

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perancangan pabrik *Phthalic Anhydride* (PA) yang akan beroperasi pada tahun kedepan di Indonesia bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik akan bahan kimia industri yang penting. PA merupakan bahan baku utama dalam produksi plasticizer, resin alkid, resin poliester tak jenuh (UPR), dan pewarna, yang banyak digunakan dalam industri konstruksi, otomotif, dan barang konsumsi. Dengan meningkatnya permintaan terhadap produk-produk tersebut, pembangunan pabrik PA di Indonesia diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada impor dan mendukung pertumbuhan industri hilir (6WResearch, 2023).

Indonesia memiliki potensi besar dalam industri petrokimia, dengan salah satu sektor yang dominan adalah produksi PA. Pasar PA di Indonesia diproyeksikan akan mengalami pertumbuhan yang stabil hingga tahun 2026, didorong oleh meningkatnya permintaan dari industri hilir seperti cat dan pelapis, serta penggunaan plastik yang semakin meluas karena karakteristiknya yang unggul. (Exactitude Consultacy, 2025). Pabrik PA ini akan menggunakan teknologi proses oksidasi katalitik *orto-xilena* metode *Von Heyden* merupakan metode yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan proses oksidasi naftalena. Proses ini telah terbukti efisien dalam menghasilkan PA dengan kualitas tinggi dan biaya produksi yang kompetitif. Dengan penerapan teknologi ini, pabrik diharapkan dapat beroperasi secara optimal dan memenuhi standar lingkungan yang berlaku (Mobility Foresights, 2025).

Phthalic anhydride banyak dimanfaatkan dalam industri kimia, dengan sekitar 55% digunakan sebagai bahan baku *plasticizer*, khususnya *dioctyl phthalate* yang populer karena kemampuannya meningkatkan elastisitas material (Kirk & Orthmer, 2007; Ullmann, 2002). Selain itu, 14% digunakan untuk produksi resin poliester tak jenuh (UPR), dan 15% untuk resin alkid, sedangkan sisanya digunakan dalam aplikasi lain. Saat ini, kebutuhan domestik Indonesia hanya dipasok oleh satu produsen utama, yaitu PT Petrowidada di Gresik, dengan kapasitas 70.000 ton per tahun, sementara sisanya harus diimpor. Menurut data Kementerian Perindustrian yang diolah dari BPS, impor *phthalic anhydride* mencapai 54.098 ton pada tahun 2021, menunjukkan masih tingginya ketergantungan pada pasokan luar negeri. Oleh karena itu, pembangunan pabrik baru di

Indonesia diharapkan dapat mengurangi impor, memperkuat industri hilir, menciptakan lapangan kerja, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Letak geografis Indonesia yang strategis dekat pasar Asia Tenggara dan Asia Timur juga mendukung efisiensi distribusi ke pasar domestik maupun internasional.

1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas perancangan merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam merancang suatu industri. Kapasitas produksi yang semakin besar akan memungkinkan keuntungan yang diperoleh suatu industri juga semakin besar. Dalam menentukan kapasitas perancangan suatu industri terdapat beberapa factor yang perlu dipertimbangan. Faktor-faktor tersebut meliputi :

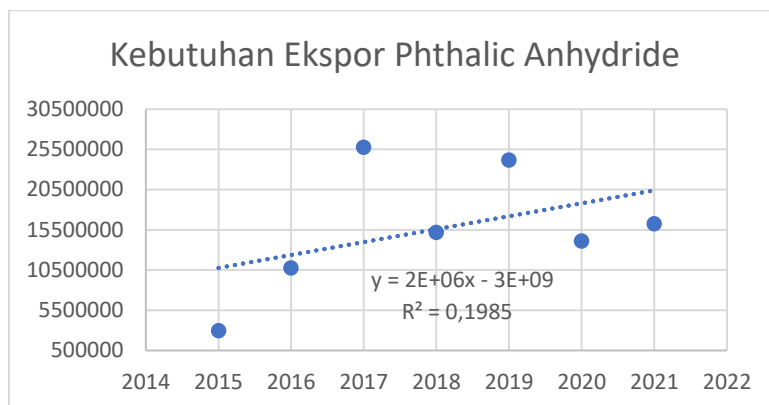
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar *Phthalic Anhydride* di Indonesia

Kebutuhan *Phthalic Anhydride* di Indonesia terus mengalami peningkatan tiap tahunnya Menurut data Badan Pusat Statistika (2021), kebutuhan *Phthalic Anhydride* di Indonesia sampai tahun 2024 belum terpenuhi, hal ini dikarenakan produksi *Phthalic Anhydride* di Indonesia hanya diproduksi oleh PT. Petrowidada yang mana setiap tahunnya memiliki kapasitas sebesar 70.000 ton. Akan tetapi hasil dari produksi *Phthalic Anhydride* ini tidak semua dipakai dalam kebutuhan dalam negeri hal ini disebabkan penjualan diluar negeri lebih menguntungkan. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang masih kurang dilakukan impor dari beberapa negara seperti China, Jerman, Jepang, Korea Selatan, dan beberapa negara lainnya. Kebutuhan dalam negeri dapat diprediksikan melalui nilai impor, ekspor, produksi, dan konsumsi.

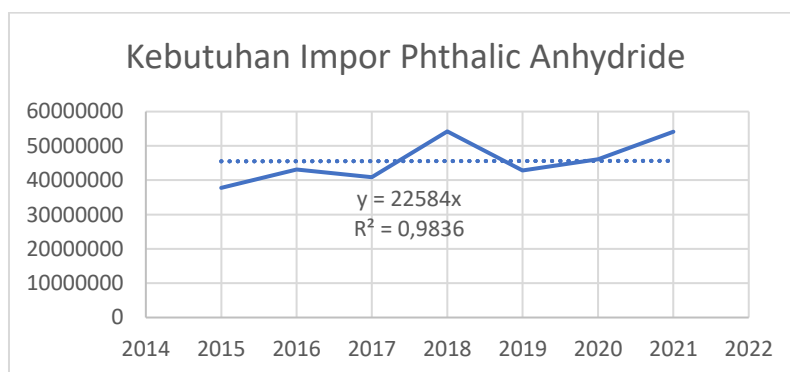
Tabel 1. 1 Data Ekspor dan Impor *Phthalic Anhydride* Tahun 2015-2021

Data Ekspor			Data Impor		
Tahun	Volume (kg) (ton/Tahun)	Volume (Ton) (ton/Tahun)	Tahun	Volume (kg) (ton/Tahun)	Volume (Ton) (ton/Tahun)
2015	2940000	2940	2015	37777131	37777,131
2016	10736000	10736	2016	43084106	43084,106
2017	25773000	25773	2017	40906410	40906,41
2018	15166000	15166	2018	54223269	54223,269
2019	24180000	24180	2019	42795606	42795,606
2020	14080000	14080	2020	46102788	46102,788
2021	16235000	16235	2021	54098963	54098,963

(Sumber : www.bps.go.id)



Gambar 1. 1 Grafik Regresi Linear Data Ekspor Phthalic Anhidride Tahun 2015-2021



Gambar 1. 2 Grafik Regresi Linear Data Impor Phthalic Anhidride Tahun 2015-2021

Pada grafik regresi linear antara data impor dan ekspor *Phthalic Anhidride* Tahun 2015-2021 mengalami peningkatan hal ini menunjukkan adanya tren positif atau peningkatan yang konsisten dalam jumlah barang yang diimpor dan dieskpor selama periode waktu tertentu

Tabel 1. 2 Proyeksi Ekspor dan Impor Phthalic Anhidride 7 Tahun kedepan

Data Ekspor			Data Impor		
Tahun	Volume (kg) (ton/Tahun)	Volume (Ton) (ton/Tahun)	Tahun	Volume (kg) (ton/Tahun)	Volume (Ton) (ton/Tahun)
2022	1044000000	1044000	2022	46987236	46987,236
2023	1046000000	1046000	2023	47010474	47010,474
2024	1048000000	1048000	2024	47033712	47033,712
2025	1050000000	1050000	2025	47056950	47056,95

2026	1052000000	1052000	2026	47080188	47080,188
2027	1054000000	1054000	2027	47103426	47103,426
2028	1056000000	1056000	2028	47126664	47126,664

Proyeksi ekspor dan impor *Phthalic Anhidride* pada 7 tahun ke depan cenderung naik mencerminkan pandangan positif bahwa kegiatan perdagangan internasional akan terus berkembang dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan. Selain itu, pertumbuhan ekonomi yang stabil, peningkatan permintaan global dan local semakin meningkat, diversifikasi pasar ekspor mencerminkan upaya untuk memperluas pasar ekspor diberbagai negara baru ditunjukkan oleh kenaikan hasil proyeksi beberapa tahun kedepan pada ekspor dan impor *Phthalic Anhidride* ini. Penggunaan *Phthalic Anhydride* diperkirakan akan mengalami peningkatan setiap tahunnya karena perkembangan dari sektor industri di Indonesia yang menggunakan *Phthalic Anhydride* sebagai bahan baku utama proses produksinya. *Phthalic Anhydride* dalam industri biasanya digunakan sebagai *plasticizer* (55%), *Unsaturated Polyester* (14%), *Alkyd resin* (15%) dan lain-lain.

1.2.2 Kapasitas yang digunakan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditetapkan sesudah mengetahui peluang kapasitas yang jumlahnya sangat dipengaruhi oleh nilai impor, ekspor, produksi dan konsumsi setiap tahunnya atau perkembangan industri untuk kurun waktu tertentu. Perhitungan kapasitas dengan persamaan berikut :



Keterangan :

M1 : Kapasitas pabrik yang sudah ada di Indonesia

M2 : Kapasitas pabrik yang dibutuhkan Indonesia

M3 : Kebutuhan ekspor luar negeri

M4 : Konsumsi dalam negeri

(Pratama & Puteri, 2018)

Kapasitas pabrik yang dibutuhkan = (M4 + M3) - (M1)

Tabel 1. 3 Data pabrik penghasil *Phthalic Anhydride* di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Petrowidada	Indonesia	70000

Tabel 1. 4 Kebutuhan Pabrik Phthalic Anhydride di Negara ASEAN

Negara	Jumlah (ton/tahun)
Thailand	7,876
Vietnam	34,191
Malaysia	25,004
Singapura	6,635
Total	73,706

(Sumber : Trademap.org)

Tabel 1. 5 Kebutuhan Phthalic Anhydride untuk 7 tahun kedepan

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2022	1020987,236
2023	1023010,474
2024	1025033,712
2025	1027056,95
2026	1029080,188
2027	1031103,426
2028	1033126,664

Kapasitas pabrik yang dibutuhkan pada tahun 2028 ialah sebesar 1.033.126,664 ton/tahun dengan peraturan monopoli perdagangan mengikuti UU NO 5 Tahun 1999 Bab IV tentang kegiatan yang dilarang pada pasal 17 ayat (2c) dengan presentasi monopoli perdagangan maksimal 50%. Pada pabrik yang dibangun ini akan diambil 10%.

Sehingga kapasitas pabrik yang akan dibangun ialah $10\% \times 1.033.126,664 = 103.312,6664$ atau dapat dipertimbangkan kapasitas pabrik sebesar 103.000 Ton/Tahun

1.2.3 Kapasitas Minimum Pabrik Sejenis

Kapasitas pabrik yang didirikan harus diatas kapasitas minimum pabrik atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah atau sedang berjalan. Berikut merupakan daftar pabrik *Phthalic Anhydride* yang sudah berjalan di Indonesia dan di dunia sebagai berikut :

Tabel 1. 6 Pabrik Phthalic Anhydride yang Telah Beroperasi

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Petrowidada	Indonesia	70000
BASF	Jerman	140000

LANXESS	Jerman	115000
Ostend Basic Chemical	Belgia	100000
Exxon Mobil Chemical	Belanda	100000
Polynt	Italia	87000
Atmosa Petrochimie	Austria	50000
Petkim Petrokimiya	Turki	49000
Deza	Republic Ceko	48000
Rutgres Chemical	Belgia	40000
Perstop	Swedia	35000
Nan Ya Plastic	Taiwan	280000
Aekyung Petrochemical	Korsel	210000
Shandong Hongxin Chemical	China	180000
Anhui Tongling Chemical	China	120000
IG Petrochemicals	India	120000
Zhenjian Union Chemical	China	120000
Thirumalai Chemicals	India	115000
Steppan Chemical	Amerika	90000
Shanghai Coking and Chemical	China	100000

Dari Tabel 1.6 dapat dilihat kapasitas produksi *Phthalic Anhydride* yang sudah beroperasi berkisar antara 35.000 – 210.000 ton per tahun yang masing-masing dioperasikan oleh Perstop, Swedia dan Aekyung Petrochemical, Korea Selatan.

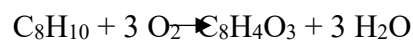
Dengan mempertimbangkan kebutuhan dalam negeri dan luar negeri yang semakin meningkat maka dalam perancangan dipilih kapasitas 103.000 ton/tahun dengan pertimbangan:

- Dapat ikut serta memenuhi kebutuhan *Phthalic Anhydride* dalam negeri dan luar negeri yang diperkirakan pada tahun 2028 mencapai 103.000 ton/tahun dan terus meningkat setiap tahunnya.
- Mengurangi impor sehingga kebutuhan *Phthalic Anhydride* tidak bergantung pada negara lain.
- Dapat memberikan keuntungan karena mampu produksi *Phthalic Anhydride* dengan kapasitas yang dirancang untuk di ekspor dan telah melampaui kapasitas

minimum pabrik yang telah beroperasi. Dapat meningkatkan pendapatan untuk negara Indonesia.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu faktor penting dalam menunjang kelancaran proses produksi adalah ketersediaan bahan baku. Bahan baku pembuatan *Phthalic Anhydride* dengan reaksi oksidasi adalah *Ortho-xylene* dan oksigen. Untuk menghasilkan *Phthalic Anhydride* sebanyak 103.000 ton/tahun, maka kebutuhan *Ortho-xylene* dan oksigen ditentukan melalui perhitungan stoikiometri berdasarkan reaksi oksidasi. Berikut adalah perhitungan kebutuhan *Ortho-xylene* dan oksigen menurut stoikiometri reaksi oksidasi :



Perbandingan mol *O-xylene* : mol oksigen : mol *Phthalic Anhydride*

$$\begin{aligned} \text{mol } \textit{Phthalic Anhydride} &= \frac{103.000}{148,1} \\ &= 695,476 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol } \textit{O-xylene} &= 1 \times \text{Mol } \textit{Phthalic Anhydride} \\ &= 695,476 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Oksigen} &= 3 \times \text{Mol } \textit{Phthalic Anhydride} \\ &= 2.086,43 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan } \textit{O-xylene} = 695,476 \times 106 = 73.720,456 \text{ ton}$$

$$\text{Kebutuhan Oksigen} = 2.086,43 \times 32 = 66.765,76 \text{ ton}$$

Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku, *Ortho-xylene* di dapatkan dari industri dalam negeri yaitu PT. Trans Pasific Petrochemical Indotama, katalis Vanadium Petaoksida didapatkan dari Zibo Jiashitai Chemical Technology Co., Limited di China, sedangkan untuk oksigen diperoleh secara bebas dilokasi pabrik didirikan. Adapun negeri-negara yang memproduksi *O-xylene* disajikan dalam Tabel 1.7 berikut:

Tabel 1. 7 Pabrik Potensial menjadi Importir Bahan Baku Pabrik *Phthalic Anhydride*

Ortho-xylene		
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Trans Pasific		
Petrochemical Indotama	Indonesia	600000
Indian Petrochem	India	420000
Chemical and Firbe Corp	Shanghai, China	480000
Shanghai Petrochemical (SPC)	Pakistan	100000

Bahan baku *Ortho-xylene* diperoleh dari PT Trans Pasific Petrochemical Indotama di Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 600.000 ton/tahun. Kapasitas produksi ini memenuhi kebutuhan *Ortho-xylene* pabrik *Phthalic Anhydride* yang akan didirikan sebesar 73.720,456 ton. Angka ini tidak mencapai 5% dari total produksi *Ortho-xylene* PT Trans Pacific Petrochemical Indotama per tahun sehingga tidak dibutuhkan penyuplai bahan baku lain.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan keputusan strategis yang krusial, dan salah satu pertimbangan penting adalah apakah proses produksi tergolong *weight gain* atau *weight loss*. Proses *weight gain*, di mana produk akhir lebih berat dari reaktan awal, seperti pada produksi *Phthalic Anhydride*, akan lebih optimal jika berlokasi dekat dengan pasar untuk meminimalkan biaya transportasi produk jadi. Sebaliknya, proses *weight loss*, di mana produk akhir lebih ringan dari reaktan, akan lebih efisien jika berlokasi dekat sumber bahan baku. Selain itu, faktor-faktor lain seperti ketersediaan bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, lingkungan, dan biaya juga harus dianalisis secara komprehensif untuk menentukan lokasi pabrik yang paling optimal. Pada penentuan lokasi pabrik harus mempertimbangkan beberapa faktor, hal ini agar mendapat lokasi yang tepat dan biaya yang minimum untuk pembangunan pabrik dan transportasi. Pendirian pabrik *Phthalic Anhydride* ada 3 tempat yang berpotensi dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik yaitu Cilegon, Tuban dan Gresik, 3 lokasi ini berpotensi karena mempunyai potensi tersendiri antara lain pada daerah Tuban pengambilan bahan baku akan menjadi mudah sedangkan potensi di daerah Cilegon adalah pemasaran produk yang mudah dan gampang diakses konsumen. Beberapa faktor pendukung yang memungkinkan untuk dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik *Phthalic Anhydride* antara lain Cilegon, dan Tuban. Lokasi pabrik ditentukan berdasarkan perbandingan aspek-aspek dalam matriks berikut:

Tabel 1. 8 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik Phthalic Anhydride

Kriteria	Cilegon	Tuban	Gresik
Harga Tanah	Rp2.700.000/m ² -Rp6.000.000/m ²	Rp1.700.000/m ² - Rp5.500.000/m ²	Rp1.000.000/m ² - Rp6.000.000/m ²
Skor	2	4	2
Bahan Baku	C ₈ H ₁₀ dari PT.TPI PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama, Tuban. Katalis Vanadium Pentaoksida didapatkan dari Zibo Jiashitai Chemical Technology Co, Limited di China	C ₈ H ₁₀ dari PT.TPI PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama, Tuban. Katalis Vanadium Pentaoksida didapatkan dari Zibo Jiashitai Chemical Technology Co, Limited di China	C ₈ H ₁₀ dari PT.TPI PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama, Tuban. Katalis Vanadium Pentaoksida didapatkan dari Zibo Jiashitai Chemical Technology Co, Limited di China
Skor	2	5	4
Transportasi	Sarana perhubungan darat: Dilewati tol trans Jawa Air: Pelabuhan Merak Udara: Bandara Soekarno Hatta	Jalur transportasi Darat, Udara: Bandar Udara Internasional Juanda	Jalur transportasi darat, Air: Pelabuhan JIPE Udara: Bandar Udara Internasional Juanda
Skor	4	2	4
Listrik	Penyediaan energi Listrik dapat diperoleh dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator. Memadai untuk digunakan industri.	Penyediaan energi Listrik dapat diperoleh dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator. Memadai untuk digunakan industri	Penyediaan energi Listrik dapat diperoleh dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator. Memadai untuk digunakan industri
Skor	4	4	4
Air	Pengolahan air di-supply dari aliran Sungai Cidanau dan laut apabila tidak mencukupi, di Kawasan Industri Cilegon terdapat pabrik penyedia air yaitu PT. Krakatau Tirta Indonesia.	Pengolahan air di-supply dari aliran Sungai Bengawan Solo dan laut.	Pengolahan air di-supply dari aliran Sungai Bengawan Solo dan laut.
Skor	4	2	2
Tenaga Kerja	Potensi Sumber Daya Manusia Baik. 450,51 ribu jiwa penduduk usia produktif sebesar 90,32%, dan sisanya 9,68% menganggur.	Potensi Sumber Daya Manusia Baik 1.258.368 jiwa.	Potensi Sumber Daya Manusia Baik 1.304.203 jiwa penduduk usia produktif 60,45%.
Skor	4	2	2
Lokasi pasar	Pasar produk <i>Phthalic Anhydride</i> di Indonesia didominasi di daerah Banten. Jarak antara lokasi pabrik dengan segmen pasar relatif dekat.	Pasar produk <i>Phthalic Anhydride</i> di Indonesia didominasi di daerah Banten.	Pasar produk <i>Phthalic Anhydride</i> di Indonesia didominasi di daerah Banten.

Skor	5	2	2
Limbah	Limbah dapat dibuang di sungai Cidanau dan laut Pelabuhan Merak setelah water treatment.	Limbah dapat dibuang di sungai dan laut setelah water treatment.	Limbah dapat dibuang di sungai dan laut Pelabuhan JIPE setelah water treatment
Skor	4	2	4
Kebijakan pemerintah daerah	Pemerintah daerah mempertegas tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan perindustrian	Pemerintah daerah mempertegas tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan Perindustrian	Pemerintah daerah mempertegas tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan Perindustrian
Skor	4	4	4
UMK	Rp5.128.084,48	Rp3.050.400	Rp4.874.133
Skor	2	4	2
Total	35	31	30

Berdasarkan evaluasi terhadap berbagai faktor yang relevan, termasuk ketersediaan bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, akses pasar, dan pertimbangan ekonomi lainnya, Cilegon memperoleh skor tertinggi. Keunggulan Cilegon dalam aspek-aspek tersebut menjadikannya lokasi yang paling strategis untuk pembangunan pabrik *Phthalic Anhydride*. Berdasarkan hasil analisa diatas, maka diambil keputusan pemilihan lokasi pabrik terletak di Cilegon, Banten

1.3.1 UMK

Kota Cilegon, yang dikenal sebagai kota industri di Provinsi Banten, memiliki Upah Minimum Kota (UMK) yang mengalami penyesuaian setiap tahunnya. UMK Cilegon tahun 2025 adalah Rp5.128.084,48

1.3.2 Harga Tanah

Harga tanah untuk industri di Cilegon sangat bervariasi dan tergantung pada lokasi, peruntukan lahan, dan fasilitas pendukung lainnya. Area yang strategis, seperti dekat dengan pelabuhan, jalan tol, atau kawasan industri yang sudah berkembang, biasanya memiliki harga tanah yang lebih tinggi. Harga tanah di Cilegon berkisar antara Rp2.700.000/m²-Rp6.000.000/m²

1.3.3 Listrik

Cilegon, sebagai pusat industri utama di Banten, sangat bergantung pada pasokan listrik yang andal untuk menunjang kegiatan manufaktur dan produksi. Beberapa sumber utama penyediaan listrik untuk industri di Cilegon meliputi:

1.3.3.1 PT Krakatau Daya Listrik (KDL) sebagai anak perusahaan dari PT Krakatau Steel, KDL merupakan salah satu penyedia listrik utama di kawasan industri Krakatau, Cilegon. KDL menyediakan listrik bagi berbagai jenis industri, mulai dari industri baja hingga industri kimia.

1.3.3.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Cilegon, yang dioperasikan oleh anak usaha PLN, Indonesia Power, memiliki kapasitas yang besar dan menyuplai listrik ke wilayah Banten, termasuk Cilegon. PLTGU ini menjadi sumber energi penting bagi industri-industri besar di Cilegon.

1.3.3.3 PLTS Rooftop dengan memanfaatkan energi terbarukan juga semakin berkembang di Cilegon. PT Krakatau Chandra Energi (KCE), misalnya, mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rooftop di kawasan industri Krakatau untuk mendukung keberlanjutan energi.

1.3.4 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia, baik pusat maupun daerah, sangat mendukung pengembangan industri di Cilegon melalui berbagai kebijakan dan insentif. Hal ini diwujudkan dalam Rencana Pembangunan Industri Nasional, Pemerintah juga fokus pada peningkatan infrastruktur, kemudahan investasi, pengembangan SDM, dan pembangunan industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pemerintah daerah menunjang tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan Perindustrian

1.3.5 Tenaga Kerja

Pada kota Cilegon terdapat 450,51 ribu jiwa penduduk usia produktif sebesar 90,32%, dan sisanya 9,68% menganggur.

1.3.6 Pemasaran

Pasar produk *Phthalic Anhydride* di Indonesia didominasi di daerah Banten. Jarak antara lokasi pabrik dengan segmen pasar relatif dekat. Hasil produksi *Phthalic Anhydride* dapat dipasarkan dengan mudah dan meminimalkan biaya transportasi. Selain itu *Phthalic Anhydride* yang berwujud padat termasuk dalam kategori *weight gain industry*, serta meninjau dari sifat *Phthalic Anhydride* yang mudah terbakar menjadikan pendirian pabrik

akan lebih menguntungkan apabila didirikan dekat dengan daerah pemasaran. *Phthalic Anhydride* merupakan senyawa yang dibutuhkan sebagai bahan baku untuk proses produksi lanjutan. Sebagian besar industri yang menggunakan *Phthalic Anhydride* sebagai bahan baku terletak di daerah Pulau Jawa, seperti pada kawasan industri sekitar Tangerang dan Jakarta.

Tabel 1. 9 Pabrik Berbahan Phthalic Anhydride

Nama Industri	Komoditi	Lokasi
PT. Eternal Buana Chemical Industries	Alkyd resin	Tangerang, Banten
PT. Pardic Jaya Chemicals	Unsaturaed Polyester	Tangerang, Banten
PT. Indopolymers Adipura	Plasticizer	DKI Jakarta
PT. Asahimas Chemical	Alkyd resin	Cilegon, Banten
PT. Sari Dahin Alasindo	Plasticizer	DKI Jakarta

Sumber : Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, (2024)

1.3.7 Transportasi

Sistem transportasi di Cilegon memainkan peran krusial dalam mendukung aktivitas industri yang beragam dan berkembang pesat. Sebagai kota industri, Cilegon memiliki aksesibilitas yang baik melalui berbagai moda transportasi. Pelabuhan utama di Cilegon, yaitu Pelabuhan Cigading, menjadi jalur penting untuk kegiatan ekspor dan impor barang industri. Selain itu, jalan tol Jakarta-Merak yang melintasi Cilegon memfasilitasi transportasi darat yang efisien menuju wilayah lain di Pulau Jawa. Jaringan jalan di dalam kota dan kawasan industri juga terus ditingkatkan untuk mendukung mobilitas barang dan orang.

A. Sarana transportasi sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Sarana perhubungan darat di Cilegon sebagai berikut:

- Jalan Negara : 98 km
- Jalan Provinsi : 762,02 km
- Jalan Kabupaten: 175,50 km

B. Sarana Perhubungan laut di Cilegon sebagai berikut :

- Pelabuhan terbesar di Indonesia sebagai jalur keluar masuk barang impor maupun ekspor serta masyarakat Pelabuhan Merak yang berlokasi di Jalur Merak-Serdang, Merak, Tamansari, Kec. Pulomerak, Kota Cilegon, Banten.
- Bandara udara Soekarno-Hatta yang berlokasi di Kota Tangerang, Banten.

1.3.8 Utilitas (Air)

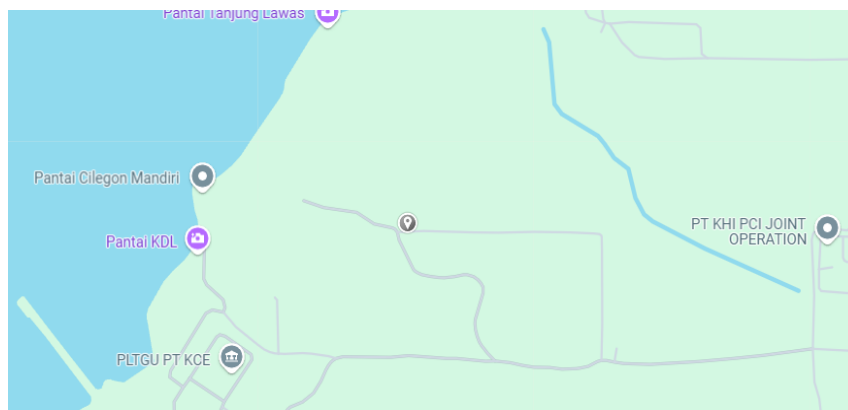
Berbagai sumber air dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan industri yang beragam. PT Krakatau Tirta Industri (KTI) menjadi salah satu penyedia utama air bersih bagi industri di Cilegon, termasuk PT Krakatau Steel dan berbagai perusahaan lain di kawasan industri. Selain itu, beberapa industri juga memanfaatkan air tanah sebagai sumber air.

1.3.9 Pengolahan Limbah

Limbah dapat dibuang di sungai Cidanau dan laut Pelabuhan Merak setelah water treatment.

1.3.10 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam proses produksi *Phthalic Anhydride*, *Ortho-xylene (o-xylene)* sebagai bahan baku utama diperoleh dari PT. TPI (Trans Pacific Petrochemical Indotama) yang berlokasi di Tuban. Perusahaan ini merupakan salah satu produsen petrokimia terkemuka di Indonesia yang menghasilkan berbagai jenis produk petrokimia, termasuk *o-xylene*. Sementara itu, katalis *Vanadium Pentaoksida* (V_2O_5) yang digunakan dalam proses oksidasi diperoleh dari *Zibo Jiashitai Chemical Technology Co., Limited* yang berlokasi di China. Katalis ini berperan penting dalam mempercepat reaksi dan meningkatkan efisiensi produksi *Phthalic Anhydride*.



Gambar 1.3 Denah Lokasi Pendirian Pabrik

1.4 Tinjauan Proses

1.4.1 Tinjauan Proses Secara Umum

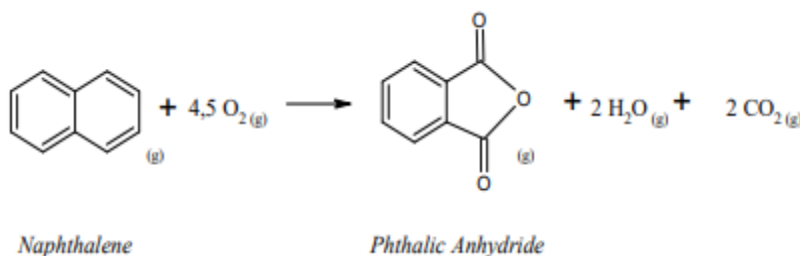
Phthalic Anhydride pertama kali ditemukan oleh Auguste Laurent pada tahun 1836 dengan mengoksidasi 1,2,3,4-tetrachloronaphthalene dengan asam nitrat dan disebut naphthaleic. Bahan baku *naphthalene* dengan asam sulfat digunakan dalam proses BASF's *naphthalene* dengan asam sulfat dalam fase cair. Metode ini banyak digunakan

hingga dipatenkan pada 1896 di Jerman. Pada akhir 1950-an proses ini kurang diminati dikarenakan terjadi kelangkaan *naphthalene* (Krik & Othmer, 2007).

Setelah terjadinya kelangkaan *naphthalene*, *Ortho-xylene* mulai dipilih sebagai bahan baku karena pada masa itu persediaan *O-xylene* sebagai hasil dari industri petrochemical sangat melimpah. Keuntungan penggunaan *O-xylene* secara teoritis akan diperoleh produk sebesar 104,5% dari feed. Lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *naphthalene* sebagai bahan baku yang hanya menghasilkan produk sebesar 92% dari feed. Peryataa ini tercantum dalam US Patent nomor 4472587 tahun 1984 dan US Patent nomor 3431284 tahun 1969. Berikut beberapa produksi *Phthalic Anhydride* baik dari *naphthalene* ataupun *Ortho-xylene*:

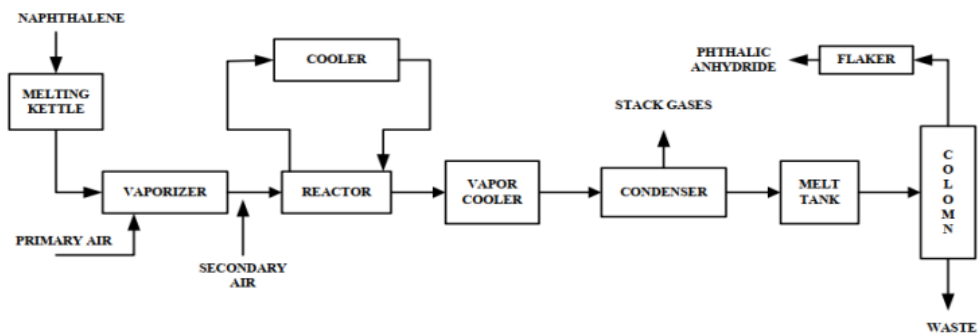
A. Oksidasi *Napthalene* dengan Oksigen dalam Fase Gas

Bahan baku naphthalene dipanaskan dengan heater hingga temperature mencapai 500°C dan tekanan 3,15 atm untuk diumpakan kedalam reaktor. Reaksi yang terjadi adalah:



Gambar 1.4 Reaksi *Phthalic Anhydride*

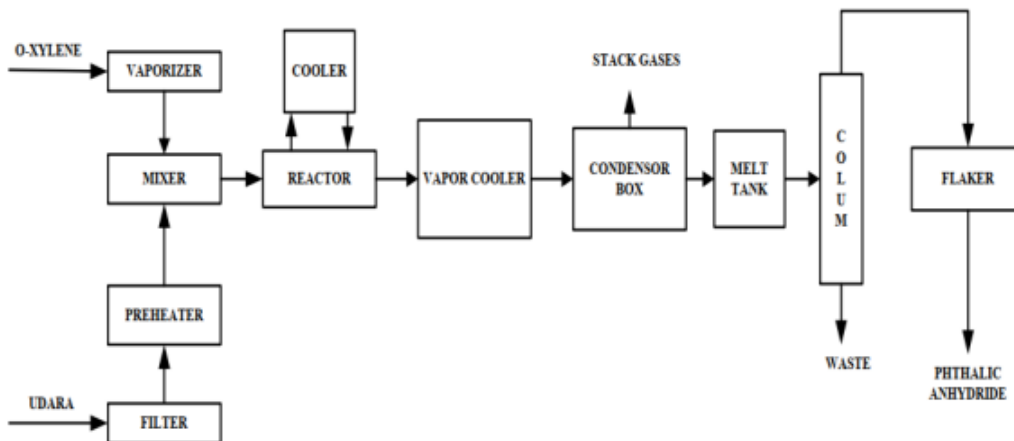
Reaksi oksidasi naphthalene membentuk Phthalic Anhydride, air dan karbon dioksida. Crude Phthalic Anhydride yang dihasilkan dari reaktor ini didinginkan dalam cooler yang selanjutnya dialirkan menuju flas drum untuk memisahkan karbon dioksida. Crude Phthalic Anhydride yang masih mengandung air selanjutnya dimurnikan dalam kolom destilasi. Phthalic Anhydride merupakan produk bawah kolom destilasi mempunyai kemurnian sebesar 97,8%, sedangkan air merupakan produk atas kolom destilasi (Ullmann, 2005).



Gambar 1.5 Blok Diagram Proses Phthalic Anhydride Dengan Oksidasi Naphthalene

B. Oksidasi Ortho-xylene dengan Oksigen

Pembuatan *Phthalic Anhydride* dengan menggunakan bahan baku *Ortho-xylene* dibagi menjadi 2 yaitu oksidasi *Ortho-xylene* dengan oksigen dalam fase cair dan oksidasi *Orthoxylene* dengan oksigen dalam fase gas. Berikut adalah garis besar dari diagram alir pembuatan *Phthalic Anhydride* dengan menggunakan proses Oksidasi *Ortho-xylene*:

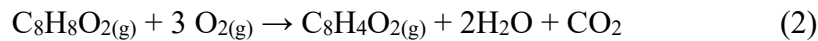
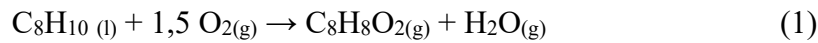


Gambar 1.6 Blok Diagram Proses Phthalic Anhydride dari Oksidasi O-xylene

1. Oksidasi *Ortho-xylene* dalam Fase Cair

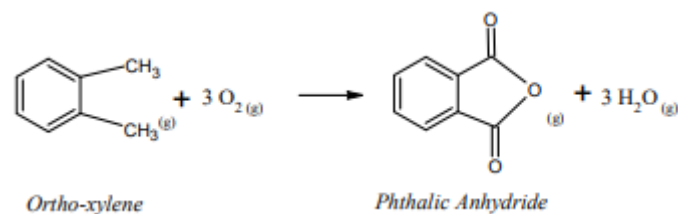
Pada oksidasi *Ortho-xylene* pada fase liquid, umpan berupa campuran *Ortho-xylene*, asam asetat dan katalis yang terdiri dari Co, Mn, dan Br. Air yang dihasilkan oleh reaksi dipisahkan dengan destilasi azeotrop sedangkan produk yang belum dimurnikan dilakukan perlakuan khusus karena masih mengandung Bromin. Proses ini telah diteliti perusahaan seperti Huls dan diselesaikan dengan *Standard Oil of Indian* dengan menggunakan kondisi operasi bertekanan 3 atm dan bersuhu 150⁰ -245⁰C. Dua tahap yang terjadi pada proses ini yaitu yang pertama oksidasi pada fase cair yang menghasilkan asam *crude o-toluic* dengan yield sebesar 1,10 g per *Ortho-xylene* dan sisa dari *Ortho-*

xylene yang tidak bereaksi direcycled. Tahap kedua yaitu oksidasi pada fase gas yaitu mengkonversi *ortho toluic* menjadi *Phthalic Anhydride*. Secara overall yield dengan basis *Ortho-xylene* sebesar 88%. Berikut reaksi yang terjadi pada oksidasi *Ortho-xylene* pada fase cair:



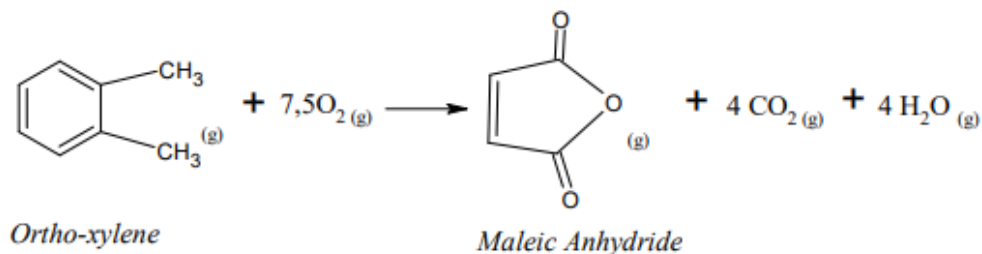
2. Oksidasi *Ortho-xylene* dalam Fase Gas

Proses ini adalah proses yang paling banyak digunakan saat ini. Secara umum proses ini dilakukan dengan cara mereaksikan oksigen dan *Ortho-xylene* dalam fase gas pada reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis umumnya adalah *Vanadium pentaoxide* (V_2O_5) dengan penyangga berupa *Titanium dioxide* (TiO_2). Penggunaan TiO_2 sebagai penyangga menyebabkan dispersi V_2O_5 yang baik sehingga aktivitas katalis pun menjadi tinggi. Suhu operasi reaktor berkisar antara $300\text{--}400^\circ\text{C}$, reaksi yang terjadi sangat eksotermis sehingga produk keluar reaktor harus didinginkan di kondensor. Produk samping yang dihasilkan dari proses ini adalah *maleic anhydride*. Reaksi utama pembentukan *Phthalic Anhydride* dari *Oxylene* dan udara adalah sebagai berikut :



Gambar 1.7 Reaksi *Phthalic Anhydride* dari *O-xylene*

Adapun reaksi samping yang dihasilkan pada proses pembentukan *Phthalic Anhydride* yang menghasilkan *Maleic Anhydride* sebagai berikut:



Gambar 1.8 Reaksi Samping yang Menghasilkan *Maleic Anhydride*

Berikut beberapa proses pembuatan *Phthalic Anhydride* dengan oksidasi *O-xylene* dalam fase gas:

a. Proses BASF

Proses BASF (*Badische Anilin-und Soda-Fabrik*) merupakan proses yang menggunakan reaktor dengan dua layer bed katalis yang tidak perlu diaktivasi oleh SO₂. Rentang umpan Ortho-xylene yang digunakan mencapai 105 g/m³. Proses ini beroperasi pada suhu 340-400°C.

Kelebihan dari proses ini:

- Jumlah by product dapat dikurangi
- Tidak memerlukan SO₂ untuk mengaktifkan katalis

Kelemahan dari proses ini:

- Jumlah steam yang digunakan tinggi
- Penggunaan utilitas juga tinggi

(Ullmann, 2011)

b. Proses Nippon Shokubai VGR

Proses Vent Gas Recycling (VGR) akan me-recycle Kembali exhaust gas keluar reaktor inlet untuk penurunan konsentrasi oksigen di bawah 10% vol (diluar batas flammability limit-nya). Suhu operasi 360-400°C. dapat beroperasi pada rentang umpan O-xylene hingga 85 g/m³.

Kelebihan dari proses ini:

- Yield yang cukup tinggi
- Operasi aman akan karena kemungkinan gas terbakar kecil
- Hemat energi, karena energi yang diperlukan untuk kompresi gas dapat dikurangi dan steam tekanan tinggi di recovery
- Konversi mencapai 99%

Kekurangan proses ini:

- Kurang efisien untuk pabrik berkapasitas rendah karena off-gas yang rendah

(Ullmann, 2011)

c. Proses Alusuisse-Ftalital LAR

Proses LAR (*Low Air Ratio*) menggunakan konsentrasi O-xylene sampai 134 g/m³. Katalis yang berbentuk cincin atau setengah cincin digunakan dalam proses ini. Katalis ini dapat mendorong memproses O-xylene dan *naphthalene* atau campuran keduanya untuk memproduksi *Phthalic Anhydride*.

Kelebihan dari proses ini:

- Prosesnya berlangsung secara cepat

- Dapat memuat katalis dalam jumlah banyak

Kekurangan dari proses ini:

- Produk yang dihasilkan sedikit karena reaktor berukuran kecil

(Ullmann, 2011)

d. Proses Von Heyden (VH)

Proses Von Heyden adalah jenis proses *Phthalic Anhydride* yang tidak membutuhkan energi banyak dibandingkan proses lain. *O-xylene*, *naphthalene* atau campuran keduanya dioksidasi dengan menggunakan reaktor *fixed bed multitube* untuk membuat *Phthalic Anhydride*. Proses ini dikembangkan secara komersial oleh Lurgi Ol Gas Chemie GmbH di Frankfur. Kapasitas dari proses ini diperkirakan dapat mencapai 20.000 – 75.000 ton/tahun. Dan kapasitas maksimalnya 140.000 ton/tahun. Beroperasi pada suhu 340-360°C pada tekanan atmosfer. Menggunakan katalis V_2O_5 yang berumur panjang. Memiliki yield tinggi, yaitu 105 kg – 110 kg *Phthalic Anhydride* dari 100 kg *O-xylene* murni. Konversi proses hingga 98-99,8%. Kelebihan dari proses ini:

- Energi yang digunakan rendah
- Katalis berumur panjang
- Off-gas minimal karena perbandingan bahan baku dan udara cukup besar
- Yield yang didapatkan tinggi
- Konversi proses yang hampir 100%

Kekurangan dari proses ini:

- Rentan kebakaran karena bahan yang digunakan adalah *O-xylene*

(Ullmann, 2011)

Tabel 1. 10 Jenis Proses Oksidasi *O-xylene* pada fase gas

Jenis Proses	Suhu Operasi	Konsentrasi <i>O-xylene</i> Masuk (g/m ³)	Yield	Energi
BASF	350-400	105	-	Rendah
VGR	360-400	85	1.16	Tinggi
LAR	-	134	-	Rendah
Von Heyden	330-360	40-140	1,10-1,12	Rendah

Untuk menentukan proses yang digunakan maka dilakukan perbandingan dari setiap proses. Perbandingan ketiga proses dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 11 Perbandingan Proses Pembuatan Phthalic Anhydride

Perbandingan	Oksidasi <i>Napthalene</i>	Oksidasi <i>O-xylene</i> dalam Fase Cair	Oksidasi <i>O-Xylene</i> dalam Fasa Gas
Kondisi Operasi	340-385 ⁰ C	150-245 ⁰ C	300-500 ⁰ C
Tekanan	3,15 atm	3 atm	1-3 atm
Katalis	Silica gel	Kombinasi Co- Mn-Br	Vanadium Pentaoxide
Konversi	85%	85-90%	95-99%
Yield (kg Pa/kg <i>O-xykene/naphthane</i>)	0,98-1,02	1,19	1,1-1,2
Emisi	Menghasilkan CO ₂	Menghasilkan CO ₂	Tidak menghasilkan CO ₂
Manufacturing cost	Rendah	Tinggi	Rendah

Berdasarkan data pada tabel 1.10 dan 1.11, maka proses produksi *Phthalic Anhydride* yang dipilih yaitu oksidasi *O-xylene* dalam fase gas dengan metode Von Hoyden. Proses ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, sebagai berikut :

- Konversi dari *O-xylene* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan proses dengan bahan baku *naphthalene*, oksidasi *O-xylene* pada fase gas tidak menghasilkan CO₂
- Nilai yield proses oksidasi *O-xylene* lebih besar dibandingkan proses dengan bahan baku *naphthalene*. Dengan bahan baku utama *O-xylene*, oksidasi pada fase gas juga memberikan nilai yield yang lebih tinggi daripada fase cair.
- Dari segi kapasitas pabrik baru yang akan didirikan yaitu 75.000 ton/tahun maka proses yang cocok adalah Oksidasi *O-xylene* fase gas dengan metode Von Hayden, hal ini karena metode ini memiliki *Off-gas* minimal karena perbandingan bahan baku dan udara cukup besar dan energi yang dibutuhkan rendah.

- d. Dari segi suhu operasi dapat dilihat bahwa suhu operasi pada fase gas metode Von Heyden dengan pertimbangan bahwa batas maksimum suhu pada proses ini terendah dibandingkan dengan proses yang lain, sehingga ditinjau dari segi energi dan *safety* maka proses ini lebih unggul daripada proses yang lain.
- e. Dari segi konsentrasi *Ortho-xylene* yang masuk ke reaktor memiliki range konsentrasi yang besar, sehingga dalam pengoperasiannya dapat lebih fleksibel saat terjadi perubahan spesifikasi bahan baku yang masuk ke reaktor.