

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pemerintah senantiasa mengembangkan industri kimia sebagai industri strategis yang memiliki peranan penting dalam pembangunan nasional. Industri ini merupakan modal dasar bagi pengembangan industri hilir, seperti industri makanan dan minuman, serat kain, tekstil, kemasan, barang plastik, elektronika, otomotif, hingga obat-obatan. Salah satu sektor industri yang memiliki kontribusi signifikan dalam pembangunan industri nasional adalah industri kimia. Sektor industri kimia sebagai pemasok bahan baku untuk industri hilir diharapkan memiliki kapasitas dan performa yang memadai dan stabil setiap saat. Oleh karena itu, pemerintah terus memperkuat industri kimia dengan cara melakukan peningkatan kapasitas produksi serta melengkapi struktur pohon industri demi menjamin pemenuhan kebutuhan bahan baku industri. Bahan-bahan kimia merupakan komoditas yang sangat strategis dan sangat menentukan arah kebijakan pemerintah, terutama di bidang ekonomi. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya kontribusi dalam PDB (Produk Domestik Bruto). Pada tahun 2022, industri kimia merupakan kontributor terbesar ketiga terhadap sektor industri pengolahan nonmigas (Kemenperin, 2023).

Asam nitrat adalah senyawa asam kuat dengan rumus kimia HNO_3 berbentuk cairan dan tidak berwarna pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. 74-78% asam nitrat digunakan dalam pembuatan amonium nitrat. 75% dari ammonium nitrat ini digunakan sebagai pupuk. Namun dikarenakan popularitas dari urea dalam pembuatan pupuk, penggunaan ammonium nitrat pada industri pupuk sudah tidak digunakan. Oleh karena itu, ammonium nitrat digunakan sebagai bahan peledak dan bahan kimia lainnya (Othmer, 1962). Jika dilihat dari pemakaiannya yang luas, Asam Nitrat sangat dibutuhkan untuk diproduksi dalam skala besar dengan melihat peluang ketersediaan bahan baku yaitu adanya industri amonia di Jawa Timur bernama PT. Petrokimia, Gresik dengan kapasitas 825.000 ton/tahun yang diharapkan bisa memenuhi kebutuhan bahan baku pendirian pabrik asam nitrat ini.

Asam nitrat yang dikomersialkan memiliki konsentrasi 52%-68%. Produksi komersial dari asam nitrat dibuat melalui proses oksidasi oswald. Dari data impor

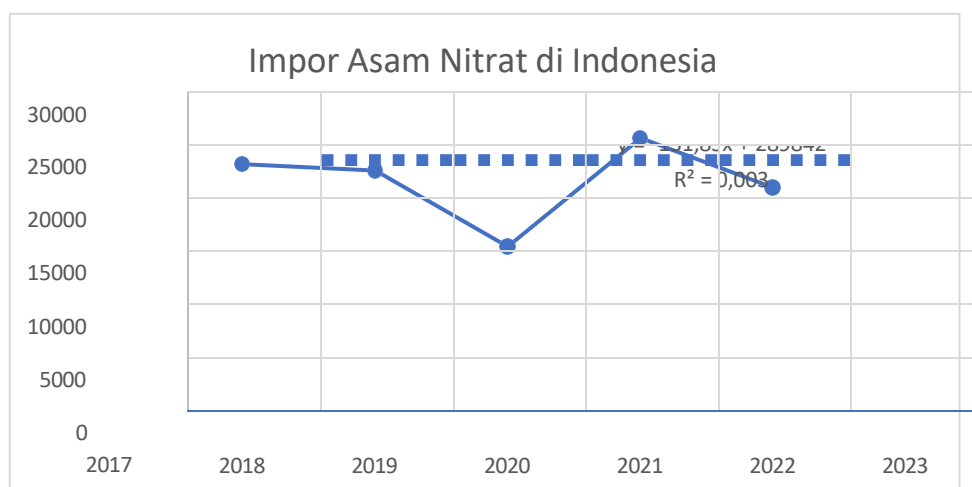
Badan Pusat Statistik Indonesia dari tahun 2018 hingga 2022 mengalami rata-rata kenaikan impor tiap tahun, sebesar 3%, dengan rata-rata kenaikan ekspor sebesar 531%. Hasil dari produksi Asam Nitrat ini, tidak semua dipakai dalam kebutuhan dalam negeri hal ini disebabkan penjualan diluar negeri lebih menguntungkan. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang masih kurang dilakukan impor dari beberapa negara seperti Australia, Belgium, Canada, Cina dan negara lainnya (Badan Pusat Statistika, 2023). Biaya impor sangat dipengaruhi oleh kurs nilai rupiah terhadap mata uang asing terutama dollar Amerika sehingga fluktuasi harga sangatlah mungkin dan dapat membahayakan pasar. Selain itu, kegiatan impor ini mengakibatkan kenaikan biaya produksi.

Dengan didirikannya pabrik asam nitrat ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor sekaligus membuka peluang ekspor dunia yang lebih besar selain digunakan untuk kebutuhan dalam negeri sehingga dapat berkontribusi untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Selain itu, pendirian pabrik ini diharapkan dapat menghemat devisa negara, menambah pemasukan negara, membuka lapangan pekerjaan baru serta meningkatkan pengembangan sumber daya manusia dalam penguasaan teknologi.

1.2. Kapasitas Perancangan

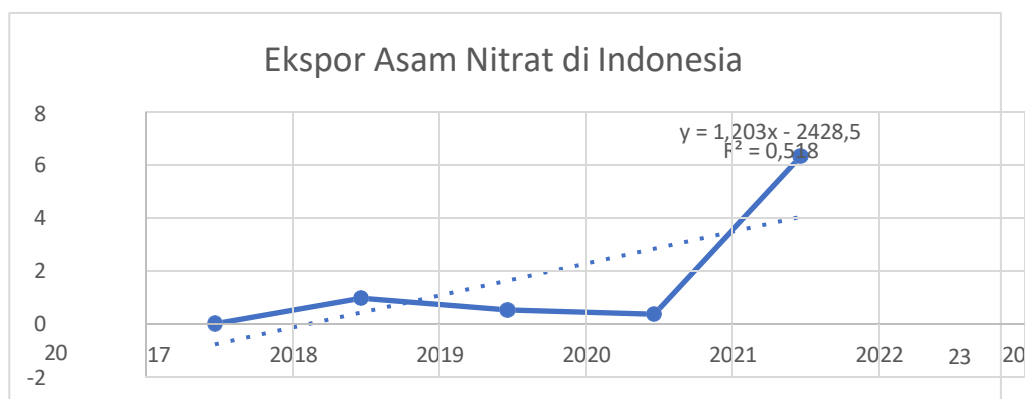
Untuk mempertimbangkan kapasitas produksi, dilakukan pengumpulan data ekspor, impor, dan pabrik yang memproduksi asam nitrat untuk mengetahui kebutuhan dan produksi formaldehid di Indonesia maupun luar negeri. Berikut adalah uraian dari faktor penentu tersebut.

1.2.1. Data Impor Asam Nitrat



Gambar 1. 1 Impor Asam Nitrat di Indonesia

1.2.2. Data Ekspor Asam Nitrat



Gambar 1. 2. Ekspor Asam Nitrat di Indonesia

Dari kedua grafik impor dan ekspor didapatkan nilai R^2 yang $<0,9$ maka metode interpolasi linear tidak bisa digunakan untuk memprediksi kapasitas pabrik yang akan didirikan. Sehingga digunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun.

Tabel 1. 1. Data Impor Ekspor Asam Nitrat di Indonesia dan Pertumbuhannya (BPS, 2022)

Tahun	Ekspor	Impor	Produksi	Konsumsi	%P Ekspor	%P Impor	%P Produksi	%P Konsumsi
2018	25.158	-	70.667	95.825	-	-	0	-
2019	24.563	0,960	70.667	95.229	-2	-	0	-1
2020	17.449	0,513	70.667	88.115	-29	-47	0	-7
2021	27.624	0,357	70.667	98.290	58	-30	0	12
2022	22.968	6,317	70.667	93.629	-17	1.670	0	-5
%P Total					10	1.593	0	-1
I					3	531	0	-0,322

Tabel 1. 2. Data Pabrik Produsen Asam Nitrat di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek	55.000
PT. Kaltim Nitrate Indonesia	60.000
PT Black Bear Resource	82.000
Total	197.000
Rata-rata produksi	65.667

Perhitungan kapasitas produksi pabrik asam nitrat :

1. Impor

$$M \text{ impor } 2026 = M_{\text{tahun terakhir}} \times (1 + i)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ impor } 2026 = 22.968x (1 + 3\%)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ impor } 2026 = 25.386 \text{ ton/tahun}$$

2. Ekspor

$$M \text{ ekspor } 2026 = M_{\text{tahun terakhir}} \times (1 + i)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ ekspor } 2026 = 6,317x (1 + 531\%)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ ekspor } 2026 = 10.015 \text{ ton/tahun}$$

3. Produksi

$$M \text{ produksi } 2026 = M_{\text{tahun terakhir}} \times (1 + i)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ produksi } 2026 = 65.667x (1 + 0\%)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ produksi } 2026 = 65.667 \text{ ton/tahun}$$

4. Konsumsi

$$M \text{ konsumsi } 2026 = M_{\text{tahun terakhir}} \times (1 + i)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ konsumsi } 2026 = 88.629x (1 - 0,324\%)^{(2026-2022)}$$

$$M \text{ konsumsi } 2026 = 87.487 \text{ ton/tahun}$$

Menghitung peluang kapasitas pabrik di tahun 2026

$$M_{2026} = (M \text{ Konsumsi } 2026 + M \text{ Ekspor } 2026) - (M \text{ Produksi } 2026 + M \text{ Impor } 2026)$$

$$M_{2026} = (87.487 + 10.015) - (65.667 + 25.386)$$

$$M_{2026} = 37.192 \text{ ton/tahun}$$

Apabila sudah ada pabrik lama : kapasitas produksi setidaknya 60% dari peluang yang ada Sehingga,

kapasitas pabrik asam nitrat yang dirancang = 60% x 37.192 ton/tahun

$$= 22.315 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang kapasitas dan keberadaan pabrik asam nitrat di Indonesia, maka ditetapkan kapasitas produksi asam nitrat pada tahun 2026 adalah 23.000 ton/tahun dengan pertimbangan dapat ikut serta memenuhi kebutuhan asam nitrat dalam negeri yang diperkirakan pada tahun 2026 mencapai 23.000 ton/tahun dan terus meningkat setiap tahunnya serta mengurangi impor sehingga kebutuhan asam nitrat tidak bergantung pada negara lain.

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah amonia dan udara. Untuk menentukan kebutuhan bahan baku pembuatan asam nitrat dapat dilakukan dengan perhitungan stoikiometri, dimana kapasitas produksi yang akan digunakan sebesar 23.000 ton/tahun. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan NH_3 dan O_2 . menurut reaksi stoikiometri:

$$\begin{aligned} \text{Mol Asam Nitrat} &= \frac{23.000.000.000 \frac{\text{gram}}{\text{tahun}}}{63 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}} \\ &= 365.079.365 \text{ mol/tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Massa Amonia} = \frac{\text{koef amonia}}{\text{koef asam nitrat}} \times \text{BM Amonia} \times \text{Mol Asam Nitrat}$$

$$\text{Massa Amonia} = \frac{1}{1} \times 17 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \times 365.079.365 \frac{\text{mol}}{\text{mol}}$$

$$\text{Massa Amonia} = 6.206.349.206 \text{ gram/tahun}$$

$$\text{Massa Amonia} = 6.206 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Massa Oksigen} = \frac{2}{1} \times 6.206 \frac{\text{ton}}{\text{mol}}$$

$$\text{Massa Oksigen} = 12.413 \text{ ton/tahun}$$

× BM Amonia × Mol Asam Nitrat

$$\text{Massa Amonia} \quad - \quad = \frac{1 \times 17 \text{ gram}}{1 \text{ mol}} \times 365.079.365 \frac{\text{mol}}{\text{mol}}$$

$$\text{Massa Amonia} \quad = 6.206.349.206$$

$$\text{gram/tahun Massa Amonia} \quad = 6.206$$

ton/tahun

$$\text{Massa Oksigen} \quad - \quad = \frac{2 \times 6.206 \text{ ton}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Massa Oksigen} \quad = 12.413 \text{ ton/tahun}$$

1.2.4. Kapasitas Pabrik Komersial yang Masih Beroperasi

Berikut adalah tabel beberapa produsen dan konsumen asam nitrat di Indonesia.

Tabel 1. 3. Data Pabrik Produsen Asam Nitrat di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek	55.000
PT. Kaltim Nitrate Indonesia	60.000
PT Black Bear Resource	82.000
Total	197.000
Rata-rata produksi	65.667

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik dilakukan demi menjaga keberlangsungan produksi pabrik. Tempat pendirian pabrik berpengaruh terhadap posisi supplier bahan baku, pemasaran, dan sumber daya manusia. pemilihan lokasi pabrik dapat ditinjau dari proses yang bersifat *weight gain* atau *weight loss*. Pada proses bersifat *weight gain* bila produk bertambah berat, artinya bobot produk yang ditransport keluar pabrik lebih tinggi dibanding bobot bahan baku yang masuk pabrik. Proses tipe ini umumnya proses yang salah satu bahan bakunya diperoleh dari dalam atau sekitar pabrik seperti air ataupun udara. Karena produk yang ditransfer keluar bertambah berat, maka diupayakan lokasi pabrik dekat dengan konsumen agar biaya transportasinya bisa ditekan serendah mungkin dan mudah. Sedangkan, pada proses bersifat *weight loss* bila produk yang ditransport keluar pabrik untuk dipasarkan lebih ringan dari pada bobot bahan baku yang harus ditransport masuk pabrik. Tipe proses seperti ini umumnya membuang produk samping yang nilai ekonominya rendah atau tidak ada sama sekali sebagai contoh air yang dibuang kesungai dan gas yang dapat dibuang di flare ke udara, karena bobot produknya lebih ringan dari bobot bahan bakunya, maka diupayakan lokasi pabrik mendekati sumber bahan baku agar transportasinya lebih murah dan mudah.

Pada proses produksi asam nitrat merupakan proses yang *weight gain* dimana produk lebih berat dari pada reaktannya karena bahan baku asam nitrat terdiri dari amonia dan udara yang didapat dari lingkungan pabrik, serta produk asam nitrat memiliki sifat yang korosif dan mudah meledak, dapat terurai sendiri, tergantung pada konsentrasi dan suhu. Aturan umumnya adalah: semakin tinggi konsentrasi atau suhu, semakin cepat laju dekomposisi. Asam nitrat harus diangkut dari produsen ke pengguna dalam waktu sesingkat mungkin (Kent, 1992).

Jika dilihat dari ketersediaan bahan baku, terdapat 3 lokasi yang memiliki potensi sebagai tempat pendirian lokasi pendirian pabrik yang menguntungkan berdasarkan faktor-faktor tersebut yaitu di Gresik terdapat PT. Petrokimia, Bontang terdapat PT. Pupuk Kaltim, dan Cikampek terdapat PT. Pupuk Kujang. Selain itu, peninjauan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan utilitas berupa air bersih, listrik dan bahan bakar, sarana dan prasarana meliputi sistem transportasi dan jalur transportasi yang memadai, dampak sosial dan lingkungan serta aspek pemasaran produk. Beberapa faktor pendukung lainnya yang dapat dipertimbangan untuk pemilihan pabrik dapat terlihat di matriks berikut :

Tabel 1. 4. Matriks Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor	Cikampek, Jawa Barat	Gresik, Jawa Timur	Bontang, Kalimantan Timur
Harga Tanah	3	4	5
Transportasi	4	4	4
Tenaga Listrik	4	4	4
Air	4	4	4
Ketersediaan Tenaga Kerja	5	2	3
Lokasi Pasar	5	3	2
Limbah	4	4	4
Kebijakan Pemerintah Daerah	4	4	4
Sistem pengupahan	3	4	5
Total	36	33	35

*keterangan : Penilaian dari skala 1-5

Berdasarkan analisa yang dituangkan pada tabel diatas, terlihat bahwa Cikampek, Jawa Barat mendapat skor paling tinggi, sehingga dilakukan pendirian pabrik di Cikampek, Jawa Barat. Direncanakan lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Dawuan, dikarenakan harga tanah masih terbilang cukup murah yaitu Rp 2.750.000 per m² dengan luas tanah yang tersedia yaitu 120.000 m².

1.3.1. Sumber Bahan Baku

Pabrik didirikan di dekat produsen bahan baku yaitu amonia untuk menghemat biaya transportasi bahan baku. Bahan baku didapat dari PT. Pupuk Kujang, Jawa Barat. dan katalis platinum-rhodium diimpor dari Beihai Kaite Chemical Packing Co., LTD. China.

1.3.2. Pasar

Asam nitrat banyak digunakan sebagai bahan baku produk ammonium nitrat dan bahan peledak dimana mayoritas industri yang membutuhkan asam nitrat berada di provinsi Jawa Barat dan Jakarta. Selain itu, asam nitrat yang berwujud cair, termasuk dalam kategori *weight gain industry*, serta meninjau dari sifat asam nitrat yang mudah meledak menjadikan pendirian pabrik akan lebih menguntungkan apabila didirikan dekat dengan kawasan industri yang membutuhkan asam nitrat atau daerah pemasaran. Sehingga pemilihan pendirian pabrik di Jawa Barat yang mana dekat dengan pasar dapat memberikan keuntungan berupa rendahnya biaya transportasi pengiriman produk ke konsumen ke pasar maupaun secara langsung.

Tabel 1. 5. Pabrik konsumen Asam Nitrat di Indonesia

Pabrik	Jenis Industri	Lokasi
PT. Dahana Persero	Bahan Peledak	Subang, Jawa Barat
PT. Pindad	Bahan Peledak	Malang, Jawa Timur
PT. Armindo Prima	Bahan Peledak	DKI Jakarta
PT. Trifita Perkasa	Bahan Peledak	DKI Jakarta
PT. Asa Karya Multipratam	Amonium Nitrat	Kalimantan Timur
PT. Multi Nitrotama Kimia	Amonium Nitrat	Cikampek, Jawa Barat
PT. Batuta Kimia Perdana	Amonium Nitrat	DKI Jakarta
PT. Kaltim Nitrat Indonesia	Amonium Nitrat	Bontang, Kalimantan Timur

1.3.3. Sumber Daya Manusia

Tenaga kerja yang dipekerjakan di pabrik Asam Nitrat ini diprioritaskan yang berdomisili di Cikampek, Jawa Barat atau bisa juga tenaga kerja yang berasal dari luar kota yang memiliki kualifikasi sesuai dengan kebutuhan baik tenaga ahli maupun tenaga kasar. Berdasarkan data dari BPS (2019), terdapat pencari kerja di Cikampek yaitu 27.440 orang dengan lulusan D1-D3 dan perguruan tinggi serta

171.178 orang dengan lulusan SMA. Dengan pendirian pabrik di Cikampek otomatis akan menurunkan angka pengangguran. Untuk upah karyawan Kabupaten Cikampek sebesar Rp5.176.179,- sesuai Penetapan UMK ini tertuang dalam surat Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 561.7/Kep.766-Kesra/2022 tentang Upah Minimum Kabupaten atau Kota di Jawa Barat Tahun 2023.

1.3.4. Sarana Transportasi

Sarana transportasi besar yang digunakan untuk melakukan pengiriman produk atau bahan baku dapat dilakukan melalui transportasi darat karena supplier dan konsumen masih

berada di satu pulau yaitu pulau Jawa. Daerah Cikampek memiliki transportasi darat yang baik dan mudah dicapai sehingga proses transportasi dapat berjalan optimal, terlebih adanya jalur Tol Trans-Jawa.

1.3.5. Penyediaan Utilitas

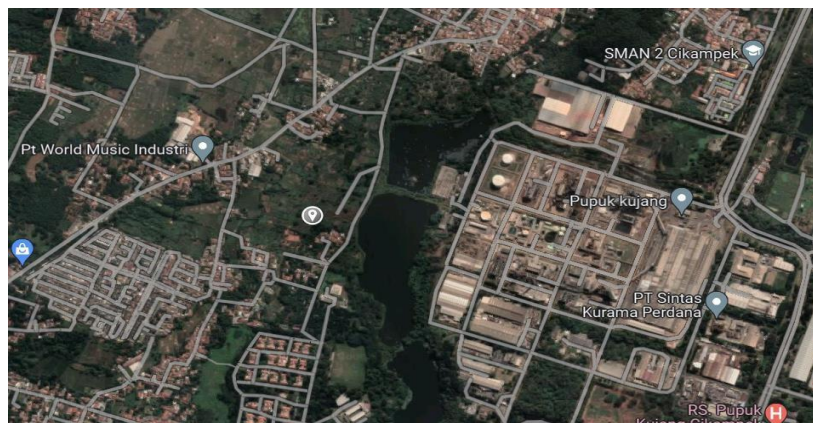
Pabrik didirikan di kawasan industri yang mana memiliki ketersediaan energi berupa air, dan listrik untuk menunjang keberjalanan pengoperasian pabrik. Air yang digunakan dapat berasal dari PT KIKC. Apabila tidak mencukupi, air didapat dari sumur atau dari bendungan curug, daerah Parudungkali yang berjarak sekitar 10 km dari lokasi pabrik untuk keperluan sanitasi. Untuk penyediaan energi listrik diperoleh dari PT. PLN.

1.3.6. Pembuangan Limbah

Kecamatan Cikampek berdasarkan letak geografis dekat dengan sungai Citarum sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan ke sungai tersebut. Namun, limbah yang dibuang adalah limbah yang telah memenuhi persyaratan pembuangan air limbah sesuai dengan SNI agar aman terhadap lingkungan.

1.3.7. Kebijakan Pemerintah

Pemberlakuan otonomi daerah memberi iklim yang cukup kondusif bagi investor untuk menanamkan modalnya sehingga pertumbuhan ekonomi dan pemasukan daerah dapat terus meningkat dan Pemerintah Daerah Kabupaten Karawang mendukung mengenai pembangunan industri. Hal itu dapat dilihat pada Peraturan Daerah (PERDA) Nomor 2 tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karawang Tahun 2011-2031.



Gambar 1. 3. Peta Cikampek, Jawa Barat

1.4. Tinjauan Proses

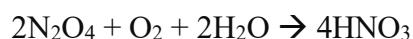
1.4.1. Tinjauan Proses Secara Umum

1.4.1.1. Proses Asam Terkonsentrasi (*Nitric Acid Concentration*)

Produksi asam nitrat biasanya menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 60-70% wt tergantung dari kondisi prosesnya. Namun konsentrasi ini tidak cukup untuk aplikasi tertentu, seperti industri kimia organik. Karena Industri ini memerlukan konsentrasi asam nitrat yang pekat (98-99% wt) (Martin, 2016; Othmer, 1962). Dalam memproduksi asam nitrat dengan konsentrasi tinggi, terdapat dua metode yaitu secara langsung maupun tidak langsung.

1.4.1.2. Secara langsung (*Direct Process*)

Metode langsung didasarkan pada produksi N_2O_4 cair, yang kemudian direaksikan dengan oksigen dan air di bawah tekanan untuk menghasilkan HNO_3 :



Asam nitrat pekat terbentuk dalam reaktor dengan tekanan 5,0 MPa dan suhu 60 – 80°C. Oleh karena itu, reaktor harus memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi, tetapi kedua persyaratan ini tidak dapat dipenuhi oleh salah satu bahan. Sehingga, reaktor harus memiliki jaket *carbon steel* untuk memberikan kekuatan mekanis dan cangkang dari aluminium murni untuk memberikan ketahanan terhadap korosi. Oksigen yang tidak bereaksi disuplai ke

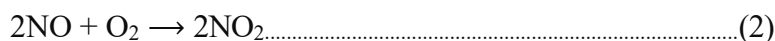
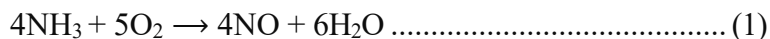
suction dari blower gas nitrat melalui sistem ventilasi. Produk asam nitrat pekat dialirkan ke tangki asam mentah dan kemudian ke *bleacher*. Asam pekat yang sudah dibleaching, didinginkan hingga 30°C. Sebagian besar asam nitrat pekat dikembalikan ke menara absorpsi dan oksidasi akhir (Martin, 2016; Thiemann dkk., 2000).

1.4.1.3. Secara tidak langsung (*Indirect Process*)

Metode tidak langsung didasarkan pada distilasi ekstraktif asam nitrat lemah (Martin, 2016). Asam nitrat memiliki titik didih azeotrope 69 wt% sehingga untuk memperoleh konsentrasi yang lebih tinggi dengan menggunakan proses distilasi sederhana dari asam lemah sangat mustahil. Oleh karena itu diperlukan distilasi ekstraktif untuk menaikkan konsentrasi asam nitrat menjadi 99 wt% (Othmer, 1962). Agen dehidrasi seperti asam sulfat dan magnesium nitrat ditambahkan untuk meningkatkan volatilitas HNO₃, sehingga proses distilasi dapat melampaui titik azeotrop asam nitrat. Asam nitrat dengan konsentrasi 55-65% yang diproduksi dengan proses konvensional dan agen dehidrasi diumpankan dari atas kolom distilasi. Asam nitrat dalam fasa uap keluar dari bagian atas kolom dengan konsentrasi 99%. Pengotor terdiri dari sejumlah kecil NO₂ dan O₂. Untuk memurnikan asam nitrat, asam nitrat dimasukkan ke dalam sistem pemutih untuk menghilangkan NO_x terlarut (Martin, 2016; Othmer, 1962; Thiemann dkk., 2000).

1.4.1.4. Proses Asam Lemah (*Weak Acid Process*)

Pada proses ini, menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 55-65% wt (Othmer, 1962). Proses ini merupakan proses oksidasi ammonia menggunakan kalatis platina yang di inisiasi oleh Oswald (Thiemann dkk., 2000). Produksi asam nitrat dengan proses oksidasi secara garis besar memiliki tiga tahapan yaitu:



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi katalitik dengan bantuan katalis platina-rhodium. Reaksi pertama (1) merupakan reaksi oksidasi antara amonia dengan udara yang menghasilkan nitrogen oksida (NO). Lalu, gas NO dioksidasi kembali hingga menghasilkan NO₂ (2). NO₂ yang dihasilkan dari reaktor kemudian diabsorb oleh H₂O hingga terbentuk asam nitrat (HNO₃) (Thiemann dkk., 2000). Proses produksi asam nitrat juga diklasifikasikan berdasarkan tekanan operasinya.

1.4.1.5. *Monopressure Process*

Dalam proses *monopressure* (satu-tekanan), pembakaran amonia dan penyerapan NO_x berlangsung pada tekanan kerja yang sama. Terdapat proses dengan *medium pressure process* dan *high pressure process* (Thiemann dkk., 2000).

a. *Medium Pressure Process*. Kondisi operasi proses ini adalah 0,3-0,6 Mpa (3-6 atm) dengan kemurnian produk asam nitrat maksimal mencapai 65% dan menghasilkan gas NO_x kurang dari 500 ppm (Martin, 2016; Othmer, 1962). Kelebihan dari proses *medium pressure* adalah katalis yang digunakan sedikit serta konsumsi energi dan resiko terbentuknya campuran yang mudah meledak rendah. Kekurangan dari proses *medium pressure* yaitu konstruksinya mahal dan konsentrasi asam nitrat yang dihasilkan lebih rendah, sehingga membutuhkan distilasi. Metode ini cocok digunakan, jika asam nitrat harus dikhususkan untuk produksi pupuk (Martin, 2016).

b. *High Pressure Process*. Kondisi operasi proses ini adalah 0,7-1,2 Mpa (7-12 atm) dengan kemurnian produk asam nitrat maksimal mencapai 67% dan menghasilkan gas NO_x kurang dari 200 ppm (Martin, 2016; Othmer, 1962)(Cerde-Opazo dkk., 2021; Othmer, 1962). Tekanan operasi yang tinggi memberikan keuntungan dibandingkan *dual-pressure process*, dimana dapat mengurangi ukuran peralatan proses dan menurunnya biaya produksi mencapai 10-14% (Othmer, 1962). Kelebihan dari proses *high pressure* adalah ukuran peralatan yang lebih kecil sehingga menekan biaya konstruksi dan konsentrasi asam nitrat yang dihasilkan lebih tinggi.

Adapun kekurangan dari proses *high pressure* yaitu konsumsi katalis, energi, dan air yang tinggi. Proses ini lebih cocok bila asam nitrat yang dihasilkan digunakan dalam produksi bahan peledak (Martin, 2016).

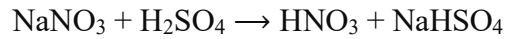
1.4.1.6. *Dual-pressure Process*

Dalam proses *dual-pressure* (*split-pressure*), tekanan proses absorpsi lebih tinggi dari tekanan proses oksidasi amonia (Thiemann dkk., 2000). *Dual-pressure process* memiliki kondisi tekanan operasi berkisar 0,3-0,6 MPa pada tahap oksidasi amonia dan 1,1–1,5 MPa pada tahap absorpsi. Kemurnian produk asam nitrat pada proses ini dapat mencapai hingga 68% dan dihasilkan gas NO_x dengan konsentrasi kurang dari 150 ppm (Martin, 2016; Othmer, 1962).

1.4.1.7. Proses Retort

Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah natrium nitrat dan asam sulfat.

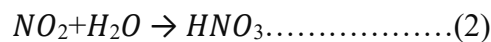
Kedua bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor sehingga terjadi reaksi sebagai berikut :



Reaktor dioperasikan pada suhu 150-200°C selama 12 jam. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis yang menyebabkan terjadinya dekomposisi asam nitrat sehingga suhunya harus selalu dijaga. Asam nitrat yang terbentuk kemudian akan menguap dan dialirkan menuju kondensor parsial lalu dipisahkan menggunakan separator. Sementara gas yang tidak terkondensasi akan diabsorb oleh air di dalam absorber lalu dicampurkan dengan keluaran separator. Campuran tersebut kemudian dipisahkan dengan Menara distilasi . Konversi reaksi pada proses ini sebesar 97%. Hasil bawah menghasilkan kadar asam nitrat 43%. Hasil samping reaktor berupa campuran “either cake” (Hastari, 2014; Setiawan & Pamungkas, 2021)

1.4.1.8. Proses Wisconsin

Proses Wisconsin dilakukan dengan memisahkan N₂ dan O₂ dari udara menggunakan listrik bertegangan tinggi. Udara dipanaskan dengan suhu 2200°C dan NO₂ yang dihasilkan hanya 1-2% wt (Thiemann dkk., 2000). Berikut reaksi yang terjadi pada pembuatan asam nitrat menggunakan proses wisconsin:



Produksi asam nitrat dapat ditingkatkan menjadi kadar 15% asam nitrat dengan fiksasi nuklir nitrogen, namun hal ini tentu tidak ekonomis (Safira & Nur Pradiastika, 2019).

1.4.2. Pemilihan Proses

Pemilihan proses produksi asam nitrat dilakukan untuk menentukan metode produksi dengan efisiensi dan karakteristik produk terbaik serta spesifikasi produk yang sesuai. Proses produksi asam nitrat yang dipilih harus mempertimbangkan beberapa aspek, seperti teknis dan ekonomi. Berikut merupakan perbandingan dari berbagai macam proses produksi asam nitrat:

Tabel 1. 6. Perbandingan Parameter Produksi Asam Nitrat

	Bahan Baku	Tekanan (Mpa)	Kehilangan Katalis (g/ton)	Suhu (°C)	Konsentrasi HNO₃ (%)	Kadar NO_x gas buang (ppm)
<i>Direct Process</i>	N ₂ O ₄ cair	5	-	60 - 80	98 - 99	-
<i>Indirect Process</i>	HNO ₃ 55 – 65 %	-	-	-	99	-
<i>Oxidation Medium Pressure Process</i>	NH ₃ dan O ₂	0,3 – 0,6	0,15	890	maks 65	<500
<i>Oxidation High Pressure Process</i>	NH ₃ dan O ₂	0,7 – 1,2	0,26	900	maks 67	<200
<i>Oxidation Dual-Pressure Process</i>	NH ₃ dan O ₂	0,3 – 0,6 dan 1,1 – 1,5	0,13	890	> 68	<150
<i>Retort Process</i>	NaNO ₃ dan H ₂ SO ₄	-		150- 200	43	-
<i>Wisconsin Process</i>	udara	-		2200	15	-

Jika dilihat dari berbagai proses diatas, proses oksidasi merupakan proses yang paling cocok yaitu proses oksidasi, wisconsin dan retort. Hal ini dikarenakan konsentrasi asam nitrat yang dikomersialkan memiliki konsentrasi 52%-68%. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari berbagai macam proses:

Tabel 1. 7. Kelebihan dan Kekurangan dari Berbagai Jenis Proses Oksidasi

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Oksidasi	<ul style="list-style-type: none"> a. Sudah banyak digunakan industri dan paling komersil b. Reaksi berjalan cepat c. Bahan baku sederhana 	Suhu operasi yang tinggi, yaitu antara 750 ⁰ C-900 ⁰ C
Retort	Konversi reaksi tinggi	<ul style="list-style-type: none"> a. Waktu reaksi cukup lama (12 jam) b. Probabilitas dekomposisi HNO₃ sangat besar
Wisconsin	Bahan baku sederhana	<ul style="list-style-type: none"> a. Suhu operasi sangat tinggi (2200⁰C) b. Kadar HNO₃ yang diperoleh cukup rendah (15%)

Berdasarkan uraian proses pembuatan diatas, dengan pertimbangan antara lain :

- a. Bahan baku yang diperlukan untuk proses mudah didapatkan di dalam negeri dengan jumlah yang melimpah.
- b. Sudah banyak digunakan industri dan paling komersil
- c. Reaksi berjalan cepat.
- d. Asam nitrat yang dihasilkan mempunyai konsentrasi sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan.
- e. Tekanan operasi yang tinggi memberikan keuntungan dibandingkan *dual-pressure process*, dimana dapat mengurangi ukuran peralatan proses dan menurunkan biaya produksi mencapai 10-14%.
- f. Ukuran peralatan yang lebih kecil sehingga menekan biaya konstruksi dan konsentrasi asam nitrat yang dihasilkan lebih tinggi.

1.4.3. Kegunaan Produk

74-78% asam nitrat digunakan dalam pembuatan amonium nitrat. 75% dari ammonium nitrat ini digunakan sebagai pupuk. Namun dikarenakan popularitas dari urea dalam pembuatan pupuk, penggunaan ammonium nitrat pada industri pupuk sudah tidak digunakan. Oleh karena itu, ammonium nitrat digunakan sebagai bahan peledak dan bahan kimia lainnya (Othmer, 1962). Sisanya digunakan sebagai nitrobenzen (3,6%), nitrotoluen (2,8%), asam adipat (2,7%), dan nitroklorobenzena (1,8%). Kegunaan lain dari asam nitrat adalah dalam pembuatan metal nitrat, nitroselulosa, nitroklorobenzen, perlakuan logam (misalnya, pengawetan baja tahan karat dan penggoresan logam), propelan roket, pemrosesan bahan bakar nuklir, pemurnian logam mulia, yaitu emas dan platina (Martin, 2016; Othmer, 1962).