

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Sejarah Perkembangan Produk

Selama beberapa abad, para ahli menyadari bahwa udara terdiri lebih dari satu komponen. Sifat oksigen dan nitrogen sebagai komponen udara mengarah pada pengembangan teori flogiston pada proses pembakaran, yang sering terpikir oleh para ahli kimia selama satu abad. Oksigen telah dibuat oleh beberapa ahli, termasuk Bayen dan Borch pada tahun 1774, tetapi mereka gagal untuk mengakui itu sebagai unsur yang berbeda. Mereka juga tidak mempelajari sifat-sifatnya dan tidak mengenali oksigen sebagai unsur dasar. Dahulu, bobot atom oksigen digunakan sebagai standar pembanding untuk unsur yang lain, hingga pada tahun 1961, ketika *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) menggunakan atom karbon 12 sebagai standar pembanding yang baru. Joseph Priestley dan Carl Wilhelm Scheele secara independen menemukan oksigen. Mereka berdua mampu menghasilkan oksigen dengan memanaskan oksida merkuri (HgO). Scheele menyebut gas yang dihasilkan dalam percobaan “api udara” tersebut. Nama oksigen diciptakan oleh Antoine Lavoisier yang salah mengira bahwa oksigen yang diperlukan untuk membentuk semua asam (Emsley, 2001). Kelimpahan oksigen di alam $\pm 20\%$ dan dalam air $\pm 5\%$. Oksigen mudah bereaksi dengan semua unsur kecuali dengan gas mulia ringan. Gas oksigen tidak berwarna (oksigen padat/cair/lapisan tebal oksigen berwarna biru muda), tidak berbau, dan tidak berasa sehingga tidak terdeteksi oleh panca indra kita. Oksigen mengembun pada -183°C dan membeku pada -218.4°C . Secara industri, dengan proses pemisahan kriogenik distilasi udara akan diperoleh oksigen dengan kemurnian 99.5%, sedangkan dengan proses adsorpsi vakum akan diperoleh oksigen dengan kemurnian 90 – 93% (Tatang, 2015). Pengguna terbesar oksigen adalah industri baja atau pembuatan logam lain misalnya tembaga dan timah. Penggunaan oksigen murni atau udara yang kaya oksigen lebih ekonomis daripada udara biasa, hal ini karena oksigen meningkatkan laju reaksi. Selain itu penggunaan oksigen bisa mengurangi polusi udara terutama gas sulfur dioksida yang sering mencemari atmosfer (Anwar, 2015).

1.2 Kegunaan Oksigen

Selain penggunaannya sebagai gas pernapasan oleh industri perawatan kesehatan, oksigen memiliki sifat pengoksidasi kuat yang dapat bermanfaat bagi banyak industri dengan meningkatkan hasil, mengoptimalkan kinerja, dan mengurangi biaya. Aplikasi seperti pembakaran, oksidasi, dan fermentasi dapat bermanfaat dengan memperkaya atau menggantikan udara proses dengan oksigen salah satu contohnya adalah oksigen dalam proses termokimia yaitu gasifikasi. Sistem gasifikasi untuk membangkitkan daya dan panas menggunakan suhu tinggi dan lingkungan oksigen substoikiometri untuk mengubah biomassa menjadi gas sintetis. Pengayaan oksigen pada gasifier biomassa dapat menghasilkan gas sintetis dengan nilai kalor lebih tinggi karena konsentrasi nitrogen berkurang, mengurangi ukuran gasifier dan peralatan hilir, sehingga biaya modal lebih rendah dan dapat meningkatkan efisiensi konversi karbon dalam gasifier dan efisiensi pembakaran dalam perangkat pembangkit listrik selain itu oksigen dengan kemurnian tinggi digunakan pada industri baja dan tembaga untuk peleburan pada furnace (*Blast Furnace*) agar produksi berjalan efisien dan penggunaan listrik bisa ditekan. Salah satu kegunaan oksigen di sektor industri adalah pada industri sintesis vinyl asetat, oksigen digunakan sebagai bahan baku dan pengoksidasi, dengan kebutuhan oksigen mencapai 6 ton/jam atau 47,520 ton/tahun dan proses produksinya kontinyu selama 330 hari. Selain itu oksigen juga dipergunakan sebagai oksidator pada industri sintesis etana dalam pembuatan propionaldehid, oksigen yang dipergunakan adalah oksigen dengan kemurnian tinggi dan harus bebas impurities seperti CO_2 dan H_2O Manufaktur Propionaldehid tersebut membutuhkan 9 ton/jam oksigen untuk sintesis etana tersebut. Selain kegunaannya yang cukup banyak di Industri, Oksigen juga digunakan di Rumah Sakit untuk penanganan intensif dan tindakan medis menurut Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia (PERSI) rata-rata Rumah Sakit menghabiskan 8 liter/jam oksigen yang digunakan di ruang operasi, ruang ICU, HCU, dan ICCU bahkan rata-rata Rumah Sakit yang sudah memiliki grade B sudah memiliki utilitas/tangki oksigen di belakang area Rumah Sakitnya, salah satunya di Rumah Sakit Ciputra, Citra Raya, Tangerang. Pasokan Oksigen RS Ciputra diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia.

1.3 Latar Belakang

Gas oksigen adalah bagian dari sesuatu hal yang tidak pernah kita lihat tetapi selalu dapat kita rasakan karena manfaatnya yang begitu besar. Gas ini tersedia melimpah di udara yang memiliki kandungan 20.95%. Dalam setiap hela nafas yang kita lakukan tanpa sadar, seluruh gas-gas ini terlibat di dalamnya. Selanjutnya, di bagian alveoli pada paru-paru, hanya gas oksigen lah yang diambil. Sementara itu gas-gas lainnya seperti nitrogen, CO₂, dan lainnya dibuang melalui hembusan nafas. Walaupun tetap ada nitrogen yang terlarut di dalam darah, zat ini tidak akan bereaksi karena sifat dari gas inert adalah sulit untuk bereaksi, dengan semakin berkembangnya teknologi di bidang industri, aplikasi gas oksigen untuk kebutuhan industri pun semakin luas. Oksigen dipergunakan dalam optimalisasi proses pembakaran, oksigen dalam kemasan tabung digunakan untuk olahraga menyelam dan juga untuk kesehatan (keperluan medis). Perlu adanya pendirian pabrik pengolah udara yang mampu memenuhi kebutuhan gas industri, mengingat perannya terhadap pertumbuhan pabrik – pabrik lain yang membutuhkan seperti salah satunya industri infrastruktur logam besi dan baja. Percepatan proyek infrastruktur mendongkrak kinerja industri logam dasar, besi, dan baja di Indonesia. Selama ini industri logam dasar, besi, dan baja menjadi sektor yang tumbuh paling tinggi bila dibandingkan dengan industri-industri lain. Dalam kurun waktu 10 tahun, industri logam dasar, besi, dan baja tumbuh 15.48% dibandingkan industri di sektor lain. Dengan adanya permintaan yang terus meningkat dari sektor industri logam besi, baja, dan tembaga, maka dibutuhkan industri penunjang lain agar kebutuhan oksigen industri-industri tersebut dapat terpenuhi dan semakin berkembang. Pasokan dari industri gas penghasil oksigen sangat diperlukan sebagai utilitas industri manufaktur tersebut, pada umumnya oksigen dengan kemurnian tinggi digunakan pada industri baja dan tembaga untuk peleburan pada *furnace*. Menurut data ekspor - impor dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) tahun 2019, menunjukkan bahwa kebutuhan oksigen di Indonesia untuk menunjang industri-industri manufaktur yang ada di Indonesia sangatlah besar khususnya industri logam besi dan baja, hal tersebut terbukti karena Indonesia masih banyak mengimpor oksigen dari luar negeri dari pada mengeksport. Oleh karena itu memungkinkan sekali untuk dibangun pabrik oksigen baru di Indonesia dengan bahan baku udara yang melimpah disekitar kita.



1.4 Analisis Pasar

Pasar utama dari Pabrik Oksigen dari udara ini adalah 14 Industri Logam & Baja yang terletak di Cilegon, salah satunya adalah PT Krakatau Steel yang kebutuhan oksigen untuk proses produksinya yang mencapai 165,000 m³/Jam (Tempo.co). Komponen utama penyusun udara adalah gas Nitrogen dan Oksigen. Penentuan kapasitas produksi pabrik agar layak untuk didirikan dapat dilihat berdasarkan perhitungan peluang pasar. Data peluang pasar oksigen dapat dilihat di tabel 1.1 dan 1.2 yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019.

1.4.1 Perkembangan Ekspor dan Konsumsi (Demand)

Pesatnya perkembangan industri yang ada di Indonesia sangat dirasakan oleh begitu banyak perusahaan-perusahaan nasional maupun multinasional dimana permintaan pasar oksigen terus meningkat dari tahun ke tahun. Indonesia adalah salah satu negara penghasil oksigen, salah satu perusahaan yang memproduksi ialah PT Aneka Gas Industri (Samator) Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang beroperasi di kota Sidoarjo dengan kapasitas produksi sekitar 95.400 ton/tahun. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, Indonesia mampu melakukan ekspor oksigen seperti tabel 1.2 sebagai berikut

Tabel 1.1 Perkembangan Ekspor Oksigen Tahun 2012 – 2018

No	Tahun	Ekspor (Ton)	Perkembangan (%)
1	2012	47.78	-
2	2013	201.548	321.75
3	2014	17.015	-91.55
4	2015	249.41	1,365.82
5	2016	60.937	-75.56
6	2017	36.776	-39.64
7	2018	169.32	360.4
Rata-rata perkembangan per tahun			306.87

Sumber: Badan Pusat Statistik Tahun 2019



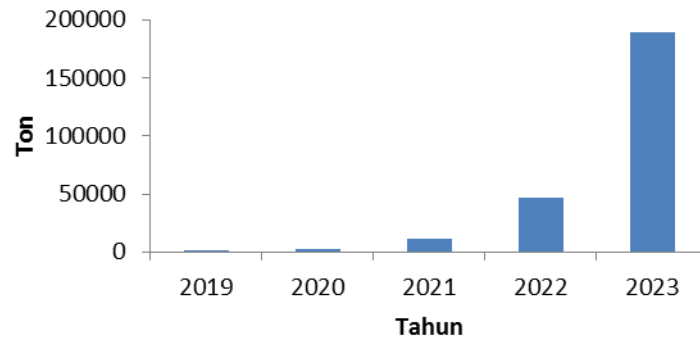
Dari Tabel 1.1 bisa kita lihat bahwa pada tahun 2014 Indonesia mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu 91.55% dalam perdagangan ekspor oksigen dan penurunan tersebut terulang kembali di tahun 2016 dan 2017 dengan persentase 75.56% dan 39.64%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa yang pertama Indonesia tidak dapat bersaing harga dengan para negara eksportir lainnya sehingga daya jual Indonesia lemah pada tahun tersebut, atau kemungkinan kedua bahwa Indonesia lebih membutuhkan oksigen tersebut sebagai bahan baku untuk industri dalam negeri yang mana setiap tahun meningkat. Untuk membuktikan perdagangan ekspor ditahun tersebut menurun karena kebutuhan dalam negeri meningkat, maka perlu dilihat dari sisi perdagangan impor yang dilakukan oleh Indonesia. Dapat dilihat pada tahun 2013, 2015 dan 2018 perdagangan ekspor yang dilakukan mengalami peningkatan sekitar 321.75%, 1365.82% dan 360.40%, data-data tersebut menunjukkan bahwa adanya peningkatan permintaan pasar mancanegara. Proyeksi perdagangan ekspor yang dilakukan di Indonesia bisa dilakukan dengan cara menambahkan rata-rata penurunan jumlah ekspor per tahun seperti yang terlihat pada tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1.2 Proyeksi Perdagangan Ekspor Oksigen Tahun 2019 - 2023

No	Tahun	Ekspor (Ton)
1	2019	688.91
2	2020	2,802.96
3	2021	11,404.37
4	2022	46,400.86
5	2023	188,790.65

Dari tabel 1.2 dapat terlihat adanya peningkatan jumlah ekspor dari tahun ke tahun yang mana peningkatan jumlah ekspor tersebut didapat dari data persen pertumbuhan dari tahun 2012 hingga tahun 2018, diambil contoh pada pada tahun 2021 jumlah oksigen yang di ekspor berjumlah 11,404.37 ton, angka tersebut didapat dari jumlah ekspor pada tahun 2020 ditambah dengan rata-rata kenaikan sekitar 306.87% yaitu $2802.96 \times 306.87\% = 8,601.44$ sehingga $8,601.44 + 2,802.96 = 11,404.37$. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada grafik 1.1 dibawah yang memperlihatkan proyeksi peningkatan daya ekspor dinamis komoditas oksigen

Indonesia untuk memenuhi kebutuhan oksigen dunia pada tahun 2019 hingga tahun 2023.



Gambar 1.1 Grafik Proyeksi Perdagangan Oksigen

1.4.2 Perkembangan Produksi dan Impor (*Supply*)

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) tahun 2019, Indonesia mengalami penurunan perdagangan impor oksigen yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa oksigen yang diproduksi oleh industri sudah mulai mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri. Peningkatan Perdagangan impor yang dilakukan oleh Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.3 dibawah ini.

Tabel 1.3 Perkembangan Impor Oksigen di Indonesia

No	Tahun	Impor (Ton)	Perkembangan (%)
1	2012	22,771.42	-
2	2013	7,845.87	-65.54
3	2014	6,627.75	-15.52
4	2015	4,178.83	-36.94
5	2016	3,630.71	-13.11
6	2017	3,886.31	7.04
7	2018	2,318.58	-40.33
Rata-rata perkembangan per tahun			-27.4

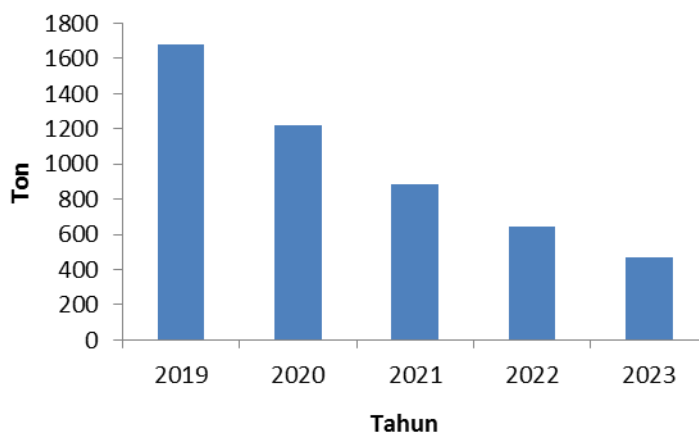
Sumber : Badan Pusat Statistik Tahun 2019

Dari tabel diatas bisa kita lihat bahwa tahun 2013 jumlah oksigen yang diimpor berjumlah 7,845.87 ton turun 65.54% dari tahun sebelumnya yang mencapai impor 22,771.42 ton dimana jumlah tersebut diambil dari total keseluruhan berbagai negara. Perdagangan impor yang dilakukan oleh Indonesia pada tahun 2017 mengalami peningkatan sebesar 7.04%, dimana data impor ini dapat menjawab bahwa memang terjadi peningkatan permintaan oksigen dalam negeri pada tahun tersebut sehingga oksigen yang diproduksi oleh industri-industri lokal lebih mengutamakan kebutuhan dalam negeri dibandingkan ekspor ke mancanegara. Perdagangan impor oksidari tahun 2012 hingga 2018 secara sederhana mengalami penurunan yang signifikan. Pada tahun 2017 pembelian oksigen mengalami peningkatan sekitar 7.04%, namun secara keseluruhan pembelian oksigen dari luar negeri mengalami penurunan rata-rata 27.40% per tahun sehingga proyeksi perkembangan impor oksigen dari tahun 2019 – 2023 dapat dihitung berdasarkan presentase perkembangan impor tersebut. Proyeksi perkembangan impor oksigen dapat dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.4 Proyeksi Perkembangan Impor Oksigen tahun 2019 - 2023

No	Tahun	Impor (Ton)
1	2019	1,683.15
2	2020	1,221.87
3	2021	887.01
4	2022	643.92
5	2023	467.44

Dari tabel 1.5 terlihat bahwa hasil proyeksi perkembangan impor oksigen pada tahun 2023 sebesar 467.44 ton. Pada tahun tersebut salah satu produsen oksigen di Indonesia seperti PT Aneka Gas Industri (Samator) hanya mampu memenuhi 95,400 ton (9.54 %) konsumsi oksigen dalam negeri yang menyebabkan ketergantungan impor oksigen dari luar negeri masih cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa oksigen sangat diperlukan dan dapat menjadi peluang perencanaan pendirian pabrik oksigen lain di Indonesia. Proyeksi tersebut dapat lebih mudah dipahami pada grafik 1.2 dibawah ini.



Grafik 1.2 Proyeksi Perdagangan Impor Oksigen

Untuk melihat perkembangan kebutuhan oksigen yang ada di Indonesia kita dapat menggunakan rumus $Supply - Ekspor = Kebutuhan/Konsumsi$. Dimana $Supply$ didapat dari $(Impor + Produksi)$ sehingga rumus yang digunakan ialah $(Impor + Produksi) - Ekspor = Kebutuhan/Konsumsi$. Perkembangan konsumsi oksigen tersebut dapat kita lihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perkembangan Konsumsi Oksigen

No	Tahun	Produksi (Ton)	Import (Ton)	Supply (Ton) (Produksi + Import)	Export (Ton)	Konsumsi (Ton) (Supply - Export)	Pertumbuhan (%)
1	2012	934,100	22,771.41	956,871.41	47.78	956,823.63	-
2	2013	934,100	7,845.48	941,945.48	201.54	941,743.93	-1.576
3	2014	934,100	6,627.75	940,727.75	17.01	940,710.73	-0.11
4	2015	934,100	4,178.83	938,278.83	249.41	938,029.42	-0.285
5	2016	934,100	3,630.71	937,730.71	60.93	937,669.77	-0.038
6	2017	934,100	3,886.31	937,986.31	36.77	937,949.53	0.03
7	2018	934,100	2,318.58	936,418.58	169.32	936,249.26	-0.181
Persen pertumbuhan rata-rata: -0.36 %							

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019

Pada tabel 1.5 bisa kita lihat kebutuhan / konsumsi oksigen pada tahun 2015 sekitar 99,329 ton per tahun, angka tersebut didapat dari rumus $Supply - Ekspor = Kebutuhan/Konsumsi$. Dimana pada tahun 2015 $supply$ yang

dilakukan berjumlah 938,278.83ton dikurangi dengan jumlah ekspor yang dilakukan yaitu 249.41 tonsehingga didapat kebutuhan/konsumsi sekitar 938,029.42ton ditahun tersebut, begitu juga ditahun-tahun berikutnya. Dari perhitungan tersebut kita memperoleh penurunan konsumsi oksigen ditahun 2016 sebesar -0.038% dan hampir setiap tahun kebutuhan oksigen di Indonesia mengalami penurunan yang dirata-rata dari tahun 2012 hingga 2018-0.36%. Sehingga dari data tersebut kita dapat memproyeksikan kebutuhan oksigen hingga tahun 2023. Proyeksi perkembangan konsumsi oksigen tersebut dapat kita lihat pada tabel 1.6.

Tabel 1.6 Proyeksi Perkembangan Konsumsi Oksigen Tahun 2019 – 2023

No	Tahun	Supply (Ton)		Demand (Ton)	
		Produksi (Ton)	Import (Ton)	Export (Ton)	Konsumsi (Ton)
1	2019	934,100	1,683.16	688.91	932,877.92
2	2020	934,100	1,221.88	2,802.96	929,518.72
3	2021	934,100	887.01	11,404.37	926,171.62
4	2022	934,100	643.92	46,400.86	922,836.57
5	2023	934,100	467.45	188,790.65	919,513.53

Dari Tabel 1.6, didapatkan besar konsumsi oksigen pada tahun 2023 mencapai 919,513.53 ton. Perkembangan konsumsi oksigendalam tahun-tahun mendatang baik dalam maupun luar negeri diperkirakan masih akan terus meningkat. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan produk–produk yang menggunakan oksigen sebagai bahan baku atau komplementer semakin meningkat.

1.4.3 Prospek Pasar

Setelah menganalisis proses perdagangan ekspor maupun impor oksigen di Indonesia dapat kita simpulkan bahwa memang benar adanya kenaikan kebutuhan akan bahan baku maupun komplementer dari oksigen yang mana kebutuhan tersebut setiap tahun mengalami kenaikan seperti yang bisa dilihat pada tabel 1.1 dan 1.6. Kemudian dari data yang telah diolahpun menunjukkan proyeksi akan perdagangan ekspor meningkat sangat signifikan pada tahun 2023 yang menunjukkan kebutuhan oksigen mengalami peningkatan seperti yang dilihat pada tabel 1.1 ditambah lagi dari data yang diolah untuk mendapatkan angka kebutuhan

terhadap Udara Cair dengan menggunakan rumus **Supply – Ekspor = Kebutuhan/Konsumsi** pada tabel 1.6 menunjukkan hasil yang positif untuk dilakukan Pra Rancangan Pabrik Oksigen di Indonesia oleh Karena itu dengan menghitung peluangnya yaitu dengan jumlah **Demand – Supply = Peluang** yaitu $1,108,304.19 - 934,567.45 = 173,736.74$ dan dengan mempertimbangkan kapasitas ekonomis (70% dari peluang) dipilihlah kapasitas 120,000 ton/tahun yang merupakan 70% dari 173,736.74.

1.4.4 Kapasitas Ekonomis

Kapasitas produksi dapat ditentukan dengan melihat dari kapasitas industri yang telah berdiri. Adapun Produsen oksigendalam negeri yang telah berdiri dapat dilihat dari tabel 1.7 dibawah ini.

Tabel 1.7 Produsen Oksigen di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
1	PT Aneka Gas Industri (Samator)	95,400	Gresik
2	PT Air Products Indonesia	91,250	Bekasi
3	PT Air Liquide Indonesia	193,050	Bekasi
4	PT Linde Indonesia	554,400	Cilegon

Dari Tabel 1.7dapat dilihat bahwa negara yang paling banyak memproduksi oksigen ialah PT Linde Indonesia dengan kapasitas 554,400 ton per tahun dan pesaingnya ialah PT Air Liquide Indonesia dengan 193,050 ton/tahun, PT Aneka Gas Industri (Samator) dengan 95,400 ton/tahun dan PT Air Products Indonesia dengan 91,250 ton/tahun. Dari table diatas dapat kita lihat bahwa kapasitas produksi yang ada di Indonesia berkisar antara 91,250 hingga 554,400 ton per tahun sehingga untuk menentukan kapasitas produksi yang akan dibangun bisa berada diantara 91,250 hingga 554,400 ton per tahun. Untuk itu Pra Rancangan Pabrik Oksigen yang akan dibangun di Indonesia berkapasitas 120,000 ton per tahun berdasarkan perhitungan kapasitas ekonomi dan persaingan pasar antara sesama produsen oksigen lokal.

1.5 Penentuan Kapasitas Produksi

Dari data kapasitas ekonomis maka kapasitas produksi yang akan didirikan sebesar 120,000 ton/tahun. Kapasitas produksi dipilih berdasarkan kapasitas pabrik yang sudah ada dengan memenuhi kapasitas ekonomis serta persaingan pasar antara sesama produsen oksigen lokal. Kapasitas produksi tersebut diharapkan dapat mengurangi jumlah impor bahan baku atau ketergantungan oleh negara lain. Pabrik oksigen ini direncanakan dibangun pada tahun 2023 dan sudah dapat berproduksi pada tahun 2018.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku di Komplek Industri Kramatwatu Cilegon

Dari hasil penentuan proses komersial yang telah ditetapkan maka bahan baku yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi oksigen adalah udara. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku tersebut maka diperlukan kualitas udara yang bagus yang sedikit impuritisnya, bebas dari pencemar-pencemar yang biasanya terkandung di atmosfer dan sedikit mengandung uap air untuk meminimalisir kinerja alat proses, untuk mengetahui apa saja yang terkandung di dalam udara dapat dilihat pada tabel 1.11.

Tabel 1.8 Komposisi Udara

No.	Nama Gas	Formula Kimia	Persen Volume
1	Nitrogen	N ₂	75.47%
2	Oksigen	O ₂	20.95%
3	Argon	Ar	1.28%
4	Karbondioksida	CO ₂	0.05%
5	Hidrogen	H ₂	0.00%
6	Neon	Ne	0.00%
7	Helium	He	0.00%
8	Kripton	Kr	0.00%
9	Xenon	Xe	0.00004

Sumber: (Kirk-Othmer, 2004)



1.7 Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik adalah salah satu hal paling penting dalam mendirikan suatu pabrik. Lokasi pabrik akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan produksi suatu pabrik, dimana hal ini ikut menentukan keberhasilan dan kelancaran proses produksi, pemasaran dan transportasi. Ada faktor primer dan sekunder yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik. Faktor primer terdiri dari sumber bahan baku, transportasi, dan daerah pemasaran. Sedangkan faktor sekunder terdiri dari tenaga kerja, fasilitas pendukung, komunitas masyarakat, sarana transportasi, dan lahan pendirian pabrik. Penentuan lokasi tentunya tidak luput dari beberapa peraturan perundang-undangan di Indonesia salah satu pengertian kawasan industri mengacu kepada keputusan Presiden (Keppres) Nomor 41 Tahun 1996. Menurut Keppres tersebut, yang dimaksud dengan kawasan industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh Perusahaan Kawasan Industri yang telah memiliki izin Usaha Kawasan Industri. Berdasarkan pada beberapa pengertian tentang kawasan industri tersebut, dapat disimpulkan, bahwa suatu kawasan disebut sebagai kawasan industri apabila memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Adanya area/bentangan lahan yang cukup luas dan telah dimatangkan

Lahan kawasan industri memiliki bentangan tanah dengan keluasan minimal 20 hektar dengan statustanah sebagai hak guna bangunan induk (HBG Induk) atas nama perusahaan kawasan industri dan dilengkapi dengan prasaran dan sarana penunjang. Prasarana tersebut meliputi jaringan jalan, saluran air hujan, instalasi penyediaan air bersih, instalasi /jaringan distribusi dan pembangkit tenaga listrik, jaringan distribusi telekomunikasi, salauran pengumpulan air limbah industri, instalasi pengolah limbah, penampungan sementara limbah padat, penerangan jalan, unit pemadam kebakaran dan pagar kawasan industri. Sarana Penunjang, suatu kawasan industri diwajibkan membangun sarana penunjang di dalamnya, yaitu meliputi kantor pengelola, kantor pos, kantor pelayanan telekomunikasi, poliklinik, kantin, sarana ibadah, perumahan karyawan industri dan mess transito, pos keamanan, sarana kesegaran jasmani, dan halte angkutan umum.



2. Ada suatu badan (manajemen) pengelola

Perusahaan pengelola tersebut merupakan badan hukum yang didirikan menurut hukum Indonesia dan berkedudukan di Indonesia, yang ditunjuk oleh dan /atau menerima hak dan kewajiban dari perusahaan kawasan industri khusus untuk melaksanakan pengelolaan sebagian atau seluruh kawasan industri.

3. Memiliki izin usaha kawasan industri

Beberapa izin tersebut ialah izin AMDAL dan izin usaha kawasan Industri, suatu perusahaan yang akan mengoperasikan kawasan industri diwajibkan memiliki izin usaha kawasan industri. Perusahaan industri yang beroperasi di dalam kawasan industri, Selain memperoleh kemudahan dalam hal kebutuhan lahan untuk industri yang telah dilengkapi dengan prasarana dan sarana tersebut, juga mendapatkan kemudahan dalam hal perizinan, seperti: bebas dari izin AMDAL.

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik udara cair ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Kramatwatu Cilegon. Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

1. Lokasi memenuhi persyaratan perundang-undangan untuk penentuan lahan kawasan industri,yaitu lahan masih kosong dan lahan sebesar 125 ha dekat dengan pelabuhan Banten.
2. Pangsa Pasar,industri dibangun karena ada tuntutan dari konsumen. Tujuan utama kegiatan industri memproduksi barang ialah untuk dijual kepada konsumen. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa konsumen merupakan hal penting dalam menentukan lokasi industri. Selain itu keadaan ekonomi atau taraf hidup masyarakat juga mempengaruhi luasan daerah pemasaran. Daya beli masyarakat akan rendah jika taraf hidup masyarakat sekitar pun rendah.
3. Sumber bahan bakuadalah faktor utama dalam mendirikan sebuah industri dimana kebanyakan dari industri yang telah berdiri jika diamati pasti akan berdekatan dengan lokasi penghasil bahan baku, hal itu bertujuan untuk



mengurangi biaya transportasi bahan baku. Bisa diambil contoh PT Asahimas Chemical, Tbk yang lokasi industrinya berdekatan dengan laut, hal itu dikarenakan Industri tersebut menggunakan air laut sebagai salah satu bahan baku utama dalam menghasilkan produknya.

4. Sarana Transportasi Tersedianya sarana transportasi yang memadai untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk yaitu berada di samping jalan kabupaten sudah dibeton, dekat interchange jalan tol Jakarta–Merak dan tanah sawah, berada dekat Teluk Banten dan pelabuhan sehingga bisa mengambil air utilitas dari teluk.
5. Utilitas Fasilitas utilitas yang meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke kawasan Industri ini.

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian di dalam pemilihan lokasi pabrik karena faktor-faktor yang ada didalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar, faktor pendukung tersebut meliputi:

1. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
2. Kemungkinan perluasan pabrik
3. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan sebagainya
4. Tersedianya air yang cukup
5. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya) dan lahan dalam proses pembebasan dan tidak terdapat sengketa
6. Perumahan penduduk jauh dari kawasan tersebut namun masih terjangkau dengan perusahaan lainnya.

Seperti Gambar peta di bawah ini adalah rencana lokasi pendirian Pabrik Oksigen dari Udara dengan kapasitas 120,000 ton per tahun.





Gambar 1.3 Peta lokasi Pendirian Pabrik Udara Cair di Kawasan Industri Kramatwatu Cilegon

Sumber : Google map dan Google satellite, 2019

1.8 Proses Komersil Yang Tersedia

Penggunaan nitrogen dan oksigen secara industri dan komersial telah menciptakan tuntutan yang sangat besar akan oksigen dan nitrogen murni dalam fase cair maupun gas. Oksigen dan nitrogen dengan kemurnian tinggi dapat diperoleh melalui distilasi kriogenik udara ambien. Untuk mendapatkan oksigen cair dan nitrogen dengan kemurnian tinggi, udara sekitar harus disaring sebelum proses distilasi. Sistem *cryogenic* sebelumnya telah menggunakan filter karbon dan sistem adsorpsi.

1.8.1 PSA (*Proses Swing Adsorption*)

Pressure swing adsorption (PSA) adalah teknologi yang digunakan untuk memisahkan beberapa spesies gas dari campuran gas di bawah tekanan spesies molekul karakteristik dan afinitas untuk bahan Adsorben. Ini mengoperasikan di dekat-suhu dan berbeda signifikan dari teknik distilasi kriogenik gas pemisahan. Material adsorptive adalah zeolit digunakan sebagai perangkap, preferentially penyerapan spesies target gas tekanan tinggi. Proses ini kemudian ayunan rendah tekanan untuk desorb bahan adsorbed.

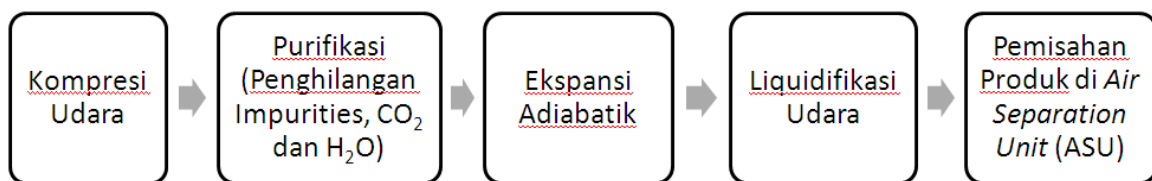
Proses

Proses Pressure swing adsorption bergantung pada kenyataan bahwa di bawah tekanan tinggi, gas cenderung tertarik pada permukaan padat, atau "adsorbed". Semakin tinggi tekanan, semakin banyak gas yang adsorbed; ketika tekanan berkurang, gas adalah

dirilis, atau desorbed. PSA proses dapat digunakan untuk memisahkan gas dalam campuran karena berbagai jenis gas cenderung tertarik ke permukaan padat yang berbeda lebih atau kurang kuat.

Adsorben

Selain kemampuan mereka untuk membedakan antara berbagai jenis gas, Adsorben untuk PSA sistem adalah biasanya sangat berpori bahan yang dipilih karena mereka besar daerah permukaan tertentu. Adsorben khas adalah karbon aktif, silica gel, alumina dan zeolit. Meskipun gas adsorbed pada permukaan ini mungkin terdiri dari lapisan hanya satu atau paling sedikit molekul tebal, area permukaan beberapa ratus meter persegi per gram mengaktifkan adsorpsi porsi yang signifikan dari Adsorben berat dalam gas. Selain selektivitas mereka untuk berbagai jenis gas, zeolit dan beberapa jenis karbon aktif yang disebut saringan molekul karbon dapat memanfaatkan karakteristik saringan molekul mereka untuk mengecualikan beberapa molekul gas dari struktur mereka berdasarkan ukuran molekul, sehingga membatasi kemampuan molekul lebih besar adsorbed. Adapun untuk blok flow diagram dari proses Pressure Swing Adsorption adalah sebagai berikut :



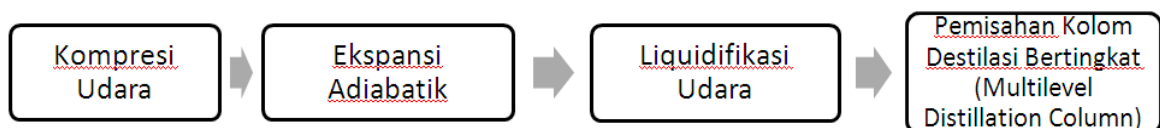
1.8.2 Rectification

Rektifikasi atau distilasi terfraksi adalah salah satu metode yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang terdapat dalam suatu cairan yang mengandung dua atau lebih penyusun berdasarkan perbedaan tekanan uap pada masing-masing penyusunnya. Udara yang telah didinginkan pada *Heat Exchanger* dikirim ke bagian bawah dari *High Pressure Column*. Pada *High Pressure Column* udara dipisahkan menjadi gas nitrogen murni di bagian atas, nitrogen tidak murni di bagian tengah, dan cairan yang kaya oksigen (disebut juga *rich liquid*) di bagian bawah. Gas nitrogen murni dikondensasi dalam *Main Condenser*. Sebagian nitrogen cair digunakan sebagai cairan refluks pada *High Pressure Column*, sedangkan sisa cairan nitrogen dikirim ke *Reflux Pure*

Nitrogen Subcooler dan didinginkan oleh gas nitrogen pada tekanan rendah, kemudian cairan tersebut digunakan sebagai cairan refluks pada *Low Pressure Column*. Produk nitrogen cair diambil dari bagian atas *High Pressure Column* dan didinginkan oleh nitrogen tidak murni dalam *Product Liquid Nitrogen Subcooler*, lalu nitrogen cair yang telah didinginkan dikeluarkan secara langsung dari *cold box* dan dialirkan menuju tangki penyimpanan nitrogen cair.

Produk gas nitrogen diambil dari bagian atas *Low Pressure Column* dan dipanaskan pada suhu lingkungan di dalam *Reflux Pure Nitrogen Subcooler* dan *Heat Exchanger*. Udara cair pada bagian bawah *High Pressure Column* didinginkan dalam *Rich Liquid Subcooler* lalu diekspansi sampai tekanan rendah. Cairan tersebut dikirim ke bagian tengah dari *Low Pressure Column* sebagai cairan umpan. Pemisahan terakhir dilakukan dalam *Low Pressure Column*. Gas nitrogen berada di bagian atas, gas buang dan *crude argon* ($O_2 = 88-90\%$ & $Ar = 12-10\%$) di bagian tengah, dan gas oksigen di bagian bawah kolom.

Oksigen cair diambil dari bagian bawah *High Pressure Column*, lalu melewati *Oxygen Filter* dimana impurities lainnya yang terkandung dalam cairan dihilangkan, kemudian dialirkan ke dalam *Main Condenser* dan dievaporasi oleh penukar panas dengan cairan nitrogen murni. Oksigen cair yang telah dievaporasi digunakan sebagai *reboil gas* pada *Low Pressure Column*. Oksigen cair diambil dari bagian bawah *Low Pressure Column*, lalu dipompa oleh *Liquid Oxygen Process Pump* dan didinginkan dalam *Product Oxygen Subcooler*. Kemudian oksigen cair yang telah didinginkan dikeluarkan secara langsung dari *cold box* dan dialirkan menuju tangki penyimpanan oksigen cair. Adapun untuk blok flow diagram dari proses Rectrification adalah sebagai berikut :



1.9 Seleksi Proses

Proses Pembuatan Oksigen dari Udara dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Menggunakan US Patent US4957523 dengan proses *Pressure Swing Adsorption*
2. Menggunakan US Patent US5655388 dengan proses *Rectification*

Tabel 1.9 Perbandingan antara Proses *Swing Adsorption* dan Proses *Rectification*

No	Parameter yang Ditinjau	Proses <i>Pressure Swing Adsorption</i> (PSA)	Proses <i>Rectification</i>
		(US4957523)	(US5655388)
1	Bahan baku	Udara	Udara
2	Temperatur	-193,3 °C	≤ -123.3 °C
3	Pressure	10.2 atm	≤ 68.04 atm
4	Alat	1. <i>Pressure Swing Adsorber</i> (PSA)	1. Heat Exchanger (HE)
		2. Heat Exchanger (HE)	2. Kompresor
		3. Kompresor	3. Turboexpander
		4. Turboexpander	4. Destilasi Bertingkat
		5. Kolom Destilasi Nitrogen	5. Kondensor & Reboiler
		6. Kolom Destilasi Oksigen	6. <i>Subcooler</i>
		7. Kondensor & Reboiler	
		8. <i>Subcooler</i>	
5	Hasil	1. Liquid O ₂ 99,5 %	1. Liquid O ₂ ± 50 %
		2. Liquid N ₂ 99,5%	2. Liquid N ₂ ± 80 %

Sumber: *Proses Swing Adsorption* (Zarate, 1990) dan *Proses Rectification* (Bonaquist, 1997)

Dari paten-paten dan tabel 2.2 diatas yang penulis sudah kaji, kemudian ditentukan proses destilasi kriogenik sebagai proses utama dikarenakan keoptimalannya dalam membuat oksigen murni (99.5%), didalam destilasi kriogenik terdapat dua metode untuk membuat oksigen cair yaitu dengan *Pressure Swing Adsorption* dan *Rectification*, perbandingan antara Proses *Pressure Swing Adsorption* dan Proses *Rectification* terlihat jelas pada hasil akhir dan tekanan ketika alat proses beroperasi. Proses *Rectification* beroperasi pada tekanan yang sangat tinggi sehingga perlu *maintenance* alat yang tinggi biayanya dan ketika kita berinvestasi untuk aset (alat proses) yang tinggi tekanan ketika beroperasi harga aset (alat proses) tersebut relatif mahal, juga hasil akhir (konsentrasi produk) tidak disebutkan, sedangkan menggunakan PSA, alat beroperasi pada tekanan yang tidak terlalu tinggi (10.2 atm) tidak menggunakan HE terlalu banyak dan produk akhir jelas (Oksigen dan Nitrogen 99.5%).