



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri plastik sendiri dinilai sangat menjanjikan di era revolusi industri 4.0 ini, dikarenakan memiliki banyak manfaat dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Plastik sendiri sering ditemukan dalam berbagai jenis material rumah tangga seperti sapu, ember, gayung, dan lain-lain. Plastik juga biasa diaplikasikan dalam packaging atau pengemasan. Sifatnya yang ringan dan tahan panas membuat plastik mudah diaplikasikan dalam barang-barang di kegiatan sehari-hari.

Plastik memiliki banyak jenis, salah satunya polyethylene. Polyethylene merupakan termoplastik yang sering digunakan oleh barang-barang konsumsi seperti kantong plastik. Setiap tahun sekitar 80 juta ton plastik metrik diproduksi. Polyethylene adalah polimer yang terdiri dari rantai panjang etilen monomer (IUPAC: ethene). Polyethylene dibentuk oleh proses polimerisasi H eathen. Polietilen dapat disiapkan dengan proses polimerisasi radikal, polimerisasi tambahan anionik, polimerisasi ionik koordinasi kationik atau kopolimerisasi.

Terdapat berbagai jenis-jenis polietilen yaitu *High Density Polyethylene (HDPE)*, *Low Density Polyethylene (LDPE)*, dan *Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)*. Salah satu jenis polyethylene, yaitu LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*). *Linear Low Density Polyethylene* atau LLDPE adalah jenis polietilena yang sering digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai macam plastik, seperti plastik untuk produk makanan dan sebagai plastik untuk beban berat. LLDPE memiliki sifat kimia dengan densitas diantara 0.915–0.925 gr/cm³. LLDPE merupakan polimer dengan percabangan rantai yang pendek dan dengan jumlah rantai yang cukup signifikan. Umumnya dibuat dengan kopolimerisasi etilena dengan rantai pendek alfa olefin (1-butena, 1-heksena, 1-oktena, dan sebagainya). LLDPE memiliki kinerja mekanik yang lebih baik dari pada LDPE dan sifat optik yang lebih baik dari pada HDPE. LLDPE telah menggantikan LDPE dalam berbagai aplikasi dan sekarang sudah mapan dipasar seperti film, cetakan injeksi, cetakan rotasi, kawat dan kabel. LLDPE juga sering dicampur



atau disatukan dengan LDPE dan HDPE untuk menyesuaikan sifat-sifat produksi untuk memenuhi persyaratan aplikasi khusus. Kebutuhan polimer LLDPE di Indonesia cenderung meningkat hal tersebut ditunjukkan dengan nilai impor yang semakin tinggi. Penggunaan polimer LLDPE biasanya diaplikasikan sebagai bahan pembuat plastik. Sifat plastik LLDPE yang tahan terhadap suhu yang tinggi (titik lunak diatas 100°C) membuat LLDPE aman jika digunakan sebagai pembungkus makanan ataupun bahan makanan. Selain itu LLDPE juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan wadah plastik seperti ember ataupun baskom. Karakter inilah yang menyebabkan kebutuhan polimer LLDPE di Indonesia setiap tahunnya cenderung meningkat.

kebutuhan LLDPE dunia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Namun, ketersediaan dari produksi berbagai industri polyethylene belum memenuhi permintaan termasuk di Indonesia. Oleh karena itu, pendirian pabrik dapat mengatasi kesenjangan tersebut. Selain itu, manfaat lain yang dapat diraih dengan pembangunan pabrik tersebut, antara lain :

1. Memenuhi kebutuhan LLDPE dalam negeri dan memperbesar peluang ekspor dari dalam negeri.
2. Menciptakan kesempatan lapangan pekerjaan baru sehingga diharapkan dapat mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

I.2 Kegunaan Produk

Linier Low Density Polyethylene (LLDPE) sendiri merupakan jenis polyethylene yang memiliki banyak kegunaan atau pengaplikasian dalam kehidupan sehari-hari, berikut merupakan penjelasan mengenai kegunaan dari *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE).

1. Pelapis Packaging

Plastik jenis *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE) memiliki karakter lentur, kuat, dan mampu mengikuti kontur produk dan diaplikasikan pada pelapis packaging suatu produk.

2. Kemasan Sampo



Kemasan sampo, conditioner, sabun cair, dan sejenisnya biasanya berbahan *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE). Selain mudah dibentuk menjadi kemasan, plastik ini juga mudah diremas sehingga memudahkan penggunaan.

3. Kemasan Minyak Goreng

Plastik minyak goreng, baik yang berupa botol maupun kemasan, biasanya dibuat dari plastik yang memiliki kemampuan fleksibel dan daya kuat yang baik seperti *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE).

4. Pelapis untuk Kebutuhan Industri

Gulungan besar plastik *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE) menjadi stok lumrah diberbagai industri. Dapat digunakan dalam mengemas barang kiriman atau melindungi stok produk.

5. Pelapis Pemisah Ban

Linier Low Density Polyethylene (LLDPE) digunakan sebagai pelapis pemisah dalam ban karet. Lapisan ini membantu membuat ban lebih mudah bergulir dan mempertahankan strukturnya selama mungkin.

6. Kantong Plastik

Banyak kantong plastik zaman sekarang terbuat dari *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE). Material yang tipis, mudah digulung, tetapi relatif kuat memudahkan aktivitas Anda ketika membawa barang.

7. Kantong Sampah

Kantong sampah berbahan lebih tebal dan kuat dari tas kresek biasa, tetapi tetap lentur agar bisa menampung sampah sebanyak mungkin. Kantong sampah biasanya diwarnai gelap agar sampah tidak terlihat dari luar.

8. Pelapis Tangki Bahan Kimia

Tangki bahan kimia sering menggunakan pelapis polimer, termasuk *Linier Low Density Polyethylene* (LLDPE). Bahannya yang tak reaktif serta anti bocor membuat tangki lebih kuat dan aman (Lubis, 2020).



I.3 Aspek Ekonomi

Direncanakan pabrik LLDPE akan beroperasi pada 5 tahun ke depan, maka diperlukan untuk menentukan kapasitas pabrik. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan dengan menganalisis supply dan demand. Data supply merupakan total dari proyeksi kebutuhan impor pada tahun operasi pabrik dan produksi LLDPE yang telah berdiri dalam negeri, sedangkan data demand merupakan kapasitas permintaan yang didapatkan dari total proyeksi ekspor pada tahun operasi pabrik dan konsumsi LLDPE dalam negeri. Berikut adalah rincian data supply serta data demand.

Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2027. Untuk menentukan kapasitas pabrik didapatkan dari jumlah persentase dengan nilai impor yang ada, untuk menekan jumlah impor LLDPE di Indonesia. Perhitungan kapasitas produksi pabrik LLDPE didasarkan pada kebutuhan impor yang ada di Indonesia sejak tahun 2016-2022.

Produksi di Indonesia sendiri terdapat 2 pabrik Linear Low Density Polyethylene yang telah beroperasi di Indonesia. Namun, kapasitas produksi yang dihasilkan dari kedua pabrik tersebut masih belum dapat memenuhi kebutuhan LLDPE dalam negeri.

Tabel I.1 Data Pabrik produsen LLDPE di Indonesia

Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
PT Chandra Asri Petrochemical	Cilegon, Banten	250.000
PT. Lotte Chemical Titan Nusantara	Cilegon, Banten	150.000

Untuk kebutuhan data import LLDPE di Indonesia sendiri masih tergolong besar dengan jumlah kebutuhan import setiap tahunnya mengalami kenaikan untuk import LLDPE. Berikut merupakan data import LLDPE di Indonesia :



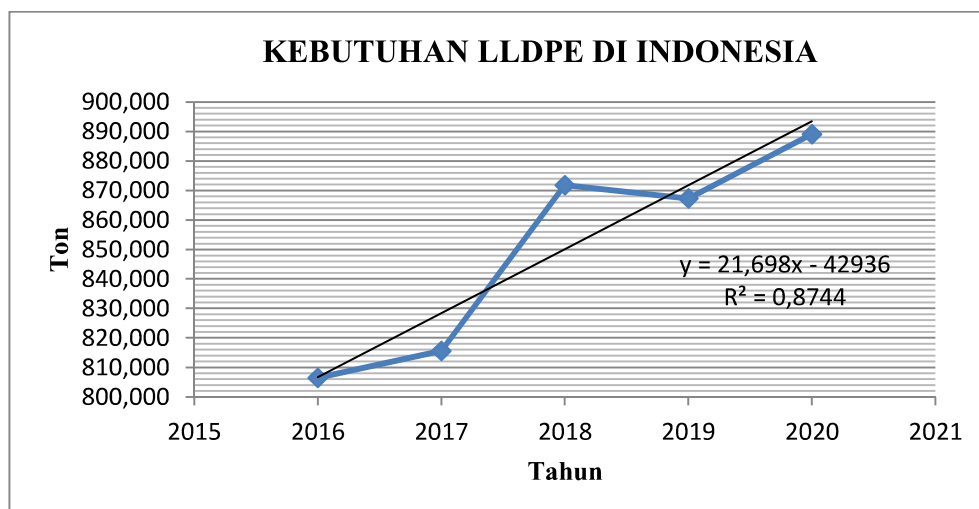
Tabel I.2 Data Import LLDPE di Indonesia dari tahun 2016-2020

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Kenaikan (%)
2016	456.438	-
2017	465.588	1,02
2018	521.830	1,141
2019	517.328	0,99
2020	539.056	1,04

Dari nilai data produksi dan juga data import untuk kebutuhan LLDPE di Indonesia didapatkan kebutuhan LLDPE di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebagai berikut :

Tabel I.3 Data Kebutuhan LLDPE di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Produksi+Import-Eksport)	Kenaikan (%)
2016	806,438	-
2017	815,588	1,135
2018	871,830	6,896
2019	867,328	0,516
2020	889,056	2,505



Gambar I.1 Grafik Regresi Linier Kebutuhan LLDPE



Kapasitas Produksi :

Misalkan :

x = tahun

y = kapasitas produksi (ton/tahun)

Regresi Linier (Berdasarkan Grafik Excel)

$$y = 21,698x - 42396$$

Maka,

$$x \text{ (tahun)} = 2027$$

$$y = 952,420 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, untuk tahun 2027 diperkirakan Indonesia membutuhkan Low Linier Density Polyethylene sebesar 952,420 ton/tahun. Sehingga dalam memenuhi kebutuhan akan Low Linier Density Polyethylene di Indonesia direncanakan pabrik ini akan memenuhi kebutuhan 5% atau sebesar 48.000 Ton/Tahun dalam berkontribusi memenuhi kebutuhan Low Linier Density Polyethylene di Indonesia pada tahun 2027

I.4 Sifat Kimia dan Fisika

I.4.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan LLDPE adalah gas etilen. Bahan penunjangnya antara lain adalah gas hidrogen, 1-butene, katalis $TiCl_4$ dan $MgCl_2$, katalis TEAL. Berikut spesifikasi dari bahan baku tersebut, antara lain :

1. Etilen

Etilen, dengan rumus kimia $H_2C=CH_2$ dengan berat molekul 28.05 kg/kmol. Etilen merupakan gas yang mudah terbakar dan bersifat sangat reaktif. Karena reaktivitasnya tinggi, etilen dapat dikonversi menjadi berbagai senyawa lain melalui reaksi adisi, hidrasi, alkilasi, halogenasi, oligomerisasi, oksidasi hidroformilasi, dan polimerisasi. Reaksi polimerisasi akan menghasilkan High Density Polyethylene (HDPE), Low Density Polyethylene (LDPE) dan Low Linear Density Polyethylene (LLDPE). Etilen merupakan gas tidak berwarna yang memiliki titik didih $-103,77^\circ C$. Memiliki titik leleh -



169,15°C dan densitas uap sebesar 0,973 g/ml. Memiliki titik nyala pada suhu -136°C dan tekanan uap sebesar 8100 mmhg pada suhu 20°C.

Tabel I.2 Sifat Kimia dan Fisika Etilen

Rumus Molekul	C ₂ H ₄
Berat Molekul	28,05 gr/mol
Wujud	Gas pada kondisi ruang, cair pada bawah tekanan
Komposisi	1. Ethylene : ≥ 99,95% vol 2. Impuritis : ≤ 0,05% vol (CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , CO)
Titik Didih	-103,77°C
Titik Leleh	-169,15°C
Densitas Uap	0,973 g/ml
Flash Point	-136°C
Ignition Temperature	450°C
Tekanan Uap	8100 g at 20°C

(Perry, 1999)

2. Hidrogen

Hidrogen merupakan suatu unsur kimia tidak berwarna dan tidak berbau yang berwujud gas. Hidrogen memiliki rumus molekul H₂. Hidrogen memiliki berat molekul 2,02 gr/mol. Memiliki titik didih pada suhu -252°C dan juga titik leleh -253°C. Hidrogen memiliki tekanan uap sebesar 0,0182 mmhg pada suhu 20°C. Gas hidrogen mudah menyala dan mudah terbakar pada berbagai konsentrasi uap. Hidrogen jika direaksikan dengan nitrogen pada suhu tinggi dengan bantuan katalis, maka dari reaksi tersebut akan membentuk amonia.

Tabel I.3 Sifat Kimia dan Fisika Hidrogen

Rumus Molekul	H ₂
Wujud	Gas
Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul	2,02 gr/mol
Komposisi	1. Hidrogen : 99,999% 2. Kelembaban : < 5 ppm



	3. Oksigen : < 3 ppm 4. Hidrokarbon (C4) : < 1 ppm
Titik Didih	-252°C
Titik Leleh	-253°C
Tekanan Uap	0,0182 mmhg at 20°C
Flash Point	Not applicable
Ignition Temperature	560°C

(PT. Air Liquid, 2020)

3. 1-Butene

1-Butene merupakan senyawa alkana yang berbentuk gas dan juga tidak berwarna pada suhu normal dan tekanan normal. Memiliki berat molekul C_4H_8 . 1-butene merupakan senyawa yang mudah menguap dan mudah terbakar. Merupakan gas bertekanan dibawah tekanan atmosfer sehingga dapat meledak jika dipanaskan. Memiliki titik didih pada suhu $-650^\circ C$ dan juga titik beku pada suhu $-185^\circ C$. Memiliki tekanan uap 260 kPa dan juga densitas $0,59 \text{ g/cm}^3$ pada suhu $20^\circ C$. Memiliki titik nyala pada suhu $-80^\circ C$.

Tabel I.5 Sifat Kimia dan Fisika 1-Butane

Rumus Molekul	C_4H_8
Wujud	Gas
Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul	56,108 gr/mol
Komposisi	1. 1-Butene : 99,7 % 2. Trans-2-Butene : < 640 ppm 3. Cis-2-Butene : < 108 ppm 4. Methane : < 33 ppm 5. 1,3 Butadiene : < 10 ppm 6. Propane : < 3 ppm 7. Water : < 3 ppm 8. Ethane : < 2 ppm 9. Sulfur : < 0,5 ppm



Titik Didih	-650°C
Titik Beku	-185°C
Tekanan Uap	260 kPa
Densitas	0,59 g/cm ³ at 20°C
Flash Point	-80°C
Ignition Temperature	384°C

(Rochmat, 2019)

4. Katalis Ziegler Natta

Katalis yang digunakan pada reaksi polimerisasi ini adalah katalis $TiCl_4$ dan $MgCl_2$. Ziegler Natta memiliki wujud padatan dan warna kuning kecoklatan dengan berat molekul 189,679 g/mol. Memiliki titik didih pada suhu 136,4°C dan juga titik titik leleh pada suhu -25°C. Ziegler Natta ($TiCl_4$ dan $MgCl_2$) berbahan dasar titanium digunakan katalis dalam proses polimerisasi, proses polimerisasi dibutuhkan waktu kontak dengan katalis sekitar 1,5 – 2 jam. Kondisi operasinya berlangsung pada suhu 78-85°C dan tekanan di bawah 1 MPa. Hexane digunakan sebagai pelarut dalam kedua proses ini.

Tabel I.6 Sifat Kimia dan Fisika Katalis Ziegler Natta

Rumus Molekul	$TiCl_4.MgCl_2$ dan $(C_2H_5)_3Al$
Wujud	Padatan
Indeks Reaktif	1.61
Berat Molekul	189,679 g/mol
Titik Didih	136,4°C
Titik Leleh	-25°C
Densitas	1,73 g/ml at 20°C
Tekanan Uap	50 mmHG (55°C)
Warna	Kuning Kecoklatan
Flash Point	Non combustible Ignition
Ignition Temperature	Not Ignitable
Komposisi	1. $TiCl_4$: 45 % wt



	2. $MgCl_2$: 30 % wt 3. $(C_2H_5)_3Al$: 25 % wt
--	--

(Chemical Book, 2022)

1.4.2 Spesifikasi Produk

Linear Low Density Polyethylene atau LLDPE adalah jenis polietilena yang sering digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai macam plastik, seperti plastik untuk produk makanan dan sebagai plastik untuk beban berat. LLDPE memiliki sifat kimia dengan densitas diantara $0.915-0.925 \text{ g/cm}^3$. LLDPE memiliki titik leleh pada suhu $125-135^\circ\text{C}$. Memiliki flash point dan ignition temperature $>300^\circ\text{C}$. LLDPE merupakan polimer dengan percabangan rantai yang pendek dan dengan jumlah rantai yang cukup signifikan. Umumnya dibuat dengan kopolimerisasi etilena dengan rantai pendek alfa olefin (1-butena, 1-heksena, 1-oktena, dan sebagainya). LLDPE memiliki kinerja mekanik yang lebih baik daripada LDPE dan sifat optik yang lebih baik daripada HDPE. LLDPE telah menggantikan LDPE dalam berbagai aplikasi dan sekarang sudah mapan di pasar seperti film, cetakan injeksi, cetakan rotasi, kawat dan kabel. LLDPE juga sering dicampur atau disatukan dengan LDPE dan HDPE untuk menyesuaikan sifat-sifat produksi untuk memenuhi persyaratan aplikasi khusus. Penggunaan polimer LLDPE biasanya diaplikasikan sebagai bahan pembuat plastik. Sifat plastik LLDPE yang tahan terhadap suhu yang tinggi (titik melunak diatas 100°C) membuat LLDPE aman jika digunakan sebagai pembungkus makanan ataupun bahan makanan.

Tabel I.9 Spesifikasi Produk *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE)

Wujud	Padat
Warna	Bening ke putih
Bau	Tidak Berbau
Komposisi	LLDPE : < 99% Aditif : < 1%
Titik Leleh	$125-135^\circ\text{C}$
Densitas	$0,910-0,950 \text{ gr/cm}^3$



Melt Index	1.0 gr/10min
Flash Point	> 300°C
Ignition Temperature	> 300°C

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik menjadi hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, yang terletak di daerah kotasari, Kabupeten Cilegon, Banten. Pertimbangan pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

Beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan lokasi pabrik antara lain meliputi letak sumber bahan baku, utilitas, fasilitas transportasi, tenaga kerja, kebijakan pemerintah, perluasan lahan, sarana dan prasarana. Pabrik Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) ini direncanakan didirikan di Cilegon, Provinsi Banten.

1.5.1 Faktor Utama

Faktor utama dalam pemilihan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Sumber Bahan Baku

Bahan baku utama dari pabrik ini adalah etilen. Etilen ini diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center, Cilegon. Untuk bahan baku pembantu seperti hidrogen diperoleh dari PT. Air Liquid Indonesia yang berlokasi di Cilegon. Bahan baku 1-Butene diperoleh dari Shanghai Zhongwei Chemical Co., Ltd, China. Dan katalisnya berasal dari Chengdu Ai Keda Chemical Technology Co., Ltd., China.

2. Energi dan Bahan Bakar

Kebutuhan sebagian listrik pabrik dapat dipenuhi dari PT. Krakatau Daya Listrik, dan pabrik LLDPE nantinya memiliki generator pembangkit listrik



sendiri sehingga bahan bakar seperti solar untuk menjalankan generator bisa didapat dari PT. Pertamina di Cilegon.

3. Persediaan Air

Kebutuhan air untuk konsumsi dan sanitasi pekerja diperoleh dari sumber air tanah dan sungai.

4. Iklim dan Cuaca

Keadaan iklim dan cuaca di kawasan Industri Kotasari, Cilegon, Banten cukup baik. Iklim tropis sangat baik untuk kegiatan industri. Berdasarkan data, di daerah tersebut jarang terjadi gempa bumi, badai angin, ataupun banjir.

5. Pemasaran

Prioritas utama pemasaran produk adalah di wilayah Indonesia mengingat untuk kebutuhan LLDPE di Indonesia sendiri masih terbilang belum terpenuhi.

1.5.2 Faktor Pendukung

1. Sarana Transportasi

Sarana transportasi yang utama untuk menunjang keberlangsungan produksi pabrik Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) ini meliputi ketersediaan fasilitas jalan dan pelabuhan. Penyediaan bahan baku etilen yang berasal dari PT. Chandra Asri dilakukan melalui pelabuhan dikarenakan bahan baku dalam bentuk cairan. Kemudian pemasaran produk dapat dilakukan dengan jalur darat. Lokasi rencana pendirian pabrik ini berada di kawasan industri di kotasari, Cilegon, Banten, yang memiliki akses jalan dan pelabuhan yang memadai untuk aktivitas transportasi bahan baku maupun produk.

2. Tenaga Kerja

Dalam penyediaan tenaga kerja perlu mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jumlah, kualitas, besar upah minimum, keahlian dan produktivitas tenaga kerja. Adapun jumlah tenaga kerja terlatih dan berpendidikan di Banten meningkat seiring berkembangnya sekolah-sekolah kejuruan, akademi, dan perguruan tinggi. Tenaga kerja dapat diambil dari daerah sekitar pabrik.



3. Buangan Pabrik

Buangan pabrik seringkali menimbulkan persoalan yang serius. Pabrik ini tidak membuang sisa-sisa proses yang mengandung bahan berbahaya karena sebelum dibuang, limbah akan diolah terlebih dahulu.

1.5.3 Faktor Penunjang Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor-faktor penunjang yang meliputi :

1. Perluasan Area Pabrik

Perluasan pabrik dan penambahan bangunan dimasa mendatang harus sudah masuk dalam pertimbangan awal. Sehingga sejumlah area khusus sudah harus dipersiapkan sebagai perluasan pabrik bila suatu saat dimungkinkan pabrik menambah peralatannya untuk menambah kapasitas.

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- d. Transportasi yang baik dan efisien.

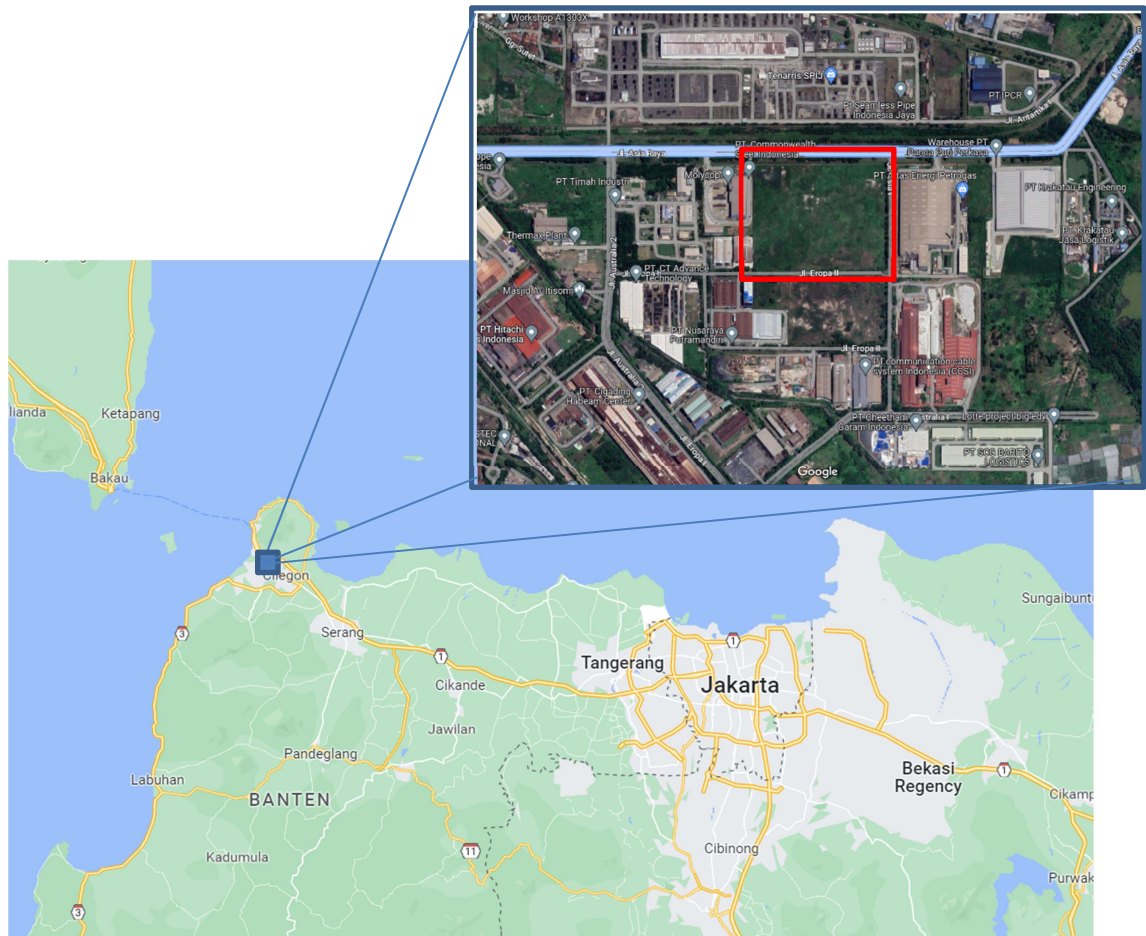
3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, hiburan, Bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Linier Low Density Polyetylen (LLDPE) Dengan Proses Pre-
Polimerisasi Dilanjutkan Dengan Polimerisasi Fase Gas”

1.5.4 Peta Lokasi Pra Rencana Pabrik



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik Linier Low Density Polyethilen (LLDPE)