

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri petrokimia mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir sebagai akibat dari meningkatnya kebutuhan akan produk turunan hidrokarbon seperti plastik, karet sintetis, dan bahan kimia lainnya. 1,3-butadiena adalah salah satu senyawa penting dalam rantai produksi tersebut karena permintaan akan karet sintetis ini meningkat di seluruh dunia.

Senyawa dengan rumus molekul $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$. Senyawa ini dikenal juga dengan nama buta-1,3-diena, divinyl, atau vinyl ethylene, dan pada kondisi lingkungan normal ($P = 1 \text{ atm}$, $T = 30^\circ\text{C}$), 1,3-butadiena berbentuk gas yang tidak berwarna, mudah terbakar, bersifat reaktif, dan tidak korosif.

1,3-Butadiena banyak digunakan sebagai bahan baku dalam banyak industri, terutama dalam pembuatan karet sintetis seperti styrene-butadiene rubber (SBR) dan polybutadiene rubber (PBR), yang digunakan pada ban kendaraan bermotor. 1,3-butadiena juga digunakan untuk membuat plastik ABS, resin, dan bahan kimia seperti adiponitrile dan chloroprene. Penggunaan produk-produk ini meningkat di dalam dan di luar negeri mendorong permintaan 1,3-butadiena yang terus meningkat setiap tahunnya.

Akibat terbatasnya produksi 1,3-butadiena dalam skala kecil di Indonesia, sebagian besar kebutuhan masih dipenuhi dengan impor. Oleh karena itu, pabrik 1,3-butadiena harus didirikan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan nasional sekaligus memungkinkan ekspor. Diharapkan pembentukan pabrik ini akan menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan negara, dan mendorong pertumbuhan industri kimia lainnya yang bergantung pada 1,3-butadiena sebagai bahan baku utama.

1.2 Kapasitas Rancangan

Dalam menentukan kapasitas perancangan suatu pabrik 1,3-butadiena, perlu dilakukan peninjauan berdasarkan kapasitas minimum atau setara dengan kapasitas pabrik yang telah ada serta mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan dalam menetapkan kapasitas pabrik antara lain:

- a. Prediksi kebutuhan 1,3-butadiena di Indonesia.
- b. Ketersediaan bahan baku n-butana.
- c. Proses produksi yang digunakan, khususnya teknologi dehidrogenasi oksidatif.

1.2.1 Prediksi Kebutuhan 1,3 Butadiena di Indonesia

Permintaan akan 1,3-butadiena di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya industri yang menggunakan senyawa ini sebagai bahan baku, seperti industri karet sintetis, plastik, dan resin. Namun, hingga saat ini, kebutuhan tersebut sebagian besar masih dipenuhi melalui impor akibat belum adanya fasilitas produksi 1,3-butadiena dalam skala besar di dalam negeri.

Tabel 1. 1 Data Impor 1,3 Butadiena di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025)

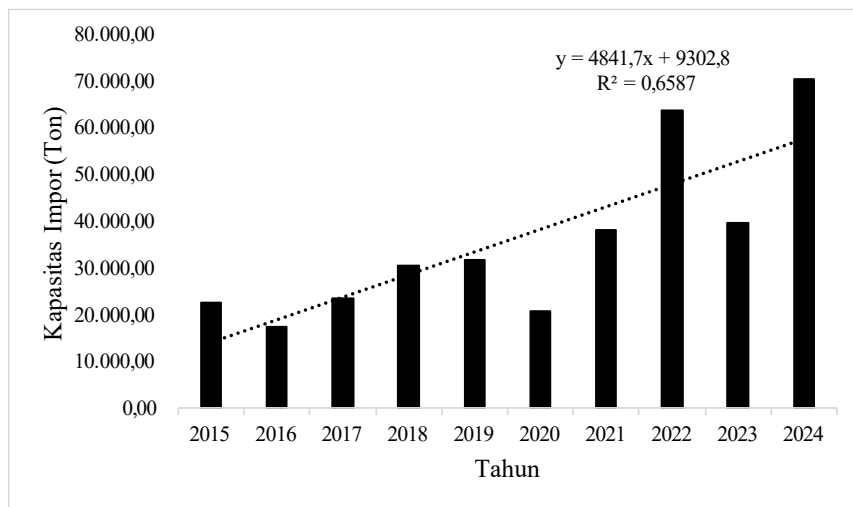
Tahun	Kapasitas (Ton)
2015	22.611,63
2016	17.608,27
2017	23.743,56
2018	30.514,73
2019	31.682,60
2020	20.770,16
2021	38.287,50
2022	63.889,33
2023	39.702,78
2024	70.509,40

Tabel 1. 2 Data Ekspor 1,3 Butadiena di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025)

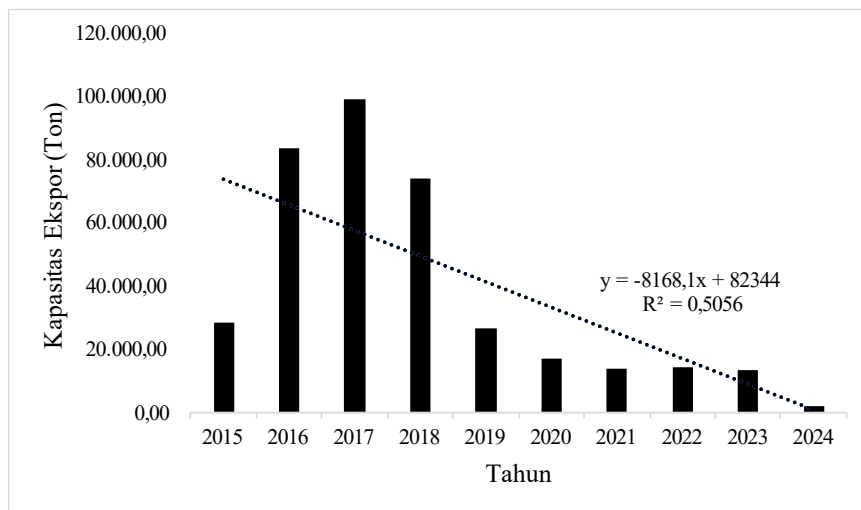
Tahun	Kapasitas (Ton)
2015	28.676,81
2016	83.809,85
2017	99.507,93
2018	74.475,32
2019	26.622,16
2020	17.082,96
2021	13.898,51
2022	14.500,58
2023	13.611,10
2024	2.005,96

Data impor 1,3-butadiena dalam kurun waktu 10 tahun terakhir menunjukkan grafik yang cenderung meningkat secara signifikan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, impor 1,3-butadiena terus mengalami lonjakan setiap tahunnya, menandakan adanya peluang pasar yang besar baik di pasar domestik maupun internasional.

Sementara itu, ekspor 1,3-butadiena dari Indonesia relatif rendah dan cenderung stagnan, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.2. Hal ini memperkuat urgensi pembangunan pabrik 1,3-butadiena di Indonesia guna memenuhi kebutuhan dalam negeri sekaligus meningkatkan potensi ekspor di masa mendatang.



Gambar 1. 1 Data Impor 1,3-Butadiena di Indonesia



Gambar 1.2 Data Ekspor 1,3-Butadiena di Indonesia

Metode yang akan digunakan untuk memprediksi data pembangunan pabrik 1,3-butadiena di tahun 2029 adalah menggunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun. Tabel 1.2. Data Impor Ekspor 1,3-butadiena di Indonesia dan Pertumbuhannya

Kebutuhan akan 1,3-butadiena diperkirakan akan terus meningkat, terutama karena pertumbuhan sektor otomotif dan industri kimia lainnya yang memerlukan bahan baku ini. Untuk itu, pembangunan pabrik 1,3-butadiena dengan mempertimbangkan kapasitas yang sesuai sangat penting dilakukan. Metode yang digunakan dalam menentukan kapasitas pabrik nantinya akan berdasarkan pada proyeksi pertumbuhan kebutuhan rata-rata per tahun, yang didukung dengan data impor dan konsumsi dalam negeri selama satu dekade terakhir.

1.2.2 Perhitungan Kapasitas Produksi

Direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2029. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dan ekspor dari tahun 2015-2024, sehingga perkiraan penggunaan 1,3-butadiena pada tahun 2029 dapat dihitung dengan rumus metode *discounted* sebagai berikut:

$$M = P \times (1 + i)^n$$

Dimana:

- M = Jumlah produk pada akhir tahun perhitungan
- P = Data besarnya impor dan ekspor pada tahun 2029
- M₁ = Nilai impor pada tahun 2029 (kg/tahun)
- M₂ = Nilai produksi pabrik dalam negeri (kg/tahun)
- M₃ = Kapasitas pabrik yang akan didirikan (kg/tahun)
- M₄ = Nilai ekspor pada tahun 2029 (kg/tahun)
- i = Rata-rata kenaikan impor setiap tahun
- n = Selisih tahun 2024 dan tahun 2029 (5 tahun)

Neraca Massa Peluang Kapasitas

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

Dimana:

- M₁ = Nilai impor pada tahun 2029 (kg/tahun)
- M₂ = Nilai produksi pabrik dalam negeri (kg/tahun)
- M₃ = Kapasitas pabrik yang akan didirikan (kg/tahun)
- M₄ = Nilai ekspor pada tahun 2029 (kg/tahun)
- a. Perkiraan Nilai Impor (M₅) pada tahun 2029

$$M_{2029} = P (1+i)^n$$

$$M_{2029} = 39.702 (1+ 18,40\%)^{(2029-2024)}$$

$$M_{2029} = 39.702 (1+ 0,1840)^{(5)}$$

$$M_{2029} = 39.702 (1,1840)^{(5)}$$

$$M_{2029} = 92.399.648 \text{ Ton/tahun}$$

- b. Perkiraan Nilai Ekspor (M_4) pada tahun 2029

$$M_{2029} = P (1+i)^n$$

$$M_{2029} = 37.777 (1+ 59,83\%)^{(2029-2024)}$$

$$M_{2029} = 37.777 (1+ 0,5983)^{(5)}$$

$$M_{2029} = 37.777 (1,5983)^{(5)}$$

$$M_{2029} = 394.001.254 \text{ Ton/tahun}$$

- c. Menghitung Peluang Kapasitas Berdasarkan Prediksi Data Ekspor dan Impor pada Tahun 2029

$$M_2 = 137.000 \text{ Ton/tahun}$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

$$M_3 = (137900438,76 \text{ Ton/tahun} + 92399648,23 \text{ Ton/tahun}) - (0 + 137.000)$$

$$M_3 = 93.300.087 \text{ Ton/tahun}$$

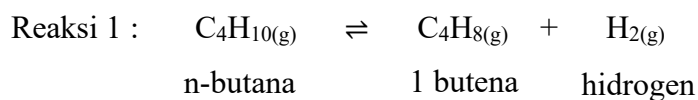
- d. Menghitung Kapasitas Produksi pada Tahun 2029

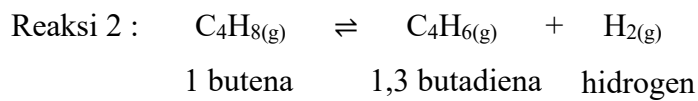
$$\text{Kapasitas Produksi} = 93.300.087 \text{ Kg/tahun}$$

$$= 93.300 \text{ Ton/tahun} \approx \mathbf{100.000 \text{ Ton/tahun}}$$

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi 1,3-butadiena adalah n-butana. N-butana akan didapatkan dari PT. Pertamina RU VI, Balongan, Jawa Barat yang mempunyai kapasitas produksi sebesar 700 ton/hari atau 252.000 ton/tahun. Pabrik 1,3-butadiena direncanakan dibangun di daerah Cilegon agar dapat mengoptimalkan *logistic*, akses bahan baku, distribusi produk serta meminimalkan risiko lingkungan dan sosial. Untuk menentukan kebutuhan bahan baku pembuatan 1,3-butadiena dapat dilakukan dengan perhitungan stoikiometri, dimana kapasitas produksi yang akan digunakan sebesar ton/tahun. Sehingga kebutuhan n-butana dihitung sebagai berikut:





1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi pabrik, maka perlu diketahui beberapa hal seperti sifat proses produksi 1,3-butadiena, salah satunya yaitu menentukan apakah pabrik termasuk dalam kategori *weight loss* atau *weight gain*.

- *Weight Loss*

Pabrik jenis *weight loss* merupakan pabrik yang menghasilkan produk dengan bobot lebih ringan dibandingkan bahan bakunya. Untuk jenis pabrik ini, sebaiknya lokasi pabrik ditempatkan dekat dengan sumber bahan baku guna mengurangi biaya transportasi yang tinggi dalam pengiriman bahan baku.

- *Weight Gain*

Pabrik jenis *weight gain* merupakan kebalikan dari konsep *weight loss*, yaitu pabrik yang menghasilkan produk dengan bobot lebih besar daripada bahan bakunya. Umumnya, pabrik jenis *weight gain* cenderung ditempatkan di daerah pemasaran industri yang biasanya tidak mengalami kesulitan dalam penggunaan bahan baku atau mudah diperoleh di daerah sekitarnya.

Penentuan lokasi pabrik didasarkan pada sejumlah pertimbangan, seperti ketersediaan bahan baku, utilitas, tenaga kerja, akses ke pasar, serta potensi pengembangan area pabrik di masa depan. Setelah mengevaluasi aspek-aspek tersebut, diputuskan bahwa pabrik 1,3 butadiena akan dibangun di kawasan industri Cilegon. Berdasarkan peta wilayah, lokasi tersebut memiliki lahan kosong yang direncanakan untuk dijadikan area pembangunan pabrik, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Lokasi Pendirian Pabrik 1,3-Butadiena

1.3.1 Sumber Bahan Baku

Lokasi pabrik berada di kawasan industri Cilegon, lokasi ini relatif tidak jauh dari penghasil bahan baku 1,3-butadiena yaitu n-butana yang diperoleh dari PT. Pertamina RU VI, Balongan. Pemilihan lokasi ini diharapkan dapat meminimalkan biaya transportasi dan lama waktu pengiriman. Selain itu, lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan laut Merak dan telah tersedia sarana transportasi jalan raya untuk mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk. Cilegon juga termasuk kawasan industri petrokimia yang ditetapkan oleh pemerintah sehingga tersedianya lahan dan infrastruktur yang memadai.

1.3.2 Sarana dan Transportasi

Sarana transportasi berperan penting dalam mendukung operasional suatu pabrik, terutama dalam hal penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Untuk mempermudah pengangkutan bahan baku, produk, dan bahan pendukung lainnya sebaiknya pabrik dibangun di lokasi yang mudah dijangkau oleh kendaraan besar. Ketersediaan sarana transportasi yang memadai, baik darat, laut, maupun udara, akan menunjang kelancaran pemenuhan kebutuhan domestik serta memperlancar kegiatan ekspor ke luar negeri.

1.3.3 Tenaga Kerja

Penentuan lokasi pabrik perlu ditunjang dengan sumber daya manusia yang memadai. Tenaga kerja yang dipilih berasal dari tenaga kerja ahli dan berpengalaman. Tentunya di Cilegon tidak akan menghadapi kendala yang berarti dalam hal ketersediaan tenaga kerja.

1.3.4 Pemasaran Produk

Orientasi pasar 1,3-butadiena adalah Banten dan sekitarnya karena terdapat banyak pabrik yang menggunakan 1,3-butadiena sebagai bahan baku maupun campuran pada pembuatan karet sintesis. Salah satu contohnya adalah PT Synthetic Rubber Indonesia di Cilegon yang membutuhkan 1,3-butadiena sebagai bahan baku pembuatan *Polybutadiene Rubber* dan *Styrene Butadiene Rubber*. Pabrik lainnya seperti PT Indorama Polypet Indonesia, PT Bama Putra Sarana Plastindo, PT Bina Relasi Plastindo, dan PT Prima Plastisindo juga membutuhkan 1,3-butadiena sebagai bahan baku pembuatan plastik ABS. Pabrik-pabrik ini berlokasi di Banten sehingga pendirian pabrik yang dekat dengan target pasar dapat memudahkan akses transportasi. Selain itu, terdapat hasil samping pabrik berupa 1-butena yang dapat dipasarkan ke PT Lotte Chemical, Cilegon sebagai bahan baku pembuatan *polyethylene*.

1.3.5 Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan adalah tenaga listrik, air, dan udara. Lokasi pendirian pabrik diperkirakan berada ± 500 meter dari tepi Waduk Nadra Krenceng yang merupakan penampungan air dari sungai Rawa Danau sehingga kebutuhan sarana utilitas air dapat dipenuhi dari air waduk. Kebutuhan tenaga listrik didapat dari PLN UPT Cilegon yang berjarak 1,35 km dari lokasi pabrik dan generator pembangkit tenaga listrik yang dibangun sendiri. Bahan bakar dapat diperoleh dari Pertamina *Refinery* Unit VI Balongan, Jawa Barat sebagai pemasok bahan bakar LPG.

1.3.6 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah menetapkan Cilegon sebagai kawasan industri, sehingga berperan sebagai fasilitator dengan menyediakan kemudahan dalam proses perizinan, perpajakan, serta berbagai aspek teknis yang berkaitan dengan pendirian pabrik.

1.3.7 Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik perlu mempertimbangkan rencana pengembangan area dalam jangka panjang, yakni 10 hingga 20 tahun ke depan. Hal ini bertujuan agar apabila di masa mendatang dibutuhkan perluasan, proses penambahan lahan dapat dilakukan tanpa hambatan.

Tabel 1. 3 Perbandingan Pemilihan Lokasi Pabrik

Parameter	Lokasi		
	Cilegon, Banten	Bontang, Kalimantan Timur	Gresik, Jawa Timur
Sumber Bahan Baku	Sangat strategis, dekat dengan Krakatau Steel dan klaster industri petrokimia besar	Lokasi ideal, sangat dekat dengan kilang LNG Badak dan sumber etana/propana melimpah	Cukup dekat dengan kawasan petrokimia, namun bahan baku sebagian perlu didatangkan
Sarana & Transportasi	Akses sangat baik: dekat jalan tol, pelabuhan besar, dan bandara internasional di Jakarta	Akses laut langsung ke pelabuhan ekspor khusus industri LNG, konektivitas logistik baik	Akses darat dan laut memadai, didukung pelabuhan Tanjung Perak
Tenaga Kerja	SDM industri kimia dan manufaktur tersedia dalam jumlah besar, terampil, dan mudah direkrut dari Jabodetabek	Tersedia SDM berpengalaman di sektor migas dan petrokimia, tetapi memerlukan pelatihan tambahan	Banyak tersedia SDM kimia, terutama dari Surabaya dan sekitarnya
Pemasaran Produk	Lokasi sangat strategis untuk pasar nasional (Jabodetabek) dan ekspor ke mancanegara	Akses ekspor sangat mudah melalui pelabuhan LNG, distribusi domestik melalui laut	Potensi pasar Jawa Timur dan ekspor ke Asia Tenggara cukup besar
Utilitas	Ketersediaan listrik dan air sangat	Utilitas lengkap tersedia langsung	Utilitas tersedia melalui fasilitas

	memadai, infrastruktur utilitas mendukung industri berat	dari kawasan industri migas	kawasan industri Gresik
Kebijakan Pemerintah	Dukungan penuh pemerintah daerah dan pusat terhadap pengembangan kawasan industri Cilegon, dengan regulasi stabil dan insentif investasi	Merupakan kawasan industri strategis nasional, dengan dukungan regulasi dan infrastruktur kuat	Dukungan pemerintah baik, kawasan industri aktif dan terus berkembang
Perluasan Pabrik	Lahan industri masih luas dan tersedia, dengan potensi ekspansi jangka panjang yang tinggi	Masih tersedia lahan dalam kawasan LNG dan KI Bontang	Perluasan dimungkinkan, tergantung pada ketersediaan lahan industri di Gresik

Setelah meninjau hasil komparasi pada Tabel 1. 3, maka lokasi yang dipilih untuk pembangunan pabrik 1,3-Butadiena adalah di Kota Cilegon, Provinsi Banten. Adapun pertimbangan-pertimbangan yang mendasari pemilihan Kota Cilegon sebagai lokasi pembangunan pabrik adalah sebagai berikut:

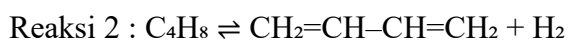
1. Bahan baku utama dalam produksi 1,3-Butadiena berasal dari fraksi C₄ hasil proses *cracking* hidrokarbon ringan seperti etana, propana, dan butana. Di Cilegon, bahan baku ini dapat diperoleh dari kilang milik Pertamina dan fasilitas petrokimia lainnya yang sudah beroperasi di kawasan. Kedekatan lokasi dengan sumber bahan baku memperkecil biaya logistik dan menjamin kontinuitas suplai untuk proses produksi.
2. Kebutuhan utilitas seperti gas, listrik, dan air proses dapat dipenuhi dengan baik di kawasan industri Cilegon. Pasokan listrik tersedia dari jaringan PLN maupun pembangkit listrik industri. Air proses disuplai oleh penyedia air industri di kawasan.

Infrastruktur pendukung lainnya, seperti jaringan pipa dan fasilitas penanganan limbah, juga telah tersedia dan terintegrasi dalam kawasan industri petrokimia.

3. Cilegon memiliki posisi yang sangat strategis dalam hal logistik dan distribusi. Tersedia akses langsung ke jalan tol Trans-Jawa, pelabuhan industri Krakatau Bandar Samudera, dan kedekatan dengan Pelabuhan Merak serta Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Hal ini memudahkan pengangkutan bahan baku maupun distribusi produk ke pasar domestik (terutama Jabodetabek) dan ekspor.
4. Sebagai salah satu kota industri terbesar di Indonesia, Cilegon memiliki tenaga kerja terampil di bidang kimia, manufaktur, dan petrokimia. Selain tenaga lokal dari Banten, dukungan tenaga kerja dari wilayah Jabodetabek juga mudah diakses. Ini mengurangi kebutuhan pelatihan lanjutan dan meningkatkan efisiensi operasional.
5. Pemerintah daerah dan pusat secara aktif mendukung pengembangan kawasan industri Cilegon melalui regulasi yang stabil dan insentif investasi. Tersedia lahan industri yang cukup luas untuk pengembangan jangka panjang, sehingga memungkinkan perluasan kapasitas pabrik di masa depan.

1.4 Tinjauan Proses

Produksi 1,3-butadiena melalui proses *Houdry* melibatkan reaksi dehidrogenasi katalitik terhadap butana. Reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses ini meliputi:



Reaksi-reaksi tersebut berlangsung dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan menggunakan katalis Chromia Alumina. Proses ini dioperasikan pada suhu 500–600 °C dan tekanan 1 atm.

Tingkat konversi yang dicapai untuk reaksi pertama adalah sebesar 75%, sedangkan untuk reaksi kedua mencapai 73%.

1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan 1,3 Butadiena

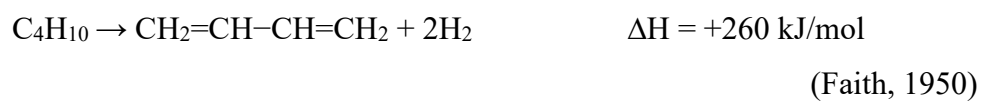
Terdapat beberapa jenis proses yang dapat digunakan dalam produksi 1,3 butadiena, di antaranya adalah :

1. *Houdry*

Proses produksi butadiena menggunakan metode *Houdry* dilakukan melalui dehidrogenasi n-butana dalam reaktor alir tipe *fixed bed multitube* pada tekanan sekitar 1 atm dan suhu berkisar antara 325 hingga 600 °C. Katalis yang digunakan dalam proses

ini adalah alumina chromia. Bahan baku berupa n-butana, baik dari umpan segar maupun aliran daur ulang (*recycle*), terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu 600 °C menggunakan preheater, sebelum dialirkan ke reaktor yang berisi katalis. Reaksi ini menghasilkan produk utama berupa butadiena, serta produk samping berupa butena dan hidrogen. Campuran hasil reaksi kemudian dialirkan melalui *waste heat boiler* untuk pengondisian suhu, sebelum memasuki unit pemurnian berupa menara distilasi. Proses *Houdry* ini mampu mencapai konversi sebesar 80–90% dengan hasil (*yield*) sekitar 60–65% berat. (Othmer, 1964).

Reaksi utama :



2. Pirolisis Hidrokarbon

Campuran umpan yang terdiri dari etana, propana, butana, dan nafta dialirkan ke dalam reaktor furnace, di mana langsung mengalami proses perengkahan. Reaksi perengkahan berlangsung pada suhu tinggi, yaitu antara 790 hingga 830 °C. Pada rentang temperatur ini, komponen dalam campuran umpan terurai menjadi berbagai produk seperti hidrogen, propilena, etilena, butadiena, toluena, dan benzena. Setelah keluar dari reaktor, campuran produk segera didinginkan secara mendadak dalam *quench tower* untuk mencegah pembentukan karbon. Selanjutnya, pemurnian butadiena dilakukan dengan metode distilasi ekstraktif, menggunakan pelarut seperti acetonitril, *N-methylpyrrolidone* (NMP), atau dimetilformamida (DMF), guna memperoleh butadiena dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Proses ini menghasilkan *yield* sekitar 3,5% berat (Othmer, 1964).

3. Dehidrogenasi Etanol

Produksi butadiena dari etanol dilakukan melalui dua tahap reaksi utama, yaitu:

- a. Dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehida
- b. Reaksi antara etanol yang tidak bereaksi dengan asetaldehida



Pada tahap pertama, etanol dengan kemurnian 96% dialirkan ke dalam *vaporizer* untuk diubah menjadi fase uap. Uap etanol kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pertama yang menggunakan katalis tembaga (copper) untuk menjalankan reaksi

dehidrogenasi, menghasilkan asetaldehida. Proses ini memiliki *yield* sebesar 92%. Asetaldehida hasil reaksi pertama direaksikan dengan etanol berlebih dalam rasio 1:3 (asetaldehida:etanol) di reaktor kedua. Reaktor ini menggunakan katalis berbahan dasar tantalum-silika, yaitu silika gel yang mengandung 2% tantalum pentoksida. Reaksi berlangsung pada tekanan atmosfer dan suhu antara 325–350 °C. Proses keseluruhan menghasilkan butadiena dengan *yield* total sekitar 28–30%. Tahap akhir berupa pemurnian produk butadiena dilakukan melalui proses distilasi untuk memperoleh kemurnian yang diinginkan.

4. Proses Philips

Salah satu metode konversi butana menjadi butadiena secara katalitik adalah melalui proses Philips. Proses ini menggunakan umpan berupa butana yang mengalami dua tahapan reaksi utama, yaitu oksidasi butana dan dehidrogenasi butana. Secara umum, proses produksi butadiena melalui metode ini terdiri atas lima tahapan, yaitu: preparasi bahan baku, reaksi, pemisahan, dan pemurnian produk akhir (Wibowo, 2012).

Reaksi pertama berlangsung dalam reaktor pada suhu sekitar 621 °C dan tekanan 0,2 atm, dengan menggunakan katalis chromia alumina. Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut:



Konversi yang dicapai dari reaksi ini adalah sekitar 90%.

Reaksi berikutnya merupakan oksidasi butena menjadi butadiena, yang berlangsung pada tekanan 1 atm:



Dengan konversi reaksi sebesar 30%.

Sebelum memasuki tahap pemurnian, butadiena terlebih dahulu dipisahkan dari campuran senyawa lainnya. Pada proses pemurnian, dilakukan pencucian menggunakan air pendingin. Hasil dari proses ini adalah air yang dikumpulkan di bagian bawah (*bottom*) dan butadiena yang telah didinginkan di bagian atas (*top*) dari kolom pemisahan (Wibowo, 2012).

1.4.2 Kegunaan Produk

Salah satu kegunaan utama 1,3-butadiena adalah sebagai bahan baku untuk pembuatan karet sintetis dan elastomer, seperti *Acrylonitrile Butadiene Styrene Rubber* (ABS). Selain itu, 1,3-butadiena juga sangat penting sebagai bahan baku pembuatan

Hydroxy Terminated Polybutadiene (HTPB), yang digunakan dalam pembuatan propelan roket, sebuah material dengan nilai strategis tinggi. Permintaan terhadap butadiena semakin meningkat seiring dengan tingginya harga karet alam, sehingga karet sintetis dapat menjadi pengganti yang lebih terjangkau. Selain itu, 1,3-butadiena digunakan sebagai bahan intermediate atau setengah jadi dalam industri karet sintetis, serta dalam industri polimer, resin, dan adiponitril. Pada industri plastik, 1,3-butadiena dapat meningkatkan fleksibilitas plastik. Butadiena juga digunakan dalam pembuatan *sulfolanil eter sintetik* sebagai aditif cairan hidrolisis dalam industri plastik, di mana butadiena sulfon atau 3-sulfolen berperan. Kegunaan lain dari 1,3-butadiena adalah sebagai monomer dalam pembuatan karet sintetis, khususnya *Akrilonitril Butadiena Stirena* (ABS) dan *polybutadiene*. Dalam industri kimia, 1,3-butadiena digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan bahan kimia seperti *4-vinylcyclohexene* melalui reaksi dimerisasi, serta *cyclododecatiene* melalui reaksi trimerisasi. Selain itu, 1,3-butadiena juga digunakan untuk mensintesis sikloalkana dan sikloalkena. Terakhir, turunan dari 1,3-butadiena dimanfaatkan dalam pembuatan produk kosmetik.

1.4.3 Sifat Fisik dan Kimia

1.4.3.1 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

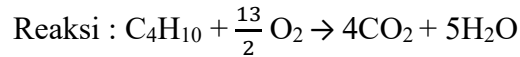
1. N-Butana

- Sifat Fisik:

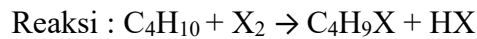
Rumus molekul	: C_4H_{10}
Berat molekul	: 58,124 gr/gr mol
Fase	: gas pada $P = 1 \text{ atm}$, $T = 30^\circ\text{C}$
Titik beku	: $-138,4^\circ\text{C}$
Titik didih	: $-0,5^\circ\text{C}$
<i>Specific gravity</i> pada 20°C	: 0,5788
Densitas	: 2,52 g/l
Temperatur kritis	: 152°C
Tekanan kritis	: 550,07 psia
Volume kritis	: 0,0702 ft^3/lb
Panas pembakaran	: 21,12 Btu/lb (pada 77°F)
Panas laten (pada 25°C)	: 86,63 kal/g
Panas spesifik	: 0,549 kal/g $^\circ\text{C}$

- Sifat Kimia:

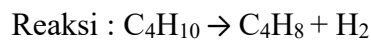
- a. Dengan O₂ berlebih mengalami reaksi pembakaran membentuk H₂O dan CO₂.



- b. Dengan halogen mengalami reaksi substitusi membentuk halida.



- c. Pada pemanasan suhu tinggi terjadi reaksi dehidrogenasi.



(Kirk, 2004)

2. 1-Butena

- Sifat Fisik:

Rumus molekul	: C ₄ H ₈
Berat molekul	: 56,107 gr/gr mol
Fase	: gas pada P = 1 atm, T = 30°C
Titik beku	: -185,35 °C
Titik didih	: -6,25 °C
<i>Specific gravity</i> pada 20°C	: 0,5788
Densitas	: 2,52 g/l
Temperatur kritis	: 146,44 °C
Tekanan kritis	: 550,07 psia
Volume kritis	: 0,0702 ft ³ /lb
Panas pembakaran	: 21,12 Btu/lb (pada 77 °F)
Panas laten (pada 25°C)	: 86,63 kal/g
Panas spesifik	: 0,549 kal/g °C

1.4.3.2 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pembantu

1. Katalis Chromia Alumina

Bentuk	: Pellet silinder
Fase	: Padat
Densitas	: 0,78 g/cm ³
Komposisi	: 80% Al ₂ O ₃ , 20%Cr ₂ O ₃

(Faith, 1950)

1.4.3.3 Sifat Fisik dan Kimia Produk

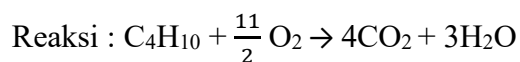
1. 1,3-Butadiena

- Sifat Fisik:

Rumus molekul	: C ₄ H ₆
Berat molekul	: 54,092 gr/gr mol
Fase	: gas pada P = 1 atm, T = 30°C
Titik beku	: -108,902 °C
Titik didih	: -4,411 °C
Densitas cairan pada 25 °C	: 0,6194 g/mL
Temperatur kritis	: 152 °C
Tekanan kritis	: 42,7 atm
Volume kritis	: 221 cm ³ /mol
Panas pembakaran pada 25 °C:	21,12 Btu/lb (pada 77 °F)
Panas pembakaran liquid	: 88,7 kJ/mol
Panas pembentukan gas	: 110,165 kJ/mol
Panas penguapan pada 25 °C	: 389 J/g
Kapasitas panas pada 25 °C	: 79,538 J/mol K
Kelarutan butadiena dalam air:	0,06% berat

- Sifat Kimia:

- a. Dengan O₂ berlebih mengalami reaksi pembakaran membentuk H₂O dan CO₂.



- b. Monomer butadiene dan monomer lain dapat bereaksi membentuk polimer. Misalnya butadiene dengan akrilonitril membentuk *polimer acrylonitrile-butadiene copolymers (nitrile-butadiene rubber)* dengan cara polimerisasi emulsi.

(Kirk, 2004)

1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

Tabel 1. 4 Perbandingan Metode Produksi 1,3 butadiena

Parameter	Proses		
	Proses <i>Houdry</i>	1,3 Butadiena dari Etanol	Proses Philips
Bahan Baku	Butana	Etanol	Butana
Suhu (°C)	600°C	325-500 °C	621 °C
Tekanan (atm)	1 atm	1,2 atm	0,2 atm – 1 atm
Konversi (%)	90-95%	80-90%	30%
Katalis	Chromia alumina	Chromia alumina/tantala silika, tantalum pentox	Chromia alumina
Kelebihan	Konversi tinggi, Proses sederhana, dan menggunakan 1 katalis	Konversi cukup tinggi	Menggunakan 1 katalis
Kekurangan	Suhu reaksi tinggi	Konversi rendah, menggunakan 2 katalis	Konversi rendah, alat mahal dan rumit

Berdasarkan pertimbangan terhadap keseluruhan metode produksi 1,3-butadiena, yang mencakup parameter-parameter teknis, ketersediaan bahan baku, serta kelebihan dan kekurangan masing-masing proses, maka pabrik 1,3-butadiena akan dibangun dengan menggunakan proses *Houdry*. Pemilihan proses ini didasarkan pada efisiensinya dalam menghasilkan 1,3-butadiena dari butana, yang tidak memerlukan banyak reaktor dan kolom distilasi, sehingga dapat mengurangi kebutuhan modal awal dalam pembangunan pabrik.