

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat seiring bertambahnya tahun. Kebutuhan konsumen yang bermacam-macam dengan pola pikir manusia yang semakin modern, menuntut kita untuk selalu melakukan inovasi dan memenuhi kebutuhan konsumen dengan cara yang lebih efisien. Salah satu sektor industri yang sedang mengalami peningkatan dan berpotensi adalah industri plastik atau polimer. Dimana industri plastik atau polimer juga sangat berpengaruh dalam mendukung kemajuan industri lainnya.

Permintaan konsumen akan kebutuhan bahan baku plastik atau polimer sebagai sarana pendukung sangat bermacam-macam. Mulai dari penggunaannya sebagai bahan baku mainan, pipa plastik, alat rumah tangga, kemasan untuk makanan, alat suntik sekali pakai dan berbagai sarana pendukung lainnya.

Peningkatan kebutuhan plastik yang semakin tinggi berdampak pada kebutuhan bahan baku plastik pada industri plastik seperti industri plastik polypropylene, polyethylene, polyethylene terephthalate, polyvinyl chloride, polystyrene dan macam-macam lainnya terus meningkat.

Salah satu industri polimer dengan konsumen tinggi adalah industri plastik polyethylene berjenis High Density Polyethylene. Polyethylene jenis densitas tinggi atau High Density Polyethylene (HDPE) adalah senyawa termoplastik dari atom karbon dan sistemnya yang bergabung menghasilkan berat molekul yang tinggi. Sifat HDPE yang inert dan rantai molekul yang fleksibel menghasilkan ketahanan korosi yang tinggi. HDPE mempunyai sedikit cabang sehingga membuat HDPE memiliki ikatan intermolekuler, kekuatan tarik yang lebih besar dan juga tahan temperatur tinggi. Biji Plastik high density polyethylene banyak dibutuhkan pada industri-industri plastik, makanan, peralatan rumah tangga dan industri kimia lainnya.

Kebutuhan biji plastik High Density Polyethylene dipenuhi dengan cara produksi dalam negeri dan melakukan import ke luar negeri. Karena pemenuhan produksi dalam negeri yang kurang memadai, menyebabkan import ke luar negeri

yang semakin meningkat per tahunnya. Oleh karena itu, berdasarkan hasil import yang terus meningkat setiap tahunnya dan masuk sebagai industri dengan sektor prioritas Rencana Induk Pembangunan Industri maka pendirian pabrik High Density Polyethylene memiliki potensi untuk berkembang dan juga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat membantu perekonomian dalam negeri.

Arus perkembangan zaman yang mengalir semakin cepat, menjadi hal penting bagi suatu negara untuk dapat melakukan perubahan di bidang industri. Saat ini, Indonesia tengah memasuki era globalisasi dalam segala bidang yang menuntut tangguhnya sektor industri dan bidang-bidang lain yang saling menunjang. Respon positif pemerintah dalam menjawab tantangan globalisasi di Indonesia ditunjukkan dengan semakin maraknya pembangunan dan pengembangan di sektor industry.

Potensi pasarnya juga cukup menjanjikan mengingat perkembangan industri pengguna biji plastik polyethylene semakin banyak. Sektor industri yang paling banyak mengkonsumsi high density polyethylene adalah industri plastic, peralatan rumah tangga, industri pipa non betekan serta industri packaging makanan dan minuman. Industri pipa, plastik dan industri packaging makanan maupun minuman kemasan telah menyerap sekitar 30-45% dari total . Sedangkan industri film, fiber menyerap 25-35% konsumsi total dalam negeri. Produk-produk polietilena digunakan dalam berbagai bidang mulai dari kebutuhan domestik sampai tingkat industri. Barang-barang seperti alat makan, ember, botol kemasan, perabotan rumah tangga, drum, pipa, dan lain-lain merupakan contoh produk polietilena (Kirk & Othmer, 1987).

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk kelangsungan hidup suatu pabrik. Untuk menjamin kontinuitas produksi pabrik, bahan baku harus mendapat perhatian yang serius dengan tersedianya secara periodik dalam jumlah yang cukup. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan high density polyethylene adalah ethylene dan 1-butena.

Hingga tahun 2017 kebutuhan rata-rata High Density Polyethylene menurut data impor ekspor Badan Pusat Statistik yaitu sekitar 746.700 ton/tahun, kebutuhan ini akan terus meningkat dari tahun ke tahun nya.

Di Indonesia kebutuhan biji plastik High Density Polyethylene dipenuhi oleh pabrik komersil polyethylene yang sudah berdiri yaitu PT Chandra Asri Petrochemicals, dengan kapasitas sebesar 136.000 ton/tahun dan PT Lotte Chem Titan Nusantara dengan kapasitas 250.000 ton/tahun. Tapi kebutuhan High Density Polyethylene di Indonesia masih belum terpenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga Indonesia memenuhi kekurangan produksi High Density Polyethylene dengan cara mengimpor polyethylene dari negara lain. Keadaan ini menunjukkan bahwa kurang terpenuhinya kebutuhan High Density Polyethylene di Indonesia. Dimana hal ini dapat menghambat dan menimbulkan kerugian operasi pabrik yang menggunakan biji plastik, baik sebagai bahan bakunya maupun sebagai bahan tambahan.

Untuk mengatasi hal tersebut maka dengan mendirikan industri polimer seperti pabrik High Density Polyethylene yang merupakan pabrik dengan konsumen tinggi, diharapkan dapat memacu tumbuhnya industri-industri baru yang menggunakan biji plastik polyethylene baik hanya sebagai penggunaan bahan tambahan suatu produksi maupun sebagai bahan baku utama produksi pabrik tersebut.

Polimer berasal dari bahasa Yunani yaitu dari kata *poly* (banyak) dan *meros* (bagian-bagian). Panjang rantai polimer ditunjukkan oleh derajat polimerisasi (DP), yaitu banyaknya kesatuan berulang dalam rantai tersebut (n). Sedangkan berat molekul (BM) polimer merupakan hasil kali BM kesatuan berulang dengan DP-nya. Derajat polimerisasi mempengaruhi sifat polimer. Semakin besar derajat polimerisasi, polimer semakin keras atau kaku. Sedangkan semakin kecil derajat polimerisasi maka polimer akan semakin elastis.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dan kebutuhan produksi yang semakin meningkat pertahun dan diikuti import yang tinggi, maka prarancangan pabrik High Density Polyethylene ini berpotensi untuk didirikan di Indonesia. Direncanakan pabrik ini akan berdiri pada tahun 2023 dimana proses pembangunan dan pemasangan instalasi listrik maupun kebutuhan air diperkirakan memakan waktu 2 tahun.

1.2. Maksud dan Tujuan Prarancangan Pabrik

1.2.1. Maksud

Maksud dari pendirian pabrik pembuatan high density polyethylene ini adalah :

- Menumbuh kembangkan industri-industri di Indonesia untuk menghasilkan produk polyethylene, sehingga dapat menekan produk produk impor dari luar.
- Menyediakan kebutuhan dan menumbuh kembangkan industri-industri di Indonesia yang menggunakan bahan baku maupun bahan penunjang polyethylene.
- Dengan adanya pabrik ini dapat membangun ekonomi masyarakat disekitar pabrik dan membuka lapangan pekerjaan yang baru.
- Mampu meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan impor yang mendorong kearah usaha memenuhi kebutuhan polyethylene di Indonesia.

1.2.2. Tujuan

Adapun tujuan dari pendirian pabrik pembuatan high density polyethylene ini adalah :

- Menekan kebutuhan impor terhadap produk polyethylene mengingat masih tingginya kebutuhan impor dalam negeri.
- Mengaplikasikan ilmu teknik kimia khususnya bidang perancangan, analisa proses dan operasi teknik kimia sehingga memberikan gambaran kelayakan perancangan pabrik polyethylene.

1.3. Penentuan Kapasitas Produksi

Untuk melihat besarnya peluang dan mengatur strategi penjualan, analisa pasar dan perencanaan kapasitas produksi pabrik menjadi hal paling mendasar dan paling utama dalam pendirian pabrik. Pertimbangan dalam pendirian pabrik High Density Polyethylene adalah untu memenuhi kebutuhan produksi dalam negeri sehingga dapat mengurangi import dari negara lain. Selain itu sektor industri plastik di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat berkembang dalam pangsa pasar dan juga dapat mendukung kemajuan industri-industri lainnya.

1.3.1. Kebutuhan Produk

Saat ini di Indonesia terdapat 2 pabrik yang memproduksi high density polyethylene dengan total produksi sebesar 387.000 ton/tahun. Namun, karena kebutuhan polyethylene di Indonesia sangat banyak maka untuk memenuhi kebutuhan setiap tahunnya, tetap harus dipenuhi dengan cara mengimpornya dari negara lain. Berdasarkan fakta ini maka diperlukan untuk mendirikan pabrik dengan kapasitas yang baru. Berikut jumlah impor dan ekspor hidrogen peroksida yang berasal dari data Biro Pusat Statistik (BPS) :

Tabel 1.1 Perkembangan Impor dan Ekspor Polyethylene di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)
2012	258.825	63.972
2013	292.010	33.489
2014	283.271	23.550
2015	363.219	28.246
2016	20.647	24.508
2017	21.637	30.950

(Sumber : Biro Pusat Statistik, 2012-2017)

Dari Tabel 1.1. diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah impor high density polyethylene setiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan, ini dikarenakan produksi dalam negeri belum mencukupi kebutuhan yang ada, sehingga dilakukan impor untuk memenuhi pasar dalam negeri.

1.3.2. Perhitungan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum output yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik yang didirikan harus mempunyai kapasitas produksi yang optimal yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya yang seminimal mungkin. Kapasitas produksi dapat dihitung dengan berbagai pertimbangan, yaitu :

a) Proyeksi kebutuhan

Kapasitas produksi dapat ditentukan berdasarkan data kebutuhan dalam negeri dari beberapa tahun kebelakang. Berdasarkan tabel 1.1, maka kebutuhan high density polyethylene untuk beberapa tahun mendatang dapat diprediksi jumlahnya dengan cara menggunakan metode *Least Square* dengan formula sebagai berikut :

(Peter, M.S & Timerhause, K.D., 1981)

Persamaan regresi linier : $y = a + b (x - \bar{x})$

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\sum(\bar{x}-x)(\bar{y}-y)}{\sum(\bar{x}-x)^2}$$

Pembilang : $\sum (x - \bar{x}) (\bar{y} - y) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}$

Penyebut : $\sum (\bar{x} - x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$

Keterangan:

x = periode tahun ke-

y = kebutuhan dalam negeri High Density Polyethylene

n = jumlah data yang diobservasi

\bar{x} = rata-rata x

\bar{y} = rata-rata y

Diinterpretasikan ke dalam tabel 1.2 sebagai berikut :

Tabel 1.2 Perhitungan Kebutuhan High Density Polyethylene di Indonesia

Tahun	Tahun ke - (x)	Kebutuhan (y)	x ²	y ²	xy
2013	1	678.009,993	1	4,59698E+11	678009,993
2014	2	669.271,105	4	4,47924E+11	1338542,21
2015	3	749.219,099	9	5,61329E+11	2247657,297
2016	4	740.362,231	16	5,48136E+11	2961448,924
2017	5	746.638,009	25	5,57468E+11	3733190,045
	15	3.583.500,437	55	2,57456E+12	10958848,47

Dari perhitungan dengan persamaan *Least Square*, diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\bar{x} = 15/5 = 3$$

$$a = \bar{y} = 3.583.500,437/5 = 716.700,0874$$

$$b = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}} = \frac{10.958.848,47 - 15 \times 3.583.500,437}{55 - \frac{(15)^2}{5}} = 20.834,7158$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi sebagai berikut :

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

$$y = 716.700,0874 + 20.834,7158 (x - 3)$$

$$y = 716.700,0874 + 20.834,7158x - 62.504,1474$$

$$y = 645.195,94 + 20.834,715x$$

Contoh perhitungan dengan menggunakan persamaan di atas.

Pada tahun 2023 ($x = 11$) maka diperoleh y pada tahun ke-11 sebagai berikut :

$$y = 645.195,94 + 20.834,715x$$

$$y = 645.195,94 + 20.834,715 (11)$$

$$y = 883.377,8138 \text{ ton/tahun.}$$

Dengan cara yang sama diperoleh proyeksi kebutuhan high density polyethylene di tahun-tahun berikutnya yang ditunjukkan pada tabel 1.2.

Tabel 1.3 Proyeksi Kebutuhan HDPE di Indonesia Tahun 2017-2030

Tahun	Periode (x)	Proyeksi Kebutuhan HDPE (Ton/Tahun)
2017	5	758369,519
2018	6	779204,2348
2019	7	800038,9506
2020	8	820873,6664
2021	9	841708,3822
2022	10	862543,098
2023	11	883377,8138
2024	12	904212,5296

2025	13	925047,2454
2026	14	945881,9612
2027	15	966716,677
2028	16	987551,3928
2029	17	1008386,109
2030	18	1029220,824

Dari Tabel 1.3. diatas dapat dipastikan bahwa kebutuhan High Density Polyethylene akan terus meningkat, namun hingga saat ini Indonesia masih memerlukan impor high density polyethylene untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Maka peluang kebutuhan High Density Polyethylene di Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan sebesar:

Peluang = Total kebutuhan dalam negeri – kapasitas produksi dalam negeri

Peluang $T_{2023} = (883.378 - 386.000)$ Ton/Tahun

Peluang $T_{2023} = 497.378$ Ton/Tahun

b) Kapasitas pabrik High Density Polyethylene yang sudah beroperasi

Daftar produsen polyethylene densitas tinggi di dalam negeri dapat dilihat pada tabel 1.4 berikut :

Tabel 1.4 Produsen High Density Polyethylene di Indonesia

Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Chandra Asri Petrochemical	Banten	136.00
PT. Lotte Titan Chem Nusantara	Banten	250.000

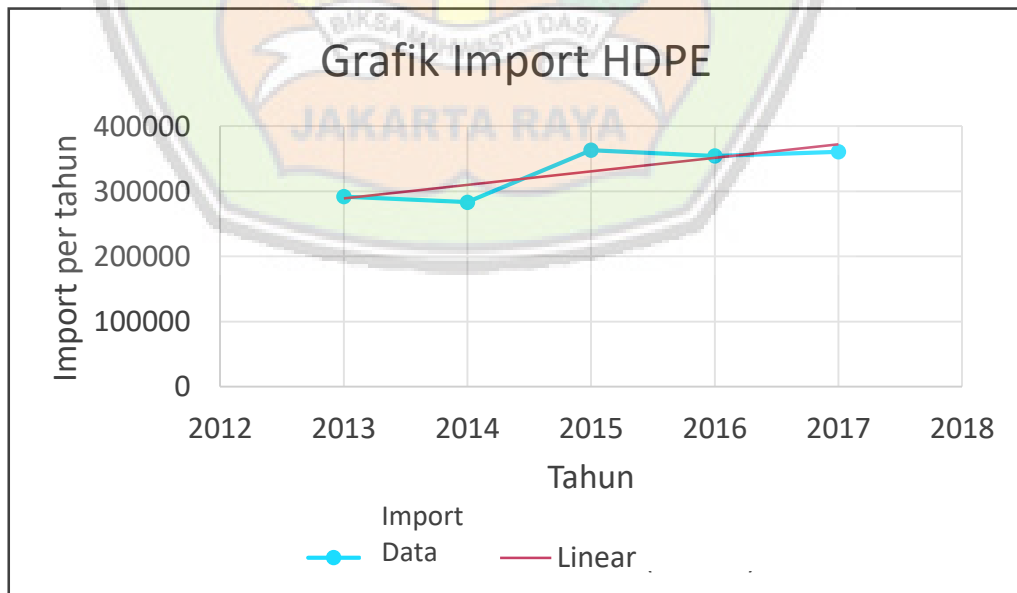
(Sumber : Public Expose PT Chandra Asri Petrochemical)

c) Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat High Density Polyethylene yaitu ethylene, 1-butena, hidrogen, nitrogen dan katalis. Ketersediaan bahan baku utama pembuatan polietilena yaitu ethylene yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas produksi 860.000 ton/tahun yang berada di Kota Cilegon.

Berdasarkan proyeksi konsumsi dan produksi High Density Polyethylene di Indonesia dan kapasitas pabrik yang telah ada maka penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2023 adalah sebesar 150.000 ton/tahun berdasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

1. Dari hasil proyeksi nampak peluang pada tahun 2023 adalah 497.378 ton/tahun yaitu dari hasil proyeksi dikurangi produksi dalam negeri. Dengan kapasitas 150.00 ton/tahun direncanakan akan memenuhi pangsa pasar 30% dari peluang dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan high density polyethylene di Indonesia pada tahun 2023.
2. Kapasitas pabrik yang ingin didirikan sama dengan atau berada di antara kapasitas komersial minimum dan maksimum dari pabrik yang sudah ada, yaitu antara 13.000 ton/tahun dan 100.000 ton/tahun. Dengan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dianggap dapat mengurangi sebagian kekurangan konsumsi domestik dan bersaing dengan pabrik lain yang sudah ada.
3. Kapasitas produksi 150.000 ton/tahun didukung dari ketersediaan bahan baku yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pabrik yang akan didirikan. Sehingga dengan bertambahnya kebutuhan akan High Density Polyethylene di dalam negeri akan memberikan peluang besar bagi perkembangan pabrik ini dan tidak



menutup kemungkinan untuk dapat dilakukannya kegiatan ekspor High Density Polyethylene.

Gambar 1.1 Grafik Import Produk High Density Polyethylene

1.4. Penentuan Lokasi Pabrik

Tidak hanya kapasitas produksi yang perlu dipertimbangkan dengan baik, pemilihan lokasi pabrik yang tepat dan strategis juga mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan kelangsungan atau umur pabrik. Daerah yang tepat digunakan sebagai lokasi pabrik harus memberikan kemungkinan untuk memperluas atau mengembangkan pabrik dan tentunya memberikan keuntungan dalam jangka panjang. Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam setiap perancangan suatu pabrik karena menyangkut keberhasilan produksi pabrik, baik dari segi ekonomi maupun teknis.

Ada beberapa faktor primer dan sekunder yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik diantaranya faktor primer (ketersediaan sumber bahan baku, daerah pemasaran, transportasi, utilitas (sumber daya air dan sumber energi), dan sumber daya manusia) dan faktor sekunder (iklim, kondisi sosial & lingkungan dan sebagainya).

Daerah yang akan dijadikan sebagai tempat pendirian pabrik adalah Kawasan Berikat *Krakatau Industrial Estate Cilegon* (KIEC) propinsi Banten. Dimana bahan baku yang diperlukan dekat pendirian pabrik yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical yang terdapat di kota Cilegon. Selain itu sarana transportasi darat dan laut juga cukup memadai dikarenakan terdapat pelabuhan skala nasional dan jaringan jalan tol terhubung secara baik pada kota ini.

Ada beberapa faktor primer dan sekunder yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik diantaranya faktor primer (ketersediaan sumber bahan baku, daerah pemasaran, transportasi, utilitas (sumber daya air dan sumber energi), dan sumber daya manusia) dan faktor sekunder (iklim, kondisi sosial & lingkungan dan sebagainya).

1.4.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi sehingga pengadaannya harus benar-benar diperhatikan. Sehingga diutamakan lokasi pabrik yang akan didirikan dekat dengan bahan baku. Hal ini dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan serta mengurangi investasi pabrik dapat mempengaruhi kemampuan bersaing dengan pabrik lain.

Bahan baku yang digunakan untuk membuat High Density Polyethylene yaitu Ethylene yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Hidrogen dan Nitrogen diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia, sedangkan 1-butena dan katalis di import dari luar negeri.

1.4.2. Sarana Transportasi

Faktor transportasi ini juga akan mempengaruhi besarnya biaya yang akan dikeluarkan. Pengangkutan bahan baku impor membutuhkan sarana transportasi kapal laut sehingga bahan baku impor dapat sampai dengan waktu yang lebih singkat. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan pelabuhan dapat memudahkan pengadaan bahan baku impor.

Pengiriman bahan baku yang masuk ke pabrik maupun pengiriman produk ke konsumen dapat berjalan lancar dan secara ekonomis lebih menguntungkan dengan letak pabrik dekat dengan pelabuhan yang memadai seperti Pelabuhan Indonesia II Cilegon, Pelabuhan Merak sebagai pelabuhan penyeberangan, dekat ke Pelabuhan Tanjung Priok sebagai pelabuhan internasional dan jalan raya sepanjang Merak (Banten) sampai Gilimanuk (Bali).

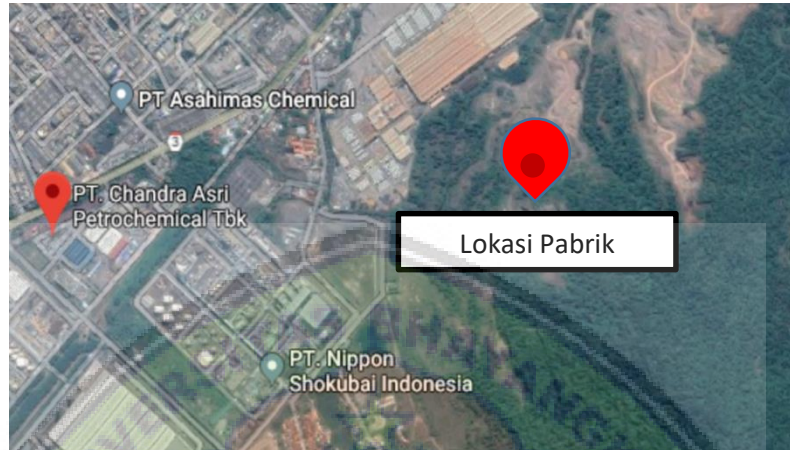
1.4.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Daerah yang akan dijadikan sebagai tempat pendirian pabrik adalah Kawasan Berikat *Krakatau Industrial Estate Cilegon* (KIEC) propinsi Banten. Dimana bahan baku yang diperlukan dekat pendirian pabrik yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical yang terdapat di kota Cilegon. Selain itu sarana transportasi darat dan laut juga cukup memadai dikarenakan terdapat pelabuhan skala nasional dan jaringan jalan tol terhubung secara baik pada kota ini.

1.4.4. Sumber Daya Manusia

Keberhasilan suatu pabrik untuk meneruskan produksinya tidak lepas dari faktor penerimaan lingkungan masyarakat terhadap pendirian dan pengembangan pabrik tersebut. Tenaga kerja yang terampil mutlak dibutuhkan dalam industri. Untuk level staff dan supervisor pada bagian pengolahan bahan baku tenaga kerja yang dibutuhkan sarjana lulusan kimia, teknik industri atau teknik kimia, tenaga kerja level staf pada bagian administrasi dan perkantoran dibutuhkan sarjana lulusan ekonomi manajemen dan akuntansi, tenaga kerja level staff dan supervisor

pada bagian produksi dibutuhkan sarjanan lulusan teknik kimia atau teknik mesin. Sedangkan untuk level operator dibutuhkan minimal lulusan SMK Teknik. Tenaga kerja sebagian besar akan diambil dari penduduk sekitar. Karena lokasinya cukup dekat dengan pemukiman penduduk, selain itu dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja juga dapat membantu meningkatkan taraf hidup penduduk sekitar.



Gambar 1.2 Lokasi Kawasan Industrial Krakatau

1.5. Uraian Proses

Teknologi proses yang dapat digunakan dalam pembuatan Polyethylene yaitu proses dengan tekanan tinggi (high pressure process), proses dengan fase lumpur (slurry process), proses dengan fase gas (gas phase process) dan proses dengan fase larutan (solution process).

Tabel 1.5 Perbandingan Proses

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Proses Fase Gas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menggunakan reaktor Fluidized Bed ✓ $T = 80^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ ✓ $P = 300$ psig ✓ Desain pabrik yang simple ✓ Tidak perlu menggunakan pelarut ✓ Tidak perlu memisahkan katalis dengan produk ✓ Konversi 97-98% ✓ Pabrik yang dirancang sangat sederhana 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu tinggal 2 - 4 jam - Operasi suhu reaktor saat penambahan katalis sulit dikendalikan - Hanya menghasilkan PE jenis HDPE, LLDPE - Membutuhkan kompresor yang besar untuk recovery ethylene - Kurang cocok untuk membuat grade khusus

Proses Fase Slurry	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dapat menggunakan reaktor jenis Loop maupun Autoclave ✓ T = 80°C - 110°C ✓ P = 150 – 450 psig ✓ Pendingin pada jacket loop lebih efisien yang dibantu pompa berkecepatan tinggi ✓ Desain reaktor sederhana dan dapat menambah kapasitas dengan cara menambah panjang pipa ✓ Konversi 95% 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu tinggal 1,5 - 3 jam - Temperatur harus selalu dikontrol agar tidak terjadi pengembangan polimer - Diluent harus direcovery dan membutuhkan biaya dan energi yang mahal - Relatif memiliki T dan P yang tinggi sehingga membutuhkan keamanan produksi yang tinggi - Hanya menghasilkan PE jenis HDPE dan LLDPE
Proses Tekana Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dapat menggunakan reaktor tubular maupun autoclave ✓ T = 150°C - 300°C ✓ P = 15.000 – 45.000 psig ✓ Waktu tinggal 30s – 2 menit 	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki T dan P yang tinggi sehingga operasi pada reaksi sulit dikendalikan - Dibutuhkan keamanan yang tinggi dalam proses produksi - Membutuhkan biaya yang relatif mahal dalam pengoperasian - Hanya menghasilkan PE jenis LDPE
Proses Fase Solution	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reaktor yang digunakan CSTR ataupun Trimmer Reactor ✓ T = 160°C - 200°C ✓ P = 500 – 5000 psig ✓ Waktu tinggal 30s – 2 menit ✓ Konversi 96% ✓ Fase yang digunakan cair – cair sehingga mudah untuk dikontrol T dan P ✓ Product yang dihasilkan lebih homogen ✓ Dapat menghasilkan PE jenis HPDE, LDPE, LLDPE, VLDPE 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan biaya pemeliharaan dan energi untuk memisahkan katalis dan diluent yang cukup besar

Pada perancangan ini menggunakan proses fase gas dengan menggunakan reaktor berjenis *fluidized bed* dengan reaksi yang bersifat eksotermis sehingga diperlukan pendingin agar reaksi berjalan tetap pada rangenya (tekanan 15 atm dan suhu 90°C) menggunakan katalis TiCl₄ dan TEAL dengan proses pengolahan produk akhir menjadi pe polyethylene, melewati beberapa tahapan yaitu :

1.5.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Pada proses persiapan bahan baku ethylene sebagai bahan baku utama disimpan dalam bentuk cair pada suhu 50°C dengan tekanan 4 atm dan bahan baku lainnya seperti 1-butena fase cair disimpan dalam tangki penyimpanan comonomer dengan suhu 50°C dan tekanan 4 atm, untuk katalis menggunakan TiCl₄ dan TEAL dalam fase cair disimpan dalam masing-masing tangki penyimpanan katalis pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Hidrogen dan Nitrogen cair disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 4 atm.

1.5.2 Proses Reaksi

Pada proses polimerisasi ini, gas ethylene, comonomer (1-butena), hydrogen dan nitrogen dialirkan dari masing-masing tangki menuju expander untuk diturunkan tekanannya sehingga berubah fase menjadi gas dan kemudian aliran gas dipanaskan dengan heater untuk dinaikkan suhunya menjadi 90°C kemudian umpan dialirkan dari bawah reaktor fluidized bed dan katalis TiCl₄ dan TEAL diumpangkan kedalam reactor dari samping reaktor dengan cara disemprotkan dari samping reaktor. Aliran gas dari bawah dan katalis dari samping akan membentuk fluidisasi sehingga diharapkan akan terjadi reaksi polimerisasi yang akan membentuk resin polyethylene. Pada proses polimerisasi, Hidrogen digunakan untuk mengatur berat molekul resin, sedangkan gas nitrogen yang digunakan sebagai gas pendorong pada reaktor *fluidized bed* selama polimerisasi berlangsung. Dimana gas Nitrogen yang digunakan pada proses polimerisasi adalah nitrogen bertekanan tinggi (NBT) sedangkan untuk proses deaktivasi katalis menggunakan nitrogen bertekanan rendah (NBR). Proses reaksi pada reaktor *fluidized bed* terjadi pada suhu 90°C dengan tekanan 15 atm yang akan menghasilkan resin polyethylene dengan densitas tinggi dengan berat molekul sekitar 50.000. Resin yang terbentuk kemudian dialirkan menuju vibrating screener untuk disaring dan dipisahkan antara padatan dan katalis yang masih tersisa. Setelah melalui vibrating screener, katalis yang terpisah dari resin direcycle kedalam reaktor, sedangkan resin yang sudah dipisahkan dari residu katalis dialirkan secara berkala menuju chamber untuk dihilangkan gas ethylene yang masih terkandung dan kemudian diumpangkan menuju purge bin untuk dilakukan deaktivasi katalis dengan bantuan gas nitrogen

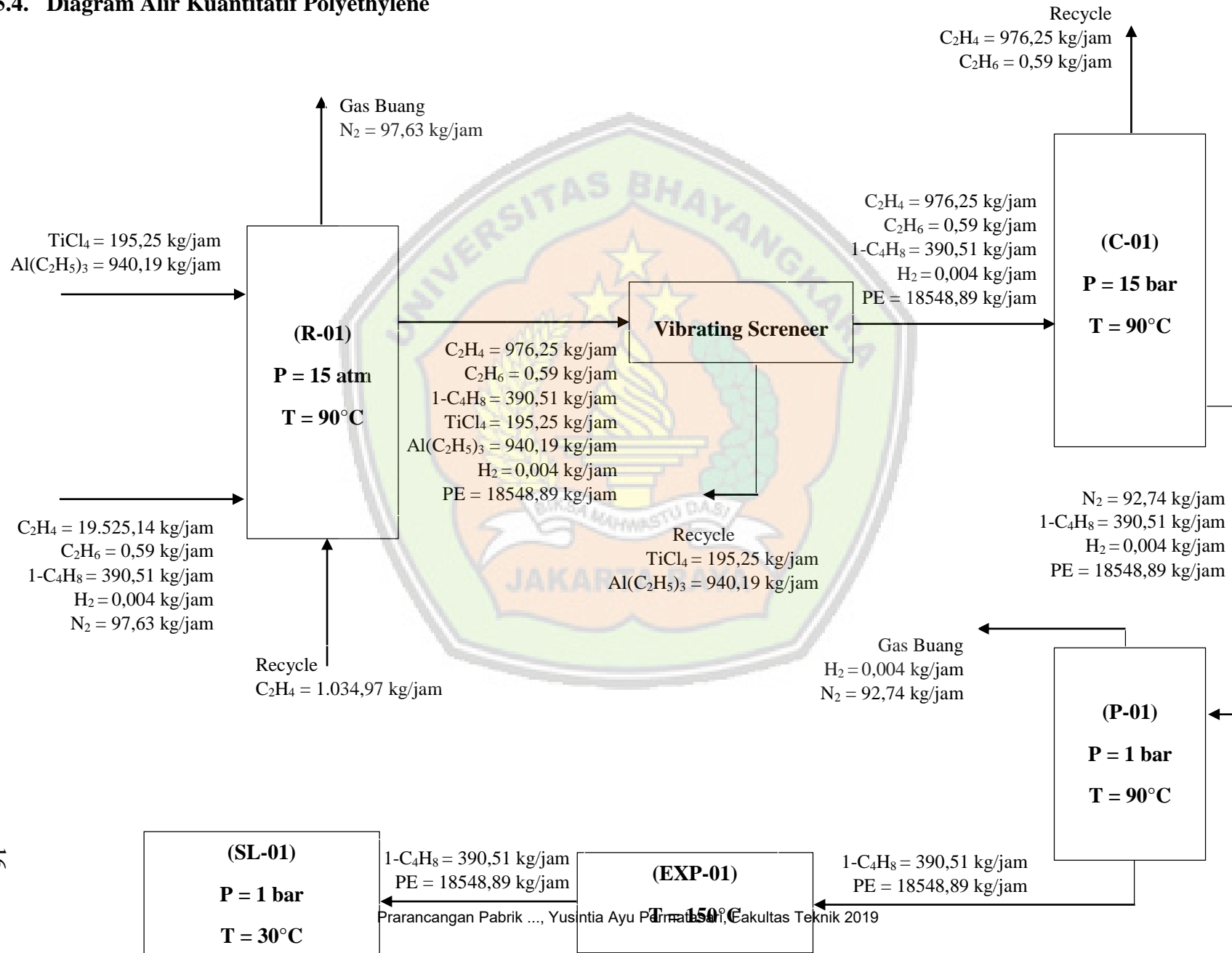
(NBR) sehingga katalis tidak bereaksi kembali dan gas-gas pengotor yang terbawa dapat disingkirkan menuju vent.

1.5.3 Proses Finishing

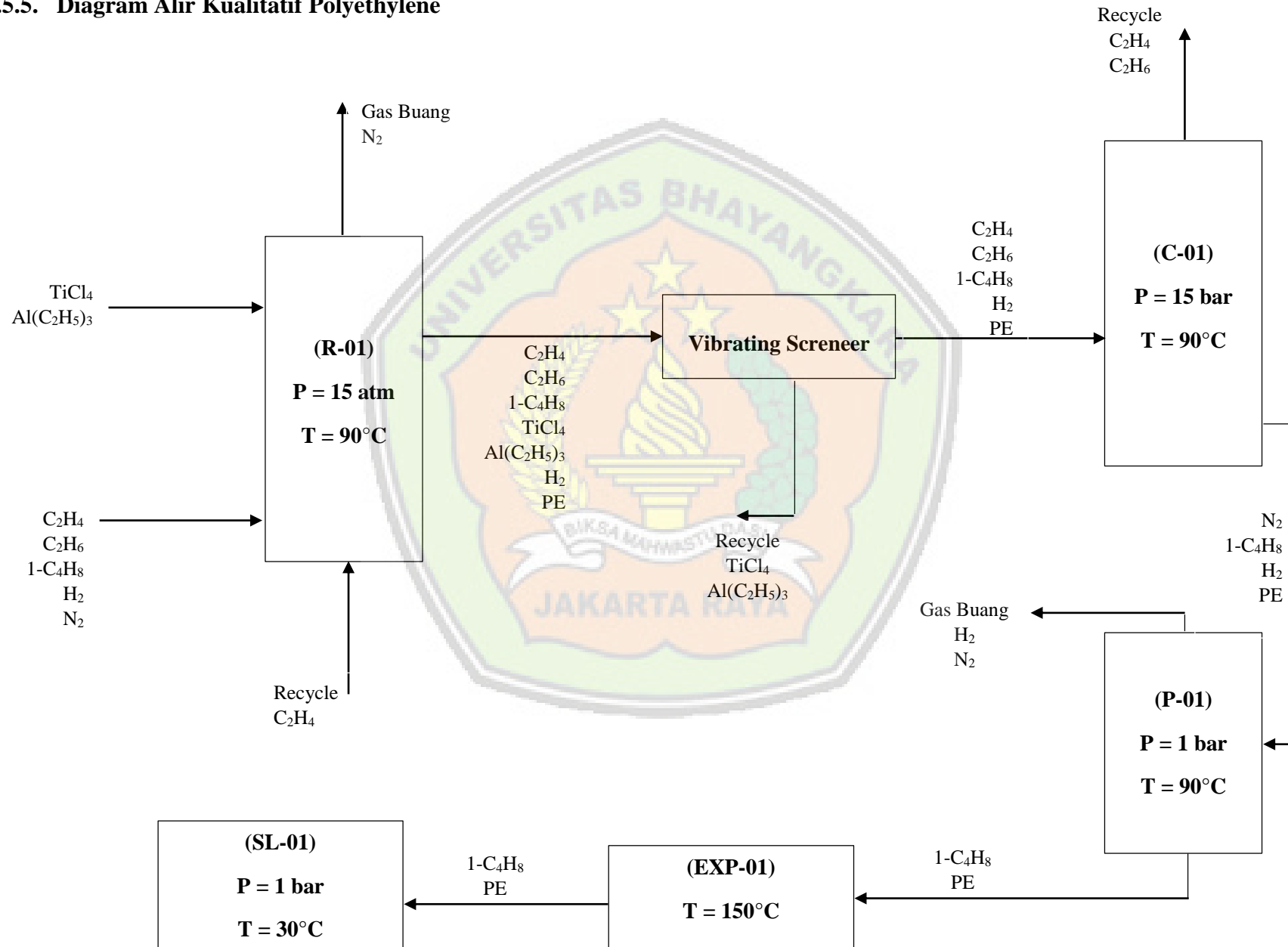
Resin kemudian dialirkan ke dalam mesin extruder dengan suhu 150°C untuk dilelehkan dan kemudian didinginkan melalui bak cooling. Selanjutnya dipotong menggunakan pisau pemotong (cutter) yang terdapat dalam dye plate dari alat pelletizer. Produk akhir yang didapat berbentuk pellet yang akan disimpan dalam tangki penyimpanan yaitu silo yang akan disimpan selama 7 hari.



1.5.4. Diagram Alir Kuantitatif Polyethylene



1.5.5. Diagram Alir Kualitatif Polyethylene



1.6 Spesifikasi Bahan Baku

1.6.1. Spesifikasi Bahan Baku

1. Etilena

Bentuk	: Gas
Warna	: Tak berwarna
Density	: 0,5699-0,5723 gr/cc
Viskositas	: 0,0574 cp
Kemurnian	: min 99,5%
Impuritas	: maks 0,5% asetilen
Titik didih (T_b)	: $-103,71^{\circ}\text{C}$
Titik leleh (T_m)	: $-169,15^{\circ}\text{C}$
Sifat korosif	: tidak korosif
Volume spesifik	: 878,63 L/kg
Temperatur kritis	: $9,194^{\circ}\text{C}$
Tekanan kritis	: 5040,8kPa
Viskositas gas	: 0,01027cP
Konduktivitas panas	: 20,3 MW/m.K
Kapasitas panas	: 43,11 J/mol.K

1.6.2. Spesifikasi Katalis

1. Katalis Titanium Tetraklorida (TiCl_4)

Bentuk	: Cair
Kemurnian	: min 98 %
Impuritas	: maks 2% MgCl_2
Diameter	: 50 μm
<i>Bulk density</i>	: 927 kg/m ³
Porositas	: 0,88 cm ² /gr

2. Katalis Trietil Aluminium ($\text{C}_6\text{H}_{15}\text{Al}$) atau TEAL

Berat molekul	: 114,168 g/mol
Fase	: cairan tidak berwarna
Kelarutan	: dapat larut dalam hidrokarbon jenuh
Titik Didih (T_b)	: 194°C

Titik Leleh (Tm)	-52,5°C
Titik Nyala	: -53°C
Densitas pada 25 °C	: 0,832 g/cm ³
Viskositas pada 25 °C	: 2,6 mPa.s

1.6.3. Spesifikasi Bahan Pembantu

1. 1-Butena (CH₂=CHCH₂CH₃)

Berat Molekul	: 56,10 g/mol
Wujud	: Gas
Kenampakan	: Tak berwarna
Density	: 4,142 kg/m ³ at 419,95 K
Viskositas	: 7,76 Pa
Indeks bias	: 1.3962
Titik Leleh	: -185,2°C
Suhu Kritis	: 146,85°C
Tekanan Kritis	: 40,43 bar
Volume Kritis	: 239,3 cm ³ /mol
Kemurnian	: 99,9%

2. Hydrogen (H₂)

Berat Molekul	: 2,02 g/mol
Wujud (pada 1 atm 30°C)	: Gas
Kenampakan	: Tak berwarna
Kemurnian,max	: technical pure (99%)
Impuritas	: 10 ppm
Density	: 15,516 kg/m ³ at 33, 19 K
Specific Gravity	: 0,07
Titik Leleh	: -259,1°C
Titik Didih	: -252,7°C
Suhu Kritis	: -239,96°C
Tekanan Kritis	: 13,13 bar (abs)
Kelarutan dalam air	: 6647,8 g/m ³
Kapasitas Panas	: 14,270 kJ/kg K

Cp/Cv : 1,41

3. Nitrogen (N₂)

Berat Molekul : 28,02 g/mol

Wujud : Gas

Kenampakan : Tidak berwarna

Densitas : 11,217 kg/m³ at 126,2 K

Titik Leleh : -209,86 °C

Titik Didih : -195,8 °C

Suhu Kritis : 34 bar (abs)

Tekanan kritis volume kritis : 89,2 cm³/mol

Kemurnian : 99,95%

Kapasitas Panas : 1,038 kJ/kg K

Cp/Cv : 1,40

1.6.4. Spesifikasi Produk

Polietilena (-CH₂-CH₂-)n

Bentuk : Pellet Polyethylene

Warna : Putih

Density : 0,910-0,940 gr/cm³

Berat molekul : 10.000 -1.000.000 gr/mol

Titik Lebur Kristal : 115-125°C

Kristalinitas : 55 - 85°C