

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kementerian Perindustrian Indonesia telah mengidentifikasi pengembangan industri kimia sebagai salah satu prioritas utama dalam rencana pembangunan jangka menengah. Dari tahun 2020 hingga 2030, program pengembangan ini bertujuan untuk memperkuat komoditas pada sektor hulu dan mengurangi ketergantungan terhadap produk petrokimia impor seperti *ethylene*, *propylene*, *butadiene*, *polyethylene* (PE), dan *polypropylene* (PP) menjadi fokus utama dalam upaya substitusi terhadap impor, untuk memenuhi permintaan dalam negeri yang terus meningkat. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas produksi di sektor ini menjadi sangat penting. (Portal Informasi Indonesia, 2022)

Penggunaan produk plastik di Indonesia sangat beragam, dengan industri pengemasan makanan dan minuman mendominasi, mencapai sekitar 60% dari total penggunaan. Sektor lainnya meliputi bangunan dan peralatan rumah tangga (15%), otomotif (8%), serta sektor pertanian dan hortikultura. Keberagaman penggunaan ini mencerminkan peran penting plastik dalam mendukung berbagai aktivitas ekonomi dan kebutuhan masyarakat. Analisis dari konsultan Nexant menunjukkan bahwa konsumsi *Polyolefin* di Indonesia masih tergolong rendah, yakni hanya 13 juta ton, dibandingkan dengan rata-rata konsumsi di Asia yang mencapai 21 juta ton. (Chandra Asri, 2022)

Polyethylene (PE) adalah resin sintetis yang ringan dan sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, terbuat dari etilen dan termasuk dalam kelompok resin *polyolefin*. Dengan produksi yang mencapai volume tertinggi di dunia, *polyethylene* dianggap sebagai plastik yang paling umum digunakan, berkontribusi signifikan terhadap berbagai sektor industri. Keberadaan *polyethylene* di berbagai aplikasi, mulai dari kemasan makanan transparan, tas belanja, botol deterjen, hingga komponen otomotif seperti tangki bahan bakar, mencerminkan fleksibilitas dan kepraktisan material ini. Selain itu, kemampuannya untuk dimodifikasi guna mencapai sifat elastis yang mirip dengan karet menambah daya tarik *polyethylene*

dalam berbagai inovasi produk. Terdapat beberapa jenis *polyethylene*, seperti *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), dan *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* (UHMWPE), masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi yang berbeda. (Ruitai Mould, 2024)

LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) merupakan material dengan tingkat fleksibilitas tertinggi dibandingkan bahan lainnya meskipun terpapar tekanan. Hal ini memastikan material tetap lentur bahkan setelah digunakan, berbeda dengan bahan lain yang cenderung menjadi kaku. LLDPE juga memiliki ketahanan luar biasa terhadap sobekan dan tusukan. Material ini juga sangat tahan terhadap perubahan suhu dan kondisi cuaca yang ekstrem. Selain itu, LLDPE menawarkan manfaat tambahan seperti ketahanan terhadap bahan kimia, kemampuan melindungi permukaan dengan optimal, dan sifat yang sangat lentur. Material ini sangat cocok digunakan untuk kemasan fleksibel yang mampu melindungi barang-barang dengan bentuk tidak beraturan sekalipun. (Ipoly-uk, 2023)

LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) merupakan salah satu jenis polimer yang memiliki peran penting dalam industri plastik. Diperoleh melalui proses polimerisasi *ethylene* dengan komonomer *alfa-olefin*, seperti *butena-1*, *heksena-1*, atau *oktena-1*. Proses pembuatan LLDPE dilakukan melalui reaksi katalitik, yang menggunakan berbagai jenis katalis seperti Ziegler-Natta, Metallocene, atau Phillips. Proses ini dapat dilakukan dalam berbagai kondisi, termasuk reaktor bertekanan rendah dengan teknologi proses fasa gas, fasa slurry, atau fasa cair. (INAPLAS, 2024). Dengan karakteristik fisik yang unik, LLDPE menawarkan kombinasi kekuatan, elastisitas, dan ketahanan terhadap suhu dan bahan kimia, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai penggunaan. LLDPE banyak digunakan dalam berbagai sektor, termasuk pengemasan, film pertanian, dan aplikasi konstruksi. Dalam industri kemasan misalnya LLDPE digunakan untuk membuat kantong plastik, pembungkus makanan, dan film pelindung, berkat sifatnya yang ringan dan kuat.

Berdasarkan laporan tahunan PT Chandra Asri Petrochemical tahun 2023, terdapat dua pabrik yang memproduksi LLDPE, yaitu PT Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas 736.000.000 kg/tahun dan PT Lotte Chemical Titan

dengan kapasitas 200.000.000 kg/tahun. Meskipun kedua pabrik ini berkontribusi pada produksi LLDPE dalam negeri, Tetapi kebutuhan impor *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) di Indonesia masih menunjukkan angka yang sangat tinggi, mencapai 536.108 ton per tahun pada tahun 2023 (BPS, 2024). Salah satu faktor penyebabnya adalah kebutuhan LLDPE di Indonesia terus meningkat tiap tahunnya dengan kenaikan mencapai 1.75% per tahun, sehingga belum dapat memenuhi kebutuhan nasional secara optimal. Untuk mengatasi kekurangan ini, pemerintah dan industri terpaksa mengandalkan impor LLDPE. Kebutuhan impor yang tinggi ini menjadi perhatian utama, karena dapat mempengaruhi stabilitas harga dan ketahanan industri dalam negeri.

Dengan latar belakang tersebut, untuk memenuhi kebutuhan LLDPE dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap produk impor, diperlukan perencanaan dalam pendirian pabrik LLDPE baru di Indonesia. Hal ini tidak hanya akan mendukung keberlanjutan industri petrokimia nasional, tetapi juga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun mengurangi ketergantungan pada impor dan mendorong pertumbuhan industri lokal. Pengembangan pabrik LLDPE yang efisien dan berkelanjutan diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi perekonomian nasional dan menciptakan lapangan kerja baru.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pendirian pabrik LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) yang akan didirikan yaitu:

1. Memenuhi kebutuhan LLDPE dalam negeri sehingga mengurangi kebutuhan impor.
2. Membuka lapangan pekerjaan baru bagi penduduk disekitar lokasi kegiatan.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Ethylene

Ethylene atau bisa disebut Etena, merupakan alkena paling sederhana yang tersusun dari dua atom karbon dan empat atom hidrogen (C_2H_4), di mana kedua

atom karbonnya terhubung oleh ikatan rangkap. Karena adanya ikatan rangkap ini, etena dikategorikan sebagai hidrokarbon tak jenuh dan dikenal juga sebagai olefin.

Ethylene dimanfaatkan industri sebagai bahan baku petrokimia, terutama dalam pembuatan plastik seperti polietilena. Selain itu, etilena juga digunakan dalam pembakaran dan dapat diubah menjadi jenis bahan bakar lain seperti bensin atau solar melalui proses kimia tertentu seperti oligomerisasi. Gas ini mudah terbakar dan dapat dimanfaatkan dalam mesin pembakaran serta sistem pemanas. Etilena juga digunakan dalam pembuatan berbagai bahan kimia penting lainnya seperti etilena glikol, etilbenzena, dan stirena. Sumber etilena meliputi gas alam, minyak bumi, serta sumber terbarukan seperti etanol.

1.3.2 *Polyethylene*

Polyethylene adalah polimer termoplastik yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Polimer ini terbuat dari monomer *ethylene* dan dikenal karena ketahanannya terhadap asam dan basa, meskipun tidak larut dalam pelarut apapun pada suhu kamar. *Polyethylene* juga tahan terhadap asam nitrat pekat. (Ahdiatma dan Titis, 2021).

Sejarah penemuan *Polyethylene* dimulai pada tahun 1898 ketika seorang ahli kimia Jerman, Hans Von Pechman, secara tidak sengaja mensintesis *Polyethylene* dari pemanasan *diazomethane*. Secara industri, *Polyethylene* pertama kali disintesis oleh E.W. Fawcett di Laboratorium Imperial Chemical Industries, Ltd. (ICI) di Inggris pada tahun 1936, dengan menggunakan tekanan tinggi (1446,52 kg/cm²) dan suhu 170 °C.

Polyethylene diperkenalkan secara komersial pada tahun 1940, dengan produk pertama berupa *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang dihasilkan pada tekanan tinggi. Seiring perkembangan teknologi, produksi *Polyethylene* terus meluas. Pada tahun 1953, Ziegler menemukan metode organometalik untuk sintesis *Polyethylene*, yang menghasilkan *Polyethylene* tanpa tekanan pada tahun berikutnya. Saat ini, *Polyethylene* adalah jenis polimer yang paling banyak diproduksi di dunia, berkat aplikasinya yang luas dalam berbagai industri.

Polyethylene adalah bahan yang tidak dapat terurai secara alami, sehingga sifat ini menjadikannya sangat ideal untuk didaur ulang. Produk yang terbuat dari *polyethylene* dapat dilunakkan dan dibentuk kembali menjadi berbagai produk berguna lainnya. Selain itu, *polyethylene* memiliki ketahanan yang baik terhadap kontaminasi kimia, sehingga produk daur ulang dari *polyethylene* aman untuk digunakan. (Tokoplas, 2020).

1.3.3 Proses Polimerisasi

Reaksi polimerisasi merupakan suatu proses di mana monomer, yang terdiri dari molekul-molekul kecil, bergabung untuk membentuk polimer yang lebih besar. Istilah lain yang sering digunakan untuk polimer adalah makromolekul. Ikatan kovalen yang kuat menghubungkan setiap atom dalam polimer, menciptakan daya tarik yang stabil. Walaupun ada gaya tarik antar molekul dalam polimer, seperti ikatan *hidrogen* dan gaya van der Waals, kekuatan gaya tersebut umumnya lebih lemah dibandingkan ikatan kovalen. Di samping itu, polimer memiliki struktur rantai molekul yang dapat diukur dengan suatu parameter yang disebut derajat polimerisasi. Derajat polimerisasi adalah metode untuk menentukan panjang rata-rata dari rantai polimer, yang bervariasi tergantung pada jenis polimer dan metode pembentukannya (Dewi, S, 2024).

Berdasarkan Susunan Rantai, jenis-jenis polimer dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a) Polimer Linier

Ini adalah jenis polimer yang memiliki rantai panjang dengan susunan berulang dan ikatan yang saling terkait.

b) Polimer Bercabang

Jenis polimer ini ditandai dengan adanya cabang-cabang yang memiliki panjang bervariasi pada rantai utamanya.

c) Polimer Tiga Dimensi

Polimer ini adalah polimer linier yang terhubung satu sama lain untuk membentuk struktur tiga dimensi.

Menurut Byrson, J.A. pada tahun 1995, reaksi polimerisasi dapat terjadi dalam tiga fase: cair, gas, dan padat. Proses polimerisasi yang paling umum digunakan awalnya adalah dalam fase cair atau larutan. Tantangan utama dalam proses ini adalah tingginya biaya pemisahan katalis dan sisa pelarut dari produk. Pada tahun 1970-an, reaksi polimerisasi mengalami perkembangan dengan penggunaan katalis yang lebih efisien. Salah satu keunggulan proses fase gas adalah tidak perlunya pemisahan katalis dari polimer, karena katalis sudah terintegrasi dalam produk. Namun, ada kesulitan utama dalam proses ini, yaitu pengendalian aktivasi katalis dan potensi terbentuknya oligomer. Oligomer adalah rangkaian beberapa molekul yang bukan polimer, seperti dimer, trimer, dan tetramer.

Faktor utama yang menentukan keberhasilan proses polimerisasi adalah jenis katalis yang digunakan. Katalis ini harus memiliki aktivitas tinggi namun mudah untuk dikendalikan. Katalis yang sering digunakan adalah katalis organometalik seperti TiCl_4 . Pada tahun 1936, perusahaan Imperial College Industry (ICI) mematenkan proses dasar polimerisasi etilen, yang menghasilkan *Polyethylene* jenis LLDPE dengan kondisi tekanan tinggi. Kemudian, pada tahun 1954, metode baru muncul dalam reaksi polimerisasi etilen melalui proses Ziegler, yang menggunakan katalis aluminium alkil (TiCl_4). Dengan metode ini, *Polyethylene* dapat diproduksi pada tekanan dan suhu yang lebih rendah (Ahdiatma dan Titis, 2021)

1.3.4 Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)

Linier Low Density Polyethylene (LLDPE) adalah jenis kopolimer yang terbentuk dari *ethylene* dan alkena lainnya, seperti *butena-1*, *heksena-1*, atau *oktena-1*. LLDPE memiliki density antara $0.915 - 0.940 \text{ g/cm}^3$. Struktur molekul LLDPE pada dasarnya linier, dengan komonomer yang membentuk rantai pendek dan teratur sepanjang tulang punggung karbon. Meskipun memiliki sifat yang mirip dengan *Low Density Polyethylene* (LDPE), LLDPE menawarkan kekuatan yang lebih tinggi dan sedikit lebih baik dalam hal sifat penghalang.

Salah satu karakteristik utama LLDPE adalah kemampuan ekstensi yang sangat tinggi sebelum mengalami keretakan, menjadikannya pilihan yang ideal untuk berbagai aplikasi, terutama dalam pembuatan stretch film. Selain itu, LLDPE

juga memiliki tingkat transparansi yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan LDPE. Sekitar 70% dari total penggunaan LLDPE diarahkan untuk produksi film (A. Lambang, 2012). Penggunaan ini mencakup kemasan sekunder dan tersier, seperti stretch film palet. Selain itu, LLDPE juga banyak digunakan untuk kemasan primer, seperti karung, kantong plastik eceran, kantong produk, dan kantong makanan beku. Sifat LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) yang tidak mudah pecah dan fleksibel membuatnya semakin diminati di berbagai sektor industri. Kemampuannya untuk menahan tekanan dan pendinginan menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan dan elastisitas

1.4 Pemilihan Proses

Terdapat beberapa macam proses polimerisasi yang dapat digunakan untuk mengubah *ethylene* menjadi *Linear Low Density Polyethylene*, yaitu *fase slurry*, *fase liquid*, dan *fase gas*:

a. Proses Suspension (*Fase Slurry*)

Pembentukan *polyethylene* dalam bentuk suspensi dalam pelarut hidrokarbon pertama kali dipatenkan oleh Ziegler. Pada tekanan tertentu katalis ziegler dapat menghasilkan yield yang tinggi, dengan kondisi temperatur di mana *polyethylene* tidak larut dalam diluent tersebut. Di sisi lain, proses Philips ditemukan di laboratorium sebagai proses suspension yang menggunakan katalis Ziegler dan Philips. Namun, karena lisensinya terbatas pada penggunaan katalis, terdapat banyak perbedaan dalam desain proses. Secara umum, proses *slurry* dibagi menjadi dua jenis:

➤ Proses autoclave

Tekanan yang diterapkan berkisar antara 0,5 hingga 1,0 MPa menggunakan reaktor besar sekitar 100 m³, dengan suhu reaksi antara 80 hingga 90 °C. Diluen yang digunakan adalah hidrokarbon dengan titik didih rendah, seperti heksana. Katalis dicampur dengan diluen menjadi campuran *slurry* di dalam tangki pencampur sebelum dimasukkan ke reaktor. Untuk mempercepat reaksi, dilakukan pemisahan diluen yang akan didaur ulang ke

dalam reaktor. Polimer dikeringkan dalam dryer bed fluida yang terus menerus dialiri nitrogen.

➤ Proses loop reactor

Reaktor beroperasi pada suhu 85 °C dan tekanan 35 atm dengan menggunakan katalis Ziegler. Isobutane digunakan sebagai pelarut. Katalis dimasukkan ke dalam reaktor bersama pelarut dari tangki slurry. Setelah proses reaksi, isobutane diuapkan dalam tangki flash, kemudian dikondensasikan dan didaur ulang. Beberapa perusahaan yang mengembangkan proses slurry ini antara lain USI, El Paso/ Rexene/ Montedison, Philips Petroleum, Solvey, Showa-Denko, dan Ziegler.

b. Proses Solution (*Fase Liquid*)

Solution process ini telah diperkenalkan oleh sejumlah perusahaan seperti Du Pont, Dow, DSM, dan Mitsui untuk menghasilkan HDPE dan LLDPE. Salah satu metode yang paling dikenal adalah Sclairtech, yang dikembangkan oleh Du Pont Kanada pada tahun 1960. Pada proses ini, suhu reaksi dalam reaktor berkisar antara 200 hingga 300 °C dengan tekanan reaktor mencapai 10 MPa. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, etylene dilarutkan dalam pelarut seperti *cyclohexane*, dan kemudian dikirimkan ke reaktor dengan proporsi 25% *ethylene*. Di dalam reaktor, konversi reaksi yang terjadi mencapai 95%, dengan residence time reaktan sekitar 2 menit. Katalis yang umum digunakan adalah kombinasi VOCl_3 dan TiCl_4 yang diaktifkan dengan aluminium alkil.

c. Proses Polimerisasi Vapor (*Fase Gas*)

Proses produksi *polyethylene* yang menggunakan fase gas, yang dikenal sebagai proses Unipol dari Union Carbide Corporation, memanfaatkan reaktor jenis fluidized bed. Dalam reaktor ini, kondisi reaksi diatur pada suhu antara 80 hingga 100 °C, bervariasi sesuai dengan densitas produk yang diinginkan. Untuk tekanan proses, rentangnya adalah antara 0,7 hingga 2 MPa. Banyak reaktor fluidized bed yang telah dirancang sebagai pabrik multifungsi, mampu menghasilkan LLDPE atau HDPE, tergantung pada kebutuhan pasar.

Tabel yang tersedia menunjukkan perbandingan berbagai proses pembuatan *Linear Low Density Polyethylene*. Dalam tabel ini, terdapat berbagai jenis metode produksi LLDPE yang disertai dengan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk membantu dalam memilih proses produksi yang paling sesuai untuk LLDPE.

Tabel 1.1 Analisis Perbandingan Proses

Parameter	Jenis Proses		
	Fase Slurry	Fase Cair	Fase Gas
Tipe Reactor	Loop, Continuos Stirred Tank Reactor	Continuos Stirred Tank Reactor	Fluidized bed
Temperatur (°C)	80 – 100 °C	200 – 300 °C	80 – 100 °C
Tekanan (Mpa)	80 – 100	10	0.7 – 2
Residence Time	2 – 6 Menit	1 Jam	1 – 5 Jam
Konversi Reaksi	92%	95%	99%
Solven	Hidrokarbon	Propana, Isobutana, Hexana	-
Katalis	Ziegler-Natta	Chromium	Ziegler-Natta

Tabel 1.2 Hasil Analisis Perbandingan Proses

No	Parameter	Bobot (%)	Jenis Proses					
			Fase Slurry		Fase Cair		Fase Gas	
			Nilai	BxN	Nilai	BxN	Nilai	BxN
1	Tipe Reaktor	20	100	20	100	20	100	20
2	Temperatur (°C)	25	100	25	75	18.75	100	25
3	Tekanan (Mpa)	20	50	10	75	15	100	20
4	Residence Time	15	100	15	75	11.25	50	7.5

5	Konversi Reaksi	10	92	9.2	95	9.5	99	9.9
6	Solven	5	75	3.75	75	3.75	100	5
7	Katalis	5	100	5	100	5	100	5
Jumlah		100		87.95		83.25		92.4

Berdasarkan penjelasan di atas, proses gas dipilih dengan mempertimbangkan beberapa alasan :

1. Proses ini mudah dioperasikan karena kemudahannya dan biaya operasional yang rendah.
2. Menggunakan fase gas tanpa pelarut, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya aglomerasi.
3. Hasil produk memiliki tingkat kemurnian yang tinggi dan produk yang dihasilkan seragam.
4. Kondisi operasional berlangsung pada suhu dan tekanan rendah (80-100 °C dan 0,7-2 MPa).
5. Tingkat konversi reaksi mencapai 99%, sehingga secara ekonomi, proses ini layak untuk dilakukan.

1.5 Kapasitas Perancangan

Kapasitas merupakan elemen yang penting dalam mendirikan suatu pabrik LLDPE, karena menentukan seberapa banyak produk yang dapat dihasilkan untuk memenuhi permintaan pasar. Dalam perencanaan kapasitas, analisis pasar yang cermat juga diperlukan untuk memastikan bahwa pabrik dapat beroperasi secara efisien dan menguntungkan. Dengan kapasitas yang tepat, pabrik tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan konsumen, tetapi juga berpotensi untuk meningkatkan daya saing di industri petrokimia khususnya produk LLDPE.

1.5.1 Data Kebutuhan Impor Ekspor dan Produksi LLDPE di Indonesia

Data impor LLDPE di Indonesia didapatkan dari Badan Pusat Statistik. Data tersebut dapat diketahui dari besarnya impor LLDPE dalam range 5 tahun dari tahun 2019 sampai tahun 2023, sesuai pada Tabel 1.2 :

Tabel 1.3 Data Kebutuhan Impor LLDPE Tahun 2019-2023

Tahun	Impor (Ton)
2019	517.329
2020	422.353
2021	461.200
2022	462.983
2023	536.108

(Sumber : www.bps.go.id, Juni 2024)

Berdasarkan tabel di atas, jumlah impor produk LLDPE di Indonesia menunjukkan kenaikan yang signifikan. Kebutuhan LLDPE di Indonesia masih sangat bergantung pada impor dari luar negeri. Pada tahun 2023, Indonesia mencatat angka impor tertinggi, yaitu sebesar 536.108 ton. Pendirian pabrik baru diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan LLDPE domestik, tetapi juga berkontribusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, dengan menghasilkan produk yang berkualitas dan berkelanjutan untuk pasar lokal.

Di Indonesia, terdapat dua pabrik yang memproduksi *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), namun kapasitas produksi dari kedua pabrik masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Data produsen LLDPE tersebut sesuai pada tabel 1.3 :

Tabel 1.4 Data Produsen LLDPE di Indonesia

Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/ Tahun)
PT. Chandra Asri Petrochemical	Cilegon, Banten	736.000
PT. Lotte Chemical Titan Nusantara	Cilegon, Banten	200.000

Produksi LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) di dalam negeri saat ini mencapai total kapasitas terpasang sebesar 936.000 ton/ tahun, yang dihasilkan oleh dua pabrik yang telah beroperasi. Dalam proyeksi hingga tahun 2028, diasumsikan tidak akan ada pabrik LLDPE baru yang dibangun, sehingga kapasitas produksi domestik tetap pada angka 936.000 ton per tahun.

1.5.2 Sumber Tenaga Kerja

Dari data yang sudah ada diatas , maka peluang kapasitas produksi pabrik LLDPE dapat dihitung dengan menggunakan metode pendekatan pertumbuhan rata-rata pertahun , berikut adalah persamaannya :

$$\% \text{ pertumbuhan} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100$$

Tabel 1.5 Data Kebutuhan Impor LLDPE Tahun 2019-2023

Tahun	Impor (Ton)	% Pertumbuhan Impor
2019	517.329	-
2020	422.353	-18.36%
2021	461.200	9.20%
2022	462.983	0.39%
2023	536.108	15.79%
Jumlah “% P”		7.02%
Rata-rata “i”		1.75%

(Sumber : www.bps.go.id, Juni 2024)

Berdasarkan data statistik, kebutuhan LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) di Indonesia menunjukkan fluktuasi dengan rata-rata peningkatan sebesar 1,75% per tahun. Jika proyeksi pabrik dilakukan untuk tahun 2028, kita dapat menghitung perkiraan kebutuhan LLDPE. Dengan memasukkan angka awal kebutuhan LLDPE dan menerapkan tingkat pertumbuhan tersebut selama periode waktu yang relevan, kita akan memperoleh estimasi yang lebih akurat mengenai

permintaan di masa depan. Perhitungan ini sangat penting untuk perencanaan produksi dan pengembangan strategi pemasaran yang efektif. Maka perhitungan tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$F = F_0 (1 + i)^n$$

Keterangan :

F : Perkiraan kebutuhan LLDPE pada tahun 2028 (Ton)

F_0 : Kebutuhan LLDPE tahun terakhir dari data (2023)

n : selisih tahun

i : pertumbuhan rata-rata per tahun

(Peters and Timmerhaus 1991)

Diperkirakan kebutuhan LLDPE untuk tahun 2028 Sebesar:

Diketahui :

$$F_0 = 536.108$$

$$i = 1.75\%$$

$$n = 2028 - 2023 = 5$$

Perhitungan :

$$F = 536.108 (1 + 1.75\%)^5$$

$$m = 584.688 \text{ Ton}$$

Berdasarkan data proyeksi kebutuhan impor LLDPE sebesar 1,75% per tahun, perhitungan menunjukkan bahwa perkiraan jumlah kebutuhan LLDPE pada tahun 2028 akan mencapai 584.688 ton.

Data supply merupakan total dari proyeksi kebutuhan impor pada tahun operasi pabrik dan produksi LLDPE yang telah berdiri dalam negeri, sehingga :

$$\text{Supply} = \text{proyeksi kebutuhan impor tahun 2028} + \text{produksi domestik}$$

(Ahdiatma dan Titis, 2021)

$$\text{Supply} = 584.688 \text{ ton} + 936.000 \text{ ton}$$

$$\text{Supply} = 1.520.688 \text{ ton/tahun}$$

Karena kebutuhan LLDPE di dalam negeri sangat besar dan belum dapat sepenuhnya dipenuhi oleh produksi lokal, maka Indonesia masih bergantung pada impor untuk mencukupi permintaan tersebut. Oleh karena itu, diasumsikan bahwa tidak ada ekspor LLDPE dari Indonesia ke luar negeri. Dengan mengabaikan nilai ekspor, maka konsumsi LLDPE di Indonesia tahun 2028 dianggap setara dengan supply, yaitu sebesar 1.520.688 ton/tahun.

Penetapan kapasitas pabrik baru dilakukan dengan mempertimbangkan penyesuaian terhadap ketersediaan bahan baku. Saat ini, *ethylene* yang diproduksi oleh PT Chandra Asri Petrochemical sepenuhnya digunakan untuk kebutuhan internal dalam memproduksi *polyethylene*, dan diasumsikan tidak ada peningkatan kapasitas produksi domestik. Kapasitas produksi *ethylene* dari PT Chandra Asri Petrochemical sebesar 900.000 ton/tahun, dengan penggunaan internal sebesar 736.000 ton/tahun. Jika kapasitas produksi *ethylene* ini dijadikan acuan minimum, dengan 60% bahan baku (feed) berasal dari PT Chandra Asri Petrochemical dan sisanya dipenuhi dari luar PT Chandra Asri Petrochemical maupun impor, maka :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas minimum (60\%)} &= \text{Produksi Etylene} - \text{penggunaan internal} \\ &= 900.000 \text{ ton} - 736.000 \text{ ton} \\ &= 164.000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas maksimum (100\%)} &= 273.333 \text{ ton/tahun} \\ &= 275.000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Jadi Kapasitas maksimum pabrik yang akan dibangun ditetapkan sebesar 275.000 ton/tahun.

1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan langkah krusial yang memengaruhi efisiensi operasional dan keberhasilan jangka panjang suatu perusahaan. Beberapa faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain ketersediaan bahan baku, lokasi pasar, sumber energi dan air, ketersediaan tenaga kerja, aksesibilitas dan transportasi, serta iklim dan topografi. Dengan mempertimbangkan semua faktor ini secara menyeluruh, perusahaan dapat

memaksimalkan potensi pertumbuhan dan meminimalkan risiko yang mungkin terjadi.

1.6.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dalam pembuatan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) adalah *ethylene*, yang diproduksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical di Cilegon. Pemilihan fase gas untuk *ethylene* sangat penting, karena proses ini memudahkan konversi menjadi LLDPE dan sesuai dengan teknologi yang diterapkan. *Ethylene* dalam fase gas diperoleh dengan menyambungkan pipa langsung dari *ethylene plant* PT. Chandra Asri Petrochemical. Sebaliknya, jika *ethylene* dibeli dalam fase cair, akan ada proses tambahan untuk mengubahnya menjadi gas, yang dapat meningkatkan kompleksitas dan biaya. Pertimbangan lokasi juga berpengaruh; jika pabrik dibangun di Indramayu atau Cilacap, *ethylene* dalam fase cair akan diangkut dari Cilegon dengan jarak yang cukup jauh, yakni 323,6 km untuk Indramayu dan 477,1 km untuk Cilacap. Dalam kondisi tertentu, jika terjadi kendala pasokan bahan baku, opsi impor dapat diambil untuk memastikan kelancaran produksi.

1.6.2 Lokasi Pemasaran

Pemasaran menjadi kunci utama dalam mencapai keberhasilan suatu perusahaan, termasuk dalam industri plastik seperti LLDPE. Dengan strategi pemasaran yang efektif, pabrik tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan lokal tetapi juga memastikan kelangsungan operasi dan pertumbuhan profit. Fokus pada produsen plastik lokal untuk mendukung pemenuhan kebutuhan domestik, di mana produk tidak dijadikan komoditi ekspor. Selain itu, lokasi pemasaran tidak menjadikan hambatan dalam pemasaran produk dikarenakan proses handling dan transportasi produk yang mudah berupa kemasan dalam karung. Dengan ini, perusahaan dapat lebih mudah mendistribusikan produknya, memberikan nilai tambah baik bagi konsumen maupun untuk keberlanjutan bisnis.

Tabel 1.6 Lokasi Pemasaran

No	Perusahaan	Lokasi
1	PT. Cahaya Plastindo Sejahtera	Sidoarjo

2	PT. Karya Anugerah Makmur	Surabaya
3	PT. Suryasukses Abadi Prima	Surabaya
4	Pacific Botol Plastik	Pekanbaru
5	CV. Prakarsa Buana Sentosa	Semarang
6	PT. Buanaika Syahputra	Cengkareng
7	CV. Anugerah Sejati Multiplast	Surabaya
8	PT. Indopipe	Gresik

1.6.3 Sumber Energi Dan Air

Sumber energi merupakan faktor krusial dalam keberlangsungan operasional suatu pabrik. Menurut Statistik Ketenagalistrikan 2022 dari Kementerian ESDM, kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional per provinsi pada Provinsi Banten memiliki kapasitas pembangkit listrik mencapai 10.422,76 MW, sedangkan Provinsi Jawa Barat memiliki kapasitas terpasang sebesar 10.113,41 MW, dan Jawa Tengah tertinggi dengan 12.209,55 MW. Sumber listrik ini tersebar di berbagai kota dan kabupaten di masing-masing provinsi, dan sumber tenaga listrik ini berasal dari berbagai jenis pembangkit. Dari segi ketersediaan air, baik Banten, Jawa Barat, maupun Jawa Tengah memiliki akses ke sumber air tak terbatas, yaitu air laut. Penggunaan air laut sebagai utilitas pabrik hanya digunakan sebagai media pendingin (*cooling system*) dengan sistem *once through* . Oleh karena itu, penggunaan air laut dianggap lebih menguntungkan secara ekonomis bagi pabrik dalam mendukung proses produksi.

Kebutuhan air tawar untuk operasional dan kepentingan lainnya di Provinsi Banten dapat dipenuhi melalui PT. Krakatau Tirta Industri yang memiliki kapasitas terpasang sebesar 2.600 liter/detik. (Krakautirta.co.id, 2024) Sementara itu, di Indramayu, kebutuhan air tawar disuplai oleh PERUMDA Tirta Darma Ayu dengan kapasitas terpasang sebesar 1.290 liter/detik. (pdamindramayu.co.id, 2018) Dan di Cilacap disuplai oleh PERUMDA Tirta Wijaya dengan kapasitas terpasang 1.530 liter per detik. (pdamcilacap.co.id, 2024).

1.6.4 Sumber Tenaga Kerja

Sumber tenaga kerja menjadi salah satu faktor kunci dalam pembangunan suatu pabrik, terutama ketika mempertimbangkan aspek ekonomi dan sosial. Mempekerjakan masyarakat sekitar tidak hanya mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan perekonomian lokal. Jika pabrik harus merekrut pekerja dari luar daerah, maka akan timbul kebutuhan akan tunjangan tambahan, seperti biaya perumahan bagi karyawan. Menurut data badan pusat statistik tahun 2024, jumlah angkatan kerja di Jawa Tengah mencapai 21.345.923 jiwa, di Banten 6.050.025 jiwa, dan di Jawa Barat 25.875.187 jiwa (Bps.go.id, 2024).

1.6.5 Aksesibilitas Dan Transportasi

Aksesibilitas dan transportasi merupakan faktor peting dalam pendirian lokasi pabrik. Lokasi yang mudah diakses akan mempengaruhi efisiensi operasional dan biaya logistik. Pabrik yang terletak dekat dengan jalur transportasi utama, seperti tol, rel kereta api, atau pelabuhan, memungkinkan pengiriman bahan baku dan distribusi produk jadi menjadi lebih cepat dan ekonomis. Selain itu, keberadaan infrastruktur transportasi yang baik juga mempermudah mobilitas tenaga kerja, dan meningkatkan produktivitas. Dengan mempertimbangkan aksesibilitas dan sistem transportasi yang ada, perusahaan dapat mengoptimalkan *supply chain* yang ada.

Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) yang direncanakan memiliki lokasi strategis di tiga tempat, yaitu Cilegon, Indramayu, dan Cilacap, yang masing-masing terhubung dengan jalur transportasi penting. Lokasi di Cilegon dapat diakses melalui jalan raya anyer maupun jalan tol merak-jakarta dan dekat dengan pelabuhan banten serta pelabuhan merak. Sementara itu, lokasi di Indramayu terhubung ke Jalan Pantura Lohbener-Cirebon dan Pelabuhan Cirebon, dan lokasi di Cilacap berdekatan dengan Jalan MT Haryono serta Pelabuhan Tanjung Intan dan Wijayakusuma. Sarana transportasi ini sangat vital untuk mendukung kelancaran produksi, terutama dalam penyediaan bahan baku. Jika pabrik didirikan di Cilegon, pasokan etilen akan dilakukan melalui pipa, sedangkan untuk Cilacap dan Indramayu, pasokan akan dilakukan melalui pelabuhan atau jalur

darat, mengingat bahan baku tersebut berbentuk cair. Untuk mendistribusikan produk akhir, dapat menggunakan jalur darat untuk memastikan efisiensi dalam proses pemasaran.

1.6.6 Iklim Dan Topografi

Berikut ini adalah kondisi wilayah berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika tahun 2024. Kondisi wilayah ini dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan lokasi pabrik.

1. Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

- Kelembaban udara rata-rata : 76 - 84 %
- Suhu udara rata-rata : 26,5 °C
- Potensi gempa dan tsunami : Ada
- Curah hujan: 2.905 mm/tahun

2. Kota Cilegon, Banten

- Kelembaban udara rata-rata : 77 - 85 %
- Suhu udara rata-rata : 27,3 °C
- Potensi gempa dan tsunami : Ada
- Curah hujan: 1.874 mm/tahun

3. Kota Indramayu, Jawa Barat

- Kelembaban udara rata-rata : 70 – 85 %
- Suhu udara rata-rata : 27.4 °C
- Potensi gempa dan tsunami : Ada
- Curah hujan: 1.567 mm/tahun

Kondisi ketiga kota relatif normal, sehingga tidak diperlukan penanganan khusus terkait penyimpanan bahan baku maupun perawatan peralatan produksi. Stabilitas situasi ini memungkinkan operasional berjalan lancar dan meminimalisir risiko kerusakan atau kerugian yang dapat terjadi akibat faktor eksternal.

1.6.7 Perbandingan Lokasi Pabrik

Setiap pertimbangan dalam pemilihan lokasi memiliki bobot yang berbeda, namun bobot terbesar terletak pada ketersediaan bahan baku. Ketersediaan bahan baku menjadi faktor utama yang harus diperhatikan, karena berpengaruh langsung

kemudahan akses terhadap bahan baku, efisiensi biaya logistik, serta keberlanjutan proses produksi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, analisis terhadap lokasi pabrik sangat penting untuk mengambil keputusan yang tepat. Berikut adalah hasil dari analisis tersebut.

Tabel 1.7 Perbandingan Lokasi Pabrik

No	Parameter	Bobot (%)						
			Cilacap		Cilegon		Indramayu	
			Nilai	BxN	Nilai	BxN	Nilai	BxN
1	Ketersediaan Bahan Baku	30	70	21	100	30	80	24
2	Permintaan Konsumen	25	80	20	90	22.5	90	22.5
3	Ketersediaan Air	15	90	13.5	90	13.5	70	10.5
4	Ketersediaan Energi	15	90	13.5	100	15	80	12
5	Ketersediaan Lahan	5	90	4.5	80	4	90	4.5
6	Tenaga Kerja	5	100	5	100	5	100	5
7	Faktor Alam	5	70	3.5	90	4.5	80	4
Jumlah		100		81		94.5		82.5

1.6.8 Peta Lokasi



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik LLDPE di Cilegon, Banten