat dilihat pada tabel 1.4 data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di negara Kanada dari tahun 2008-2018 terus mengalami peningkatan tiap tahunnya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Kanada masih banyak bergantung pada minyak gemuk (*grease*) impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan minyak gemuk (*grease*) negara Kanada pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2008-2018, kenaikan data impor minyak gemuk (*grease*) dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.2



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan impor di Kanada

Berdasarkan Gambar 1.2 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 3.134,8909x - 6.251.943,4$. Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Kanada tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 3.134,8909x - 6.251.943,4$. dimana y adalah kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Kanada dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Kanada

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2026	99.346
2027	102.480
2028	105.615
2029	108.750
2030	111.885

Dapat dilihat Tabel 1.5 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Kanada setiap tahun nya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Kanada pada tahun 2029 mencapai 108.750 ton, untuk mengetahui peluangnya mengeksport minyak gemuk (*grease*) ke negara Kanada, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan minyak gemuk (*grease*) yang akan di ekspor ke Kanada dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2029 – Kebutuhan Impor pada data terakhir (2018)

Peluang ekspor = 108.750 – 76.764

Peluang ekspor = 31.986

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2029 mencapai 31.986 ton ke negara Kanada.

3. Data Kebutuhan Impor Minyak Gemuk (*Grease*) di India

Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada negara India dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang besar minyak gemuk (*grease*) yang akan meningkatkan nilai ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun impor minyak gemuk (*grease*) pada negara India di dapat pada tahun 2008-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.6.

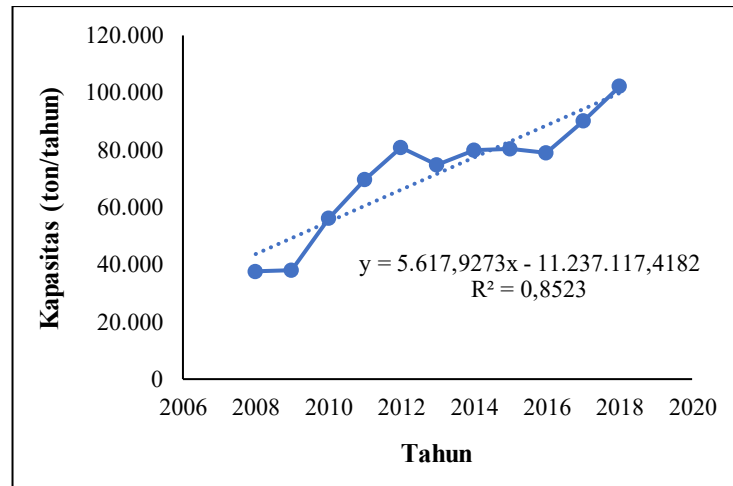
Tabel 1.6 Data Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di India

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2008	37.662
2009	38.192
2010	56.404
2011	69.875
2012	80.845
2013	74.898
2014	79.975
2015	80.304
2016	79.087
2017	90.137
2018	102.093

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Dapat dilihat pada Tabel 1.6 data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di negara India dari tahun 2008-2018, India masih bergantung pada minyak gemuk (*grease*) impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan minyak gemuk (*grease*)

negara India pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2008-2018, kenaikan data impor minyak gemuk (*grease*) dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor di India

Berdasarkan Gambar 1.3 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 5.617,9273x - 11.237.117,4182$. Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di India tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 5.617,9273x - 11.237.117,4182$. dimana y adalah kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Jerman dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di India

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2026	144.803
2027	150.421
2028	156.039
2029	161.657
2030	167.275

Dapat dilihat Tabel 1.7 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di India setiap tahun nya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di India pada tahun 2029 mencapai 161.657 ton, untuk mengetahui peluangnya mengeksport minyak gemuk (*grease*) ke negara India, maka

dilakukan perhitungan peluang kebutuhan minyak gemuk (*grease*) yang akan di ekspor ke India dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2029 – Kebutuhan Impor pada data terakhir (2018)

Peluang ekspor = 161.657 – 102.093

Peluang ekspor = 59.564

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2029 mencapai 59.564 ton ke negara India.

4. Data Kebutuhan impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Belgia

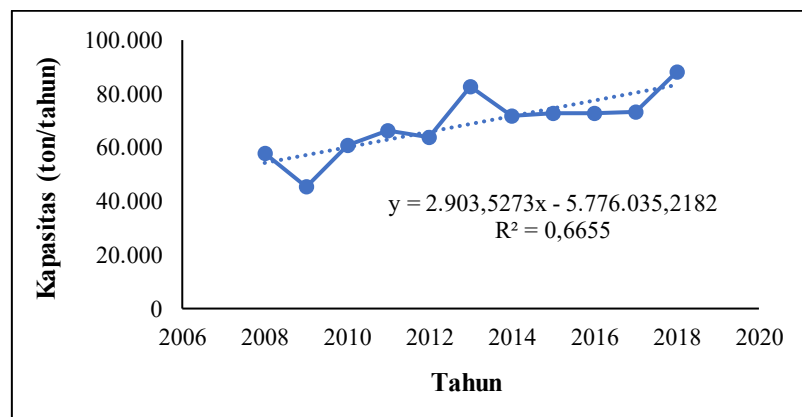
Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Belgia dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang besar minyak gemuk (*grease*) yang akan meningkatkan nilai ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun impor minyak gemuk (*grease*) pada negara Belgia di dapat pada tahun 2008-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Kebutuhan Impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Belgia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2008	57.806
2009	45.333
2010	61.038
2011	66.357
2012	64.006
2013	82.867
2014	71.975
2015	73.007
2016	72.604
2017	73.337
2018	88.087

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Dapat dilihat pada Tabel 1.8 data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di negara Belgia dari tahun 2008-2018, Belgia masih bergantung pada minyak gemuk (*grease*) impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan minyak gemuk (*grease*) negara Belgia pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2008-2018, kenaikan data impor minyak gemuk (*grease*) dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.4



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor di Belgia

Berdasarkan Gambar 1.4 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 2.903,5273x - 5.776.035,2182$. Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Belgia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 2.903,5273x - 5.776.035,2182$. dimana y adalah kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Belgia dapat dilihat pada tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Belgia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2026	106.511
2027	109.415
2028	112.318
2029	115.222
2030	118.125

Dapat dilihat Tabel 1.9 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Belgia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan

kebutuhan impor di Belgia pada tahun 2029 mencapai 115.222 ton, untuk mengetahui peluangnya mengekspor minyak gemuk (*grease*) ke negara Belgia, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan minyak gemuk (*grease*) yang akan di ekspor ke Belgia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2029 – Kebutuhan Impor pada data terakhir (2018)

Peluang ekspor = 115.222 – 88.087

Peluang ekspor = 27.135

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2029 mencapai 27.135 ton ke negara Belgia.

Berdasarkan data kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di dunia di dapat maka kebutuhan impor *grease* di luar negeri dapat dihitung dengan menjumlahkan total kebutuhan impor sebagai berikut:

Kebutuhan impor di luar negeri = Kebutuhan impor Jerman + Kebutuhan impor Kanada + Kebutuhan impor India + Kebutuhan impor Belgia

Kebutuhan impor di luar negeri = (67.737 + 31.986 + 59.564 + 27.135) ton/tahun

Kebutuhan impor di luar negeri = 186.422 ton/tahun

1.6.4 Data Kebutuhan Impor dan Ekspor Minyak Gemuk (*Grease*) di Indonesia

Adapun data kebutuhan impor dan ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data kebutuhan Impor Grease di Indonesia

Tahun	Data Kebutuhan Impor
	Berat (Ton)
2020	30.474
2021	36.509
2022	37.136

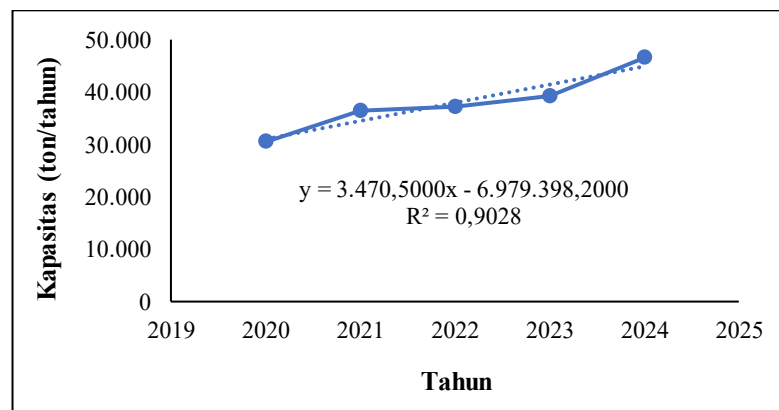
Tahun	Data Kebutuhan Impor
	Berat (Ton)
2023	39.128
2024	46.517

Sumber: (United Nations Comtrade Database, 2026)

Dapat dilihat pada Tabel 1.10 data kebutuhan impor dan ekspor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia dari tahun 2020-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahunnya dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di Indonesia masih banyak bergantung pada minyak gemuk (*grease*) Impor.

1.6.5 Prediksi Kebutuhan Minyak Gemuk (*Grease*) di Indonesia

Kenaikan kebutuhan data impor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia diprediksi pada tahun 2029 dengan cara ekstrapolasi data kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2020-2024, kenaikan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.5 berikut:



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Data Impor di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.5 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 3.470,5x - 6.979.398,2$. Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia tiap tahun nya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 3.470,5x - 6.979.398,2$ dimana y adalah kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada tahun 2029 dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = 3.470,5x - 6.979.398,2$$

$$y = 3.470,5 (2029) - 6.979.398,2$$

$$y = 62.246 \text{ ton}$$

Sehingga kebutuhan impor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada tahun 2029 diperkirakan sebesar 62.246 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan impor pada tahun 2026 sampai 2030 menggunakan cara ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Data Hasil Ekstrapolasi kebutuhan impor Minyak Gemuk (*Grease*) di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2026	51.835
2027	55.305
2028	58.776
2029	62.246
2030	65.717

Dapat dilihat pada Tabel 1.11 bahwa dari hasil ekstrapolasi data impor minyak gemuk (*grease*) di Indonesia setiap tahun nya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Indonesia pada tahun 2029 mencapai 62.246 ton. Dengan kapasitas pabrik 150.000 ton/tahun, maka dapat diketahui bahwa prarancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mencukupi minyak gemuk (*grease*) di Indonesia pada tahun 2029 mencapai 62.246 ton. Sementara itu produksi minyak gemuk (*grease*) di Indonesia hanya dilakukan oleh PT. Shell Grease Manufacturing Indonesia dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Sedangkan kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di luar negeri yang telah dihitung kebutuhan nya sebesar 186.422 ton/tahun.

$$\text{Peluang ekspor Luar negeri} = \text{Kapasitas pabrik} - (\text{kebutuhan di Indonesia} - \text{ketersediaan di Indonesia})$$

$$\text{Peluang ekspor Luar negeri} = (150.000 - (62.246 - 40.000)) \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Peluang ekspor Luar negeri} = 127.754 \text{ ton/tahun}$$

Dari perhitungan peluang ekspor, maka pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang total untuk memenuhi kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di luar negeri dengan mengekspor minyak gemuk (*grease*) sebanyak 127.754 ton/tahun.

Pabrik produksi minyak gemuk (*grease*) terbesar di luar negeri dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Data Produksi Minyak Gemuk (*Grease*)

Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/tahun)	Sumber
Sinopec – Tianjin grease manufacturing location	China	100.000	Lubes'n'Greases. (2014)
Shell Grease Plant – Zhuhai	China	30.000	Machinery Lubrication. (2010)
Sinopec Lubricant (Singapore) – blending & grease manufacturing facility (Singapore Lube Park)	Singapura	30.000	Fuels & Lubes Asia. (2010)
Shell Grease Manufacturing Plant – Thailand (Shell Chong Non Si Terminal)	Thailand	15.000	Shell Thailand. (n.d.).

Data produksi minyak gemuk (*grease*) yang di dapat pada Tabel 1.12, pabrik minyak gemuk (*grease*) terbesar diproduksi oleh Perusahaan Sinopec – Tianjin Grease Manufacturing Location yang terdapat di negara china dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dan pabrik dengan produksi terkecil diproduksi oleh Perusahaan Shell Grease Manufacturing Plant – Thailand di negara Thailand dengan kapasitas 15.000 ton/tahun.

Tabel 1.13 Distribusi Pabrik Minyak Gemuk (*Grease*)

No.	Negara	Peluang Distribusi (ton/tahun)
1.	Jerman	67.737
2.	Kanada	31.986
3.	India	59.564
4.	Belgia	27.135
5.	Indonesia	62.246
Jumlah		248.669

Berdasarkan perhitungan kebutuhan minyak gemuk (*grease*) dalam negeri dan luar negeri yang dapat dilihat dari Tabel 1.13, maka diambil kapasitas prarancangan pabrik sebesar 150.000 ton/tahun dengan mencakup kebutuhan minyak gemuk (*grease*) di Indonesia dan luar negeri.

Hal penentuan kapasitas ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara (*Shell Grease Manufacturing Plant*) juga kebutuhan pasar dan ekspor produk minyak gemuk (*grease*) yang semakin meningkat (*United Nations Comtrade Database*, 2026).

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses pembuatan *grease* yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Proses pembentukan *grease* terbagikan menjadi 2 proses yaitu proses dengan bahan baku minyak mineral (*Petroleum Base Oil*) dan dengan bahan baku minyak nabati (*Bio Base Oil*). Proses pembuatan *grease* terbagi menjadi 2 dan dapat dijelaskan yaitu sebagai berikut:

1.7.1 *Petroleum-Based Grease Manufacturing Process*

Proses *Petroleum-Based Grease Manufacturing* merupakan proses produksi *grease* yang menggunakan *base oil mineral* sebagai media pelumas utama dan *thickener* sebagai agen pengental. *Thickener* tersebut terbentuk melalui reaksi netralisasi antara asam lemak, seperti *stearic acid* dengan basa logam di dalam reaktor. Reaksi ini menghasilkan sabun logam yang kemudian membentuk jaringan struktur tiga dimensi dalam *base oil* sehingga menghasilkan sistem semi-padat yang dikenal sebagai *grease*. Secara umum, proses pembentukan *grease* pada sistem ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu sebagai berikut:

A. *Pre-Heating Stage*

Pada tahap ini, bahan baku utama berupa *base oil mineral* dipanaskan terlebih dahulu dalam *heating vessel* menggunakan media pemanas hingga mencapai suhu sekitar 100°C. Tujuan pemanasan ini adalah untuk menurunkan viskositas *base oil* sehingga mempermudah pencampuran dan mempercepat proses reaksi pada tahap berikutnya. Setelah mencapai suhu

yang diinginkan, *base oil* dialirkan menuju reaktor utama untuk proses selanjutnya.

B. Soap Formation Stage

Pada tahap ini, *base oil* dan asam lemak (*stearic acid*) dan basa logam seperti natrium hidroksida atau litium hidroksida di dalam reaktor berpengaduk pada suhu sekitar 160–200°C dan tekanan operasi sekitar 5–6 atm. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi netralisasi yang menghasilkan sabun logam sebagai *thickener grease* serta air sebagai produk samping. Persamaan reaksi pembentukan *thickener* dapat dituliskan sebagai berikut:



$$\Delta H_{298} = 242.8 \text{ KJ}$$

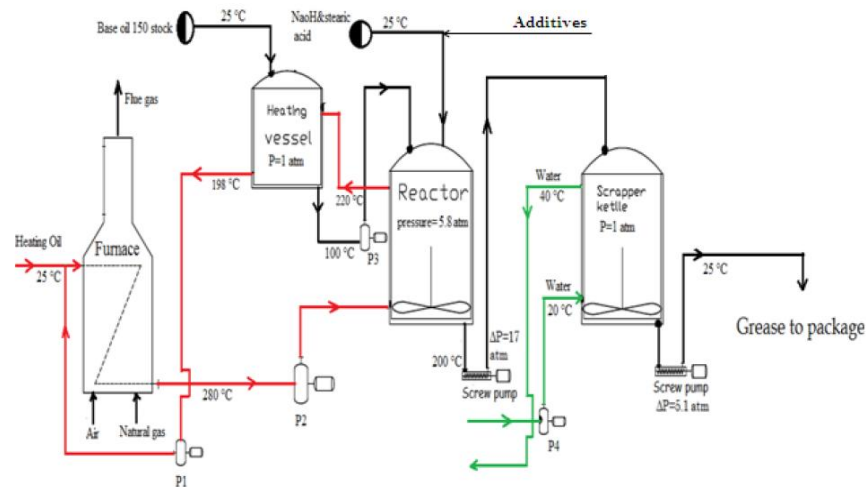
C. Dehydration

Seiring peningkatan suhu di dalam reaktor, air yang terbentuk selama reaksi netralisasi akan teruapkan secara bertahap. Penghilangan air ini penting untuk memperoleh konsistensi *grease* yang stabil. Pada kondisi suhu tinggi tersebut, sistem menjadi lebih kental dan jaringan awal sabun mulai berkembang di dalam *base oil*.

C. Scraper Kettle

Setelah itu, produk dialirkan ke dalam *scraper kettle (finishing vessel)* yang merupakan bejana pencampur berjaket pendingin. Pada tahap ini, *grease* didinginkan menggunakan air dingin yang mengalir pada jaket bejana sekaligus dilakukan pengadukan lanjutan menggunakan *scraper*. Proses ini bertujuan untuk menurunkan suhu *grease* hingga sekitar 80–100°C, menghomogenkan campuran, serta membentuk tekstur *grease* yang stabil dan seragam.

(Algailani, A.Z. 2015)



Gambar 1.6 Flowsheet Dasar Produksi Grease dengan *Petroleum-Based Grease Manufacturing Process (by Chem CAD)*

Tabel 1.14 Analisa Ekonomi Awal *Petroleum-Based Grease Process*

Parameter	Bahan Baku Utama			Bahan Baku		Produk
	<i>Parafin</i>	LiOH	<i>Stearic Acid</i>	Bismuth	<i>Dioctyl diphenylamine</i>	<i>Grease</i>
Fraksi	0,88	0,05	0,05	0,014	0,006	1,0
Harga per kg	Rp. 52.517	Rp. 149.787	Rp. 36.000	Rp. 151.470	Rp. 52.744	Rp. 71.360
Harga Total	$0,88 \times$ Rp. 52.517 = Rp. 46.215	$0,05 \times$ Rp. 149.787 = Rp. 7.489	$0,05 \times$ Rp. 36.000 = Rp. 1.800	$0,014 \times$ Rp. 151.470 = Rp. 2.121	$0,006 \times$ Rp. 52.744 = Rp. 316	$1 \times$ 71.360 = Rp. 71.360
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp. 71.360) – Rp. (46.215+7.489+1.800+2.121+316) =Rp. 71.360 – Rp. 57.941 = Rp. 13.419					

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.14 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{13.419}{57.941} \times 100 \\ &= 23,16 \%\end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi *grease* yang di dapat dari *petroleum-based grease process* yaitu sebesar 23,16 %.

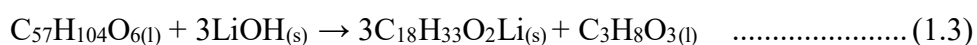
1.7.2 *Bio-Based Grease Manufacturing Process*

Perkembangan utama dari teknologi *Bio-Based Grease Manufacturing Process* terletak pada penggunaan bahan baku terbarukan berupa minyak nabati serta proses produksi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan *grease* berbasis *petroleum*. Teknologi ini memiliki keunggulan berupa proses saponifikasi yang relatif sederhana, kebutuhan energi yang lebih efisien, serta biaya investasi yang lebih rendah karena tidak memerlukan unit pemurnian minyak bumi yang kompleks. Pada teknologi ini, bahan baku utama yang digunakan adalah minyak nabati (seperti CPO atau *fatty acid*), basa alkali (misalnya LiOH), serta *base oil* tambahan dan aditif.

A. Reaktor Saponifikasi

Umpan berupa *fat/ester* (trigliserida), alkali (NaOH atau LiOH) dalam bentuk larutan atau *slurry*, serta sebagian *base oil* dipompa secara kontinu ke dalam reaktor saponifikasi. Pada sistem ini digunakan reaktor kontinu bertekanan dengan pengadukan intensif untuk memastikan kontak yang baik antara fase hidrofobik (trigliserida dan *base oil*) dan fase hidrofilik (alkali dan air).

Proses diawali pada kondisi hangat saat pengisian bahan. Berdasarkan literatur proses lithium soap, reaktan umumnya dimasukkan pada suhu sekitar 38 °C, kemudian suhu dinaikkan hingga sekitar 82 °C untuk berlangsungnya reaksi saponifikasi. Suhu ini cukup tinggi untuk mendorong reaksi dan memastikan pencampuran yang homogen, tetapi belum menyebabkan penguapan air secara signifikan. Produk utama reaksi ini adalah sabun logam (*lithium soap*) yang berfungsi sebagai *thickener*, sedangkan gliserol menjadi produk samping.



$$\Delta H_{298} = 1.1385,5 \text{ Kj/mol}$$

B. *Vacuum Dehydration*

Aliran keluar dari reaktor kemudian dialirkan ke unit *vacuum dehydration* atau *flash chamber*. Unit ini berfungsi untuk mengurangi kandungan air dan komponen volatil melalui penerapan *vakum parsial (partial vacuum)* pada temperatur tinggi. Setelah reaksi saponifikasi selesai, suhu campuran dinaikkan untuk menguapkan air yang terbentuk selama reaksi. Temperatur biasanya bertahan di sekitar 100 °C hingga sebagian besar air teruapkan. Setelah kandungan air berkurang signifikan, suhu dapat meningkat lebih lanjut untuk memastikan terbentuknya *soap concentrate* yang stabil.

Pada sistem berbasis trigliserida, tahap ini juga membantu mengurangi sebagian komponen polar seperti air dan sisa alkali. Namun, gliserol memiliki titik didih tinggi dan sifat polar yang kuat sehingga tidak sepenuhnya terpisah hanya dengan vakum; dalam praktik industri sering diperlukan strategi pemisahan tambahan apabila kadarnya signifikan.

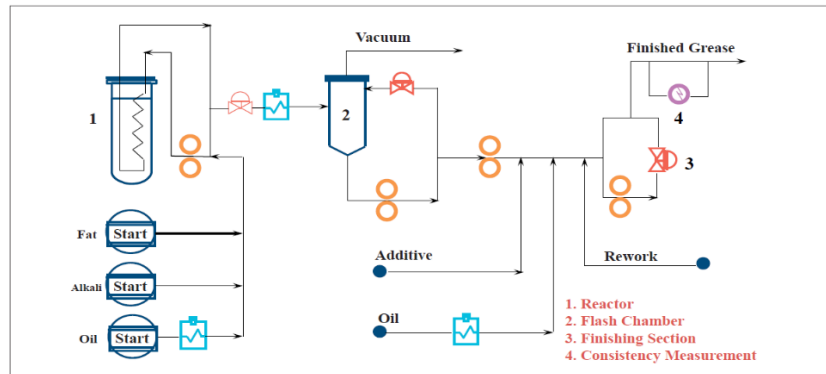
C. *Finishing Section*

Setelah dehidrasi, *soap concentrate* dialirkan ke *finishing section*. Pada tahap ini dilakukan *penambahan sisa base oil* dan *aditif* (misalnya antioksidan seperti *Butylated Hydroxytoluene* atau BHT) sambil dilakukan pengadukan/homogenisasi dan pendinginan terkontrol untuk membentuk struktur *grease*. Temperatur dapat mencapai sekitar 150 °C lalu ditahan sekitar 15–20 menit sebelum proses pendinginan dan penambahan base oil dilakukan terkontrol.

D. *Consistency Measurement & Rework*

Aliran dari finishing kemudian masuk ke *consistency measurement*, yaitu titik kontrol mutu untuk memastikan konsistensi/grade (misalnya *National Lubricating Grease Institute*) sesuai spesifikasi. Bila hasilnya sesuai, produk dialirkan sebagai *finished grease*. Jika belum sesuai (terlalu keras/lunak atau belum homogen), aliran dialihkan ke jalur *rework* untuk dikoreksi (misalnya penyesuaian *oil/additive*) lalu dikembalikan lagi ke proses finishing sampai memenuhi spesifikasi.

(McGuire, N. 2017)



Gambar 1.7 Flowsheet Dasar Produksi Grease dengan *Bio-Based Grease Manufacturing Process* (McGuire, N. 2017)

Tabel 1.15 Analisa Ekonomi Awal *Bio-Based Grease Manufacturing Process*

Parameter	Bahan Baku Utama		Bahan Baku Pendukung	Produk Utama	Produk Samping
Parameter	CPO <i>Crude Palm Oil</i>	LiOH	BHT <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	<i>Grease</i>	<i>Glycerol</i>
Fraksi massa	0,9836	0,0154	0,0010	1	0,2
Harga per Kg	Rp. 15.801	Rp. 149.787	Rp. 158.620	Rp. 71.360	Rp. 18.000
Total Harga	$0,9836 \times \text{Rp. 15.801}$ $= \text{Rp. 15.542}$	$0,0154 \times \text{Rp. 149.787}$ $= \text{Rp. 2.307}$	$0,0010 \times \text{Rp. 158.620}$ $= \text{Rp. 158}$	$1 \times \text{Rp. 71.360}$ $= \text{Rp. 71.360}$	$0,2 \times \text{Rp. 18.000}$ $= \text{Rp. 3.600}$
Analisa Ekonomi Awal	$(\text{Harga Produk Utama} + \text{Harga Produk Utama}) - (\text{Harga Total Bahan Baku Utama} + \text{Bahan Baku Pendukung} + \text{Biaya Operasional})$ $= (\text{Rp}71.360 + \text{Rp.5.200}) - \text{Rp. (15.542+2.307+158)}$ $= \text{Rp } 76.560 - \text{Rp. 18.007}$ $= \text{Rp. 58.609}$				

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.15 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{53.352,80}{76.560} \times 100 \\ &= 76,55 \%\end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi *grease* yang di dapat dari *Bio-Based Grease Manufacturing Process* yaitu sebesar 76,55 %.

1.7.3 Perbandingan Proses

Proses pembuatan *grease* secara umum dapat dibedakan menjadi dua metode utama, yaitu proses berbasis petroleum (*petroleum-based grease*) dan proses berbasis minyak nabati (*bio-based grease*). Perbedaan utama kedua metode tersebut terletak pada jenis *base oil* dan sumber bahan baku pembentuk sabun logam (*thickener*). Dalam prarancangan pabrik *grease* ini, proses yang dipilih adalah proses *bio-based grease* menggunakan CPO sebagai *base oil* dan bahan baku pembentuk sabun litium melalui reaksi saponifikasi CPO dengan LiOH. Alasan utama memilih metode ini karena merupakan proses pembuatan *grease* yang ekonomis dengan bahan baku yang melimpah dan memiliki konversi yang besar serta tidak memerlukan proses yang panjang.

Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 1.16 sebagai berikut:

Tabel 1.16 Kelebihan Dan Kekurangan Dari Masing-Masing Proses

No	Faktor Pemanding	Proses Pembuatan	
		<i>Petroleum-Based Grease</i>	<i>Bio-Based Grease</i>
1.	Bahan baku	<i>Non-renewable</i> (minyak bumi)	<i>Renewable</i> (minyak sawit)
2.	Proses	Netralisasi asam lemak dengan basa, dilanjutkan dehidrasi dan <i>finishing</i>	Saponifikasi trigliserida CPO dengan LiOH, dehidrasi, <i>finishing</i> , penambahan aditif

No	Faktor Pembeding	Proses Pembuatan	
		<i>Petroleum-Based Grease</i>	<i>Bio-Based Grease</i>
3.	Reaksi utama	$\text{RCOOH} + \text{LiOH} \rightarrow \text{RCOOLi} + \text{H}_2\text{O}$	Trigliserida + 3 LiOH $\rightarrow$ 3RCOOLi + Gliserol
4.	Jenis reaksi	Endotermis	Endotermis
5.	Produk samping	Air (H_2O)	Gliserol
6.	Kondisi operasi	160–200°C, tekanan atmosfer 5,8 atm.	82–90°C, tekanan 1 atm.
7.	Stabilitas oksidasi	Lebih stabil	Lebih mudah teroksidasi (perlu antioksidan)
8.	Dampak lingkungan	Kurang ramah lingkungan	<i>Biodegradable</i> & lebih ramah lingkungan
9.	Reaktor	<i>Jacketed stirred tank reactor (kettle type)</i>	<i>Stirred tank saponification reactor</i>
10.	Analisa ekonomi awal	23,16 %	76,55 %

Dengan mempertimbangkan kedua jenis proses pembuatan *grease* di atas, maka dalam perancangan pabrik *grease* dipilih proses *Bio-Based Grease Manufacturing Process* dengan bahan baku CPO dan LiOH. Pemilihan proses ini didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Konversi reaksi yang tinggi, yaitu mencapai sekitar 95–99%, karena reaksi saponifikasi berlangsung secara *irreversibel* dan mudah dikendalikan.
- Menggunakan peralatan yang lebih sedikit dan proses yang lebih sederhana dibandingkan proses berbasis *petroleum*.
- Keuntungan ekonomi yang lebih baik karena bahan baku utama berasal dari sumber nabati yang relatif lebih murah dan mudah diperoleh.
- Reaktor yang digunakan berupa *stirred tank reactor* dengan sistem pengadukan sederhana sehingga tidak memerlukan desain peralatan yang kompleks.

- e. Produk samping yang dihasilkan relatif sedikit, yaitu hanya berupa gliserol hasil reaksi saponifikasi

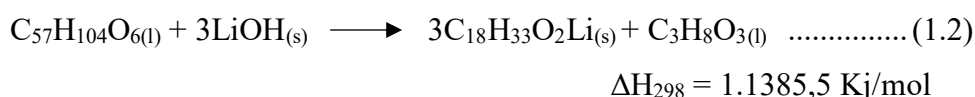
(Mortier, dkk., 2010)

1.8 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk menentukan apakah reaksi *grease* berlangsung secara eksotermis atau endotermis. Secara termodinamika, reaksi pembentukan *grease* dipengaruhi oleh perubahan entalpi (ΔH), Energi Gibbs (ΔG), dan konstanta kesetimbangan (K) yang menentukan spontanitas reaksi serta kondisi kesetimbangan pada berbagai temperatur dan tekanan.

1. Reaksi utama yang terjadi adalah reaksi saponifikasi trigliserida (diasumsikan triolein) dengan LiOH. Reaksi stoikiometri dituliskan sebagai:

Pada keadaan kesetimbangan



Tabel 1.17 Harga ΔH°_f dan ΔG°_f masing-masing komponen

Komponen	ΔH°_f (Kj/mol)
Triolein ($\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$)	-671,78
Litium Hidroksida (LiOH)	-423,12
Lithium oleate ($\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Li}$)	-626
Gliserol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)	669,6
Air (H_2O)	-241,8

Sumber: (Yaws, 1999)

Panas reaksi standar (ΔH° 298 K)

$$\Delta H^\circ \text{ reaksi} = \Delta H^\circ \text{ produk} - \Delta H^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^\circ \text{ reaksi} = ((3 \times \Delta H^\circ \text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Li}) + \Delta H^\circ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) - (\Delta H^\circ \text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + (3 \times \Delta H^\circ \text{LiOH}))$$

$$\Delta H^\circ \text{ reaksi} = ((3(-626)) + (669,6)) - ((-671,78) + (3(-423,12)))$$

$$\Delta H^\circ \text{ reaksi} = (-1208,4) - (-1941,14) \text{ Kj/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{ reaksi} = 1.1385,5 \text{ Kj/mol}$$

Reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis karena harga entalpi reaksi bernilai positif. Reaksi berjalan searah atau bolak-balik dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan.

$$\ln K = - \Delta G^\circ / RT \dots\dots\dots (1.3)$$

Dimana:

ΔG° = Energi Bebas Gibbs

R = Konstanta gas

T = Suhu

K = Konstanta Kesetimbangan

Energi gibbs standar (ΔG° f 298 K)

ΔG° netralisasi = -79,9 kJ/mol

ΔG° reaksi = (3(-79,9)) kJ/mol

ΔG° reaksi = -240 kJ/mol

ΔG° reaksi = -240.000 J/mol

$$\ln K = - \frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$\ln K = \frac{-(-240.000)}{8.314 \times 298}$$

$$\ln K = \frac{240.000}{2.477,57}$$

$$\ln K = 96,8$$

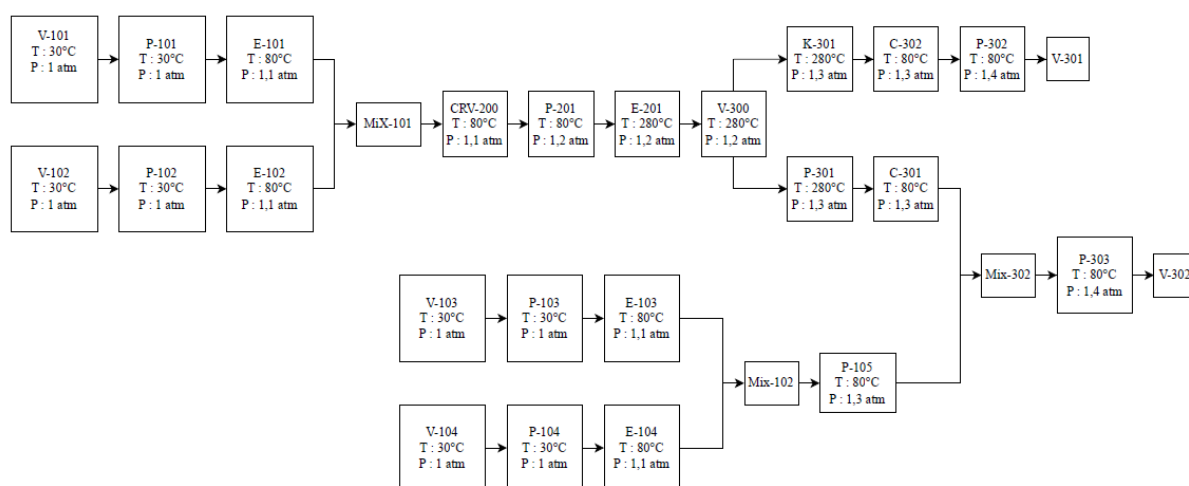
$$K = e^{96,8}$$

$$K \approx 10^{42}$$

Nilai K yang diperoleh sangat besar ($K \gg 1$) yang menunjukkan bahwa pada kondisi standar, kesetimbangan sangat jauh ke produk. Berdasarkan pendekatan data literatur, reaksi bersifat endotermis dengan ΔH reaksi 1.1385,5 Kj/mol dan ΔG bernilai positif, sehingga reaksi berlangsung spontan (Smith, dkk., 2005; Yaws, 1999).

1.9 Uraian Proses

Pada perancangan ini yang digunakan adalah proses *Bio-Based Grease Manufacturing Process*. Kondisi operasi proses adalah pada temperatur 82-90°C, dan tekanan 1 atm. Proses pengolahan sampai produk akhir yang berupa *Grease*, melewati beberapa tahapan utama dapat dilihat pada Gambar 1.8 berikut:



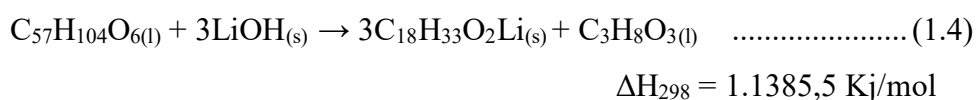
Gambar 1.8 Tahapan Pembuatan *Grease*

1. Persiapan Bahan Baku

Tahap pertama dalam proses pembuatan *grease* adalah persiapan bahan baku. Bahan baku utama yang digunakan dalam proses ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai sumber trigliserida dan *Lithium Hydroxide* (LiOH) sebagai basa logam untuk membentuk sabun litium. Selain itu digunakan BHT (*Butylated Hydroxytoluene*) sebagai aditif antioksidan. CPO disimpan di dalam tangki penyimpanan pada kondisi temperatur sekitar 30°C dan tekanan 1 atm. Sebelum memasuki proses reaksi, CPO dipompa menuju *heater* untuk dinaikkan temperaturnya hingga sekitar 80°C. Pemanasan ini bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak sehingga proses pencampuran dengan reaktan lainnya dapat berlangsung lebih efektif. Larutan LiOH juga disimpan pada kondisi 30°C dan tekanan 1 atm, kemudian dialirkan menuju unit pencampur bersama dengan CPO yang telah dipanaskan.

2. Reaksi (Pembentukan *Thickener*)

Tahap kedua merupakan proses pembentukan *thickener grease* melalui reaksi saponifikasi yang berlangsung di dalam reaktor berpengaduk. Pada tahap ini trigliserida yang terdapat dalam CPO bereaksi dengan *Lithium Hydroxide* (LiOH) sehingga menghasilkan lithium soap yang berfungsi sebagai *thickener grease* serta gliserol sebagai produk samping. Reaksi saponifikasi secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:



Reaksi berlangsung pada kondisi operasi sekitar temperatur 80°C dan tekanan 1 atm. Pengadukan di dalam reaktor diperlukan untuk memastikan terjadinya kontak yang baik antara fase minyak dan larutan basa sehingga reaksi dapat berlangsung secara optimal.

3. Pemurnian Produk Samping

Campuran hasil reaksi kemudian dialirkan menuju separator untuk memisahkan gliserol sebagai produk samping dari campuran reaksi. Pemisahan ini terjadi karena adanya perbedaan densitas antara gliserol dan fase lithium soap. Gliserol yang memiliki densitas lebih tinggi akan terpisah, sedangkan fase bawah berupa *lithium soap* akan dialirkan menuju tahap proses berikutnya.

Selain pemisahan gliserol, pada tahap ini juga dilakukan proses pemanasan lanjutan hingga sekitar 280°C untuk membantu menghilangkan sisa air yang terbentuk selama reaksi saponifikasi. Proses penghilangan air ini penting karena keberadaan air dapat mempengaruhi stabilitas struktur *grease* yang terbentuk pada tahap berikutnya.

4. Finishing (Pembuatan Grease)

Tahap terakhir dalam proses pembuatan grease adalah tahap finishing, yaitu tahap pembentukan struktur akhir grease. Pada tahap ini campuran *soap concentrate* dipanaskan hingga mencapai temperatur sekitar 80°C untuk memastikan sabun litium terdispersi dengan baik di dalam *base oil* serta untuk menghilangkan sisa komponen volatil yang masih terdapat dalam campuran.

Tahap ini dilakukan penambahan aditif BHT (*Butylated Hydroxytoluene*) sebagai antioksidan. Penambahan aditif pada temperatur yang lebih rendah

bertujuan untuk mencegah terjadinya degradasi termal pada bahan aditif yaitu dengan temperature 80°C dengan tekanan 1 atm. Setelah seluruh komponen tercampur secara homogen, campuran didinginkan lebih lanjut hingga mencapai temperatur penyimpanan sehingga terbentuk produk akhir berupa *grease* dengan struktur semi padat yang stabil.

(McGuire, N. 2017)

1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada teori perancangan pabrik kimia yang menyatakan bahwa faktor ketersediaan bahan baku, transportasi, utilitas, dan kedekatan pasar merupakan pertimbangan utama dalam penentuan lokasi industri proses (Peters, dkk., 2003; Towler dan Sinnott, 2013).

Provinsi Riau merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di Indonesia sehingga menjamin ketersediaan bahan baku utama berupa *Crude Palm Oil* (CPO) (Badan Pusat Statistik, 2023). Kota Dumai sebagai kawasan industri dan pelabuhan ekspor CPO memiliki infrastruktur yang mendukung kegiatan industri kimia skala besar. Selain itu, kebijakan pemerintah dalam mendorong hilirisasi industri kelapa sawit turut memperkuat pemilihan lokasi ini (Kementerian Perindustrian RI, 2021).

Dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan kebijakan tersebut, Kawasan Industri Lubuk Gaung, Kota Dumai dipilih sebagai lokasi yang paling strategis untuk pendirian pabrik *grease* berbasis CPO. Pabrik *grease* berbasis *Crude Palm Oil* (CPO) dengan kapasitas 150.000 ton/tahun direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Lubuk Gaung, Kota Dumai, Provinsi Riau (1,694° LU; 101,447° BT). Lokasi ini dekat dengan sumber CPO seperti PT Wilmar Nabati Indonesia serta memiliki akses pelabuhan internasional. Faktor primer meliputi ketersediaan bahan baku, transportasi, utilitas, dan kedekatan pasar. Faktor sekunder meliputi ketersediaan lahan, kebijakan hilirisasi, dan tenaga kerja.

1.10.1 Faktor Primer

Faktor primer merupakan faktor utama yang secara langsung mempengaruhi kelangsungan operasional pabrik.

1. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor primer dalam penentuan lokasi pabrik kimia. Menurut Peters (2003), kedekatan terhadap sumber bahan baku akan memengaruhi kontinuitas pasokan, biaya transportasi, serta stabilitas operasional pabrik. Oleh karena itu, analisis ketersediaan bahan baku dilakukan untuk memastikan bahwa lokasi yang dipilih mampu mendukung kapasitas produksi yang direncanakan.

Bahan baku utama dalam prarancangan pabrik ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO) yang diperoleh dari PT Wilmar Nabati Indonesia yang berlokasi di Dumai, Provinsi Riau. Dengan kapasitas produksi pabrik sebesar 150.000 ton minyak gemuk (*grease*) per tahun dan kebutuhan CPO sebesar 0,9836 kg per kg *grease*, serta dengan asumsi hari operasi pabrik selama 330 hari/tahun. maka kebutuhan CPO harian dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan CPO} &= \text{kebutuhan CPO dalam 1 kg grease} \times \text{kapasitas pabrik} \times \text{hari operasi} \\ &= 0,9835 \times 150.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \\ &= 447 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Dengan kebutuhan CPO harian sebesar 447 ton per hari, maka diperlukan pemasok yang memiliki kapasitas produksi dan distribusi yang memadai. PT Wilmar Nabati Indonesia yang berlokasi di Dumai merupakan salah satu perusahaan pengolahan CPO terbesar di wilayah tersebut dan memiliki fasilitas pengolahan serta penyimpanan CPO dalam skala industri besar. Berdasarkan laporan tahunan Wilmar International (2025), perusahaan ini memiliki kapasitas *refinery* dan pengolahan CPO berkisar 4.100–5.600 ton/hari di Indonesia. Dengan kebutuhan bahan baku pabrik sebesar 447 ton per hari, maka secara proporsional kebutuhan tersebut hanya merupakan sebagian kecil dari kapasitas pengolahan Wilmar, sehingga pasokan bahan baku dinilai mencukupi.

Selain kapasitas produksi yang memadai, kedekatan lokasi pabrik yang direncanakan di Kawasan Industri Lubuk Gaung dengan fasilitas PT Wilmar Nabati Indonesia memberikan keuntungan logistik yang signifikan. Jarak yang relatif dekat

memungkinkan pengiriman bahan baku dilakukan secara rutin menggunakan truk tangki atau sistem pipa industri, sehingga meminimalkan biaya transportasi dan risiko keterlambatan pasokan. Hal ini sesuai dengan prinsip perancangan lokasi pabrik kimia yang menyatakan bahwa kedekatan terhadap sumber bahan baku meningkatkan keandalan operasi dan menurunkan biaya distribusi (Peters, dkk., 2003; Towler dan Sinnott, 2013).

Dengan demikian, berdasarkan kebutuhan harian sebesar 447 ton dan kapasitas produksi fasilitas CPO PT Wilmar di Dumai yang berada pada skala ribuan ton per hari, pasokan bahan baku dinilai mampu mendukung operasi pabrik minyak gemuk (*grease*) kapasitas 150.000 ton/tahun secara berkelanjutan

2. Sarana Transportasi

Sarana transportasi merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik karena memengaruhi biaya logistik bahan baku dan distribusi produk. Kota Dumai memiliki infrastruktur transportasi yang memadai, terutama dengan keberadaan Pelabuhan Dumai yang merupakan salah satu pelabuhan ekspor utama untuk komoditas kelapa sawit dan produk turunannya di Indonesia

Selain transportasi darat, keberadaan Pelabuhan Dumai juga mempermudah distribusi produk *grease* ke pasar domestik maupun ekspor. Menurut Towler dan Sinnott (2013), akses terhadap pelabuhan dan jaringan transportasi utama merupakan faktor strategis dalam menekan biaya distribusi dan meningkatkan daya saing produk industri kimia.

Dengan demikian, lokasi di Kawasan Industri Lubuk Gaung, Dumai, dinilai memiliki keunggulan transportasi baik untuk suplai bahan baku maupun distribusi produk akhir. Hal ini memudahkan pengangkutan bahan baku CPO dari *refinery* serta distribusi produk *grease* ke pasar domestik maupun ekspor.

3. Ketersediaan Utilitas

Ketersediaan utilitas merupakan faktor penting dalam mendukung keberlangsungan operasional pabrik minyak gemuk (*grease*). Pabrik yang direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Lubuk Gaung, Kota Dumai, Provinsi Riau, yang telah berkembang sebagai kawasan industri berbasis kelapa sawit dan industri pengolahan minyak.

a. Penyediaan Air

Kebutuhan air dalam pabrik meliputi:

- Air proses
- Air pendingin (*cooling water*)
- Air domestik
- Air untuk boiler (*boiler feed water*)

Karena lokasi pabrik berada di kawasan industri yang dekat dengan wilayah pesisir dan sungai, maka sistem penyediaan air direncanakan menggunakan Sungai Dumai. Kawasan Industri Lubuk Gaung telah memiliki infrastruktur utilitas yang memadai sehingga mendukung kelangsungan operasional pabrik.

b. Penyediaan Listrik

Pasokan listrik di Kota Dumai disuplai oleh: PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Riau dan Kepulauan Riau. Kawasan Industri Lubuk Gaung telah terhubung dengan jaringan listrik tegangan menengah dan tinggi yang melayani industri skala besar, termasuk fasilitas pengolahan CPO dan *refinery*.

Sebagai tambahan, untuk menjamin kontinuitas operasional, pabrik direncanakan memiliki:

- Genset cadangan (*backup generator*)
- Sistem panel distribusi internal
- Proteksi kelistrikan industri

c. Penyediaan Steam dan Energi Termal

Proses saponifikasi memerlukan pemanasan sehingga dibutuhkan sistem boiler untuk menghasilkan uap (*steam*). Di Dumai, bahan bakar boiler dapat diperoleh dari:

- Bahan bakar industri (solar industri atau gas)
- Biomassa kelapa sawit (cangkang dan fiber sawit)

Kedekatan lokasi dengan industri kelapa sawit memungkinkan pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan bakar alternatif boiler, yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan

d. Sistem Pengolahan Limbah

Sebagai kawasan industri, Dumai telah memiliki infrastruktur pengelolaan limbah industri. Pabrik akan dilengkapi dengan:

- Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
- Sistem pengendalian emisi
- Sistem pengelolaan limbah padat

Hal ini sesuai dengan peraturan lingkungan yang berlaku serta mendukung aspek keberlanjutan operasional

4. Kedekatan dengan Pasar

Kedekatan dengan pasar merupakan faktor strategis dalam menentukan lokasi pabrik karena memengaruhi biaya distribusi dan daya saing produk. Produk minyak gemuk (*grease*) digunakan secara luas dalam sektor industri otomotif, alat berat, manufaktur, pertambangan, dan transportasi.

Produk *grease* banyak digunakan dalam industri otomotif, alat berat, manufaktur, dan pertambangan. Kota Dumai memiliki akses langsung ke jalur distribusi nasional melalui Jalan Lintas Sumatera serta akses ekspor melalui Pelabuhan Dumai. Hal ini memungkinkan produk *grease* didistribusikan ke wilayah Sumatera, Pulau Jawa, maupun pasar ekspor.

Dengan kapasitas 150.000 ton/tahun, strategi pemasaran pabrik tidak hanya berfokus pada pemenuhan kebutuhan domestik, tetapi juga pada pasar ekspor. Keberadaan pelabuhan internasional di Dumai memberikan keunggulan kompetitif dalam menekan biaya pengiriman dibandingkan lokasi yang jauh dari pelabuhan. Towler dan Sinnott (2013) menyatakan bahwa lokasi yang dekat dengan pasar atau pelabuhan ekspor akan meningkatkan efisiensi distribusi dan memperkuat posisi kompetitif produk di pasar global.

Dengan mempertimbangkan akses distribusi domestik dan ekspor, lokasi Dumai dinilai strategis dalam mendukung pemasaran produk minyak gemuk (*grease*) secara berkelanjutan.

1.10.2 Faktor Sekunder

Selain faktor primer, pemilihan lokasi pabrik juga mempertimbangkan faktor sekunder yang meliputi aspek tenaga kerja, kebijakan pemerintah, kondisi

sosial dan lingkungan, kondisi geografis, serta potensi pengembangan jangka panjang. Menurut Peters (2003), faktor sekunder tetap memiliki peranan penting dalam menentukan keberlanjutan operasional dan efisiensi ekonomi suatu pabrik kimia.

1. Ketersediaan Lahan

Kawasan Industri Lubuk Gaung menyediakan lahan industri yang cukup luas dengan harga relatif kompetitif dibandingkan kawasan industri di Pulau Jawa. Untuk kapasitas 150.000 ton/tahun, diperlukan lahan sekitar $\pm$ 10 hektar yang masih memungkinkan pengembangan kapasitas di masa mendatang.

2. Kondisi Iklim dan Geografis

Provinsi Riau memiliki iklim tropis dengan suhu yang relatif stabil sepanjang tahun tanpa fluktuasi ekstrem (BMKG, 2023). Kondisi ini mendukung operasional pabrik secara kontinu karena tidak memerlukan perlindungan khusus terhadap suhu rendah atau perubahan iklim ekstrem.

Secara geografis, wilayah Dumai relatif datar dan berada dekat dengan pelabuhan internasional, sehingga memudahkan pembangunan infrastruktur pabrik dan distribusi produk. Towler dan Sinnott (2013) menyatakan bahwa kondisi geografis yang mendukung akan menurunkan biaya konstruksi serta meningkatkan efisiensi distribusi

3. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia mendorong pengembangan industri hilir kelapa sawit guna meningkatkan nilai tambah produk dalam negeri. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2021) menyatakan bahwa hilirisasi sawit merupakan strategi nasional dalam memperkuat struktur industri dan mengurangi ketergantungan ekspor bahan mentah.

Pendirian pabrik minyak gemuk berbasis *Crude Palm Oil* (CPO) sejalan dengan kebijakan tersebut karena menghasilkan produk turunan dengan nilai ekonomi lebih tinggi dibandingkan CPO mentah. Selain itu, Provinsi Riau sebagai salah satu produsen CPO terbesar di Indonesia memiliki dukungan kebijakan daerah yang berpihak pada pengembangan industri pengolahan (Badan Pusat Statistik, 2024).

4. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja merupakan salah satu pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pabrik karena berpengaruh terhadap biaya operasional dan stabilitas produksi. Kota Dumai merupakan salah satu pusat industri pengolahan kelapa sawit di Provinsi Riau, sehingga memiliki tenaga kerja yang telah terbiasa dengan aktivitas industri proses dan manufaktur (Badan Pusat Statistik, 2023).

Untuk pengoperasian pabrik minyak gemuk (*grease*) kapasitas 150.000 ton/tahun, dibutuhkan tenaga kerja pada bagian operasi proses, utilitas, laboratorium pengendalian mutu, pemeliharaan (*maintenance*), serta manajemen dan administrasi. Keberadaan tenaga kerja lokal yang memiliki pengalaman di sektor industri sawit memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya rekrutmen dan pelatihan. Menurut Towler dan Sinnott (2013), ketersediaan tenaga kerja terampil merupakan faktor penting dalam menjamin kelancaran operasi industri kimia.

1.10.3 Lokasi Terpilih

Berdasarkan analisis faktor primer dan sekunder di atas, maka lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik *grease* berbasis CPO kapasitas 150.000 ton/tahun adalah: Kawasan Industri Lubuk Gaung, Kecamatan Sungai Sembilan, Kota Dumai, Provinsi Riau.

Lokasi ini dinilai paling optimal karena memiliki keunggulan dalam ketersediaan bahan baku, akses transportasi, infrastruktur utilitas, serta dukungan kebijakan industri hilirisasi kelapa sawit. Untuk memperjelas karakteristik lokasi yang dipilih, berikut disajikan ringkasan data lokasi pabrik *grease* berbasis CPO di Kawasan Industri Lubuk Gaung, Kota Dumai yang dapat dilihat pada Tabel 1.18.

Tabel 1.18 Ringkasan Data Lokasi Pabrik *Grease*

No.	Parameter	Keterangan
1.	Lokasi	Kawasan Industri Lubuk Gaung, Sungai Sembilan, Dumai, Riau
2.	Koordinat Geografis	1,694° LU dan 101,447° BT
3.	Ketinggian	± 5–10 m di atas permukaan laut
4.	Luas Lahan	± 10 hektar (100.000 m ²)

No.	Parameter	Keterangan
5.	Kapasitas Pabrik	150.000 ton/tahun
6.	Jarak ke Pelabuhan Dumai	± 7 km
7.	Jarak ke Pusat Kota Dumai	± 10 km
8.	Jarak ke Pemasok CPO	$\pm 5-8$ km
9.	Akses Transportasi	Jalan Lintas Sumatera & Jalan Industri
10.	Zona Wilayah	Kawasan Industri Resmi
11.	Ketersediaan Utilitas	Listrik PLN industri, air proses, akses bahan bakar
12.	Potensi Ekspansi	Tersedia Lahan Pengembangan

Berdasarkan ringkasan data lokasi tersebut, Kawasan Industri Lubuk Gaung memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis untuk pendirian pabrik *grease* berbasis CPO. Lokasi ini memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan bahan baku, akses transportasi, serta infrastruktur industri yang memadai sehingga mendukung kelangsungan operasional pabrik secara efisien dan berkelanjutan. Lokasi Pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.9 berikut:



Gambar 1.9 Lokasi Pendirian Pabrik *Grease*