

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sedang berada dalam fase akselerasi pembangunan nasional yang berfokus pada penguatan sektor infrastruktur dan manufaktur. Perkembangan ini mencakup pembangunan kawasan industri, perumahan, hingga sarana publik yang menuntut ketersediaan material pendukung dalam jumlah besar. Pertumbuhan sektor manufaktur ini secara langsung menjadi indikator vital perkembangan ekonomi nasional, dimana keberlangsungan produksi sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku kimia dasar. Sebagai negara dengan potensi sumber daya alam yang melimpah, kemandirian industri kimia dalam negeri menjadi syarat mutlak untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasar global dan memperkuat struktur industri nasional .

Kesenjangan antara konsumsi yang tinggi dan produksi dalam negeri yang minim memaksa Indonesia untuk melakukan impor besar-besaran dari negara lain. Merujuk pada data Badan Pusat Statistik (BPS), volume impor soda ash menunjukkan tren kenaikan yang konsisten setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah industri pengguna. Ketergantungan impor yang berlebihan ini tidak hanya membebani devisa negara, tetapi juga menimbulkan kerentanan bagi industri lokal terhadap fluktuasi harga internasional dan biaya logistik .

Peningkatan standar hidup dan laju urbanisasi mendorong permintaan produk hilir berbasis soda ash terus melonjak. Namun, kesenjangan antara konsumsi dan produksi dalam negeri masih sangat lebar. Proses produksi soda ash secara konvensional melalui rute Solvay memiliki tantangan lingkungan, terutama terkait pengelolaan limbah dan emisi amonia (Mohammad et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan pabrik soda ash baru perlu mempertimbangkan pemilihan teknologi proses yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Kesenjangan antara konsumsi yang tinggi dan produksi dalam negeri yang minim memaksa Indonesia untuk melakukan impor besar-besaran dari negara lain. Merujuk pada data Badan Pusat Statistik (BPS), volume impor soda ash menunjukkan tren kenaikan yang konsisten setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah industri pengguna. Ketergantungan impor yang berlebihan ini tidak hanya membebani devisa negara, tetapi juga menimbulkan kerentanan bagi industri lokal terhadap fluktuasi harga internasional dan biaya logistik . Oleh karena itu, pendirian pabrik soda ash baru dengan kapasitas 300.000 ton/tahun menjadi solusi konkret untuk mendukung kebijakan substitusi impor pemerintah dan menjamin stabilitas pasokan bahan baku industri dalam negeri.

Dalam menjawab kebutuhan tersebut, pemilihan teknologi proses menjadi aspek krusial guna memastikan efisiensi dan keberlanjutan lingkungan. Metode *Dual Process* (Hou Process) dipilih sebagai teknologi yang lebih unggul dibandingkan proses Solvay tradisional. Keunggulan utama metode ini adalah integrasi pemanfaatan amonia (NH_3) dan karbondioksida (CO_2) yang menghasilkan produk utama soda ash sekaligus produk samping bernilai ekonomi tinggi berupa amonium klorida (NH_4Cl) yang digunakan sebagai pupuk nitrogen. Penerapan *Dual Process* juga memungkinkan daur ulang mother liquor secara berkelanjutan, sehingga mewujudkan proses manufaktur kontinu yang lebih bersih (Yanping et al., 2019).

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas rancangan suatu pabrik perlu ditinjau berdasarkan kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah ada dan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Untuk dapat menentukan kapasitas pabrik, ada beberapa hal yang dapat menjadi pertimbangan, yaitu:

- Prediksi kebutuhan *sodium carbonate* di Indonesia
- Ketersediaan bahan baku
- Proses yang digunakan

1.2.1 Prediksi Kebutuhan Natrium karbonat di Indonesia

Permintaan akan *sodium carbonate* di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkatnamun, selama ini hanya terpenuhi sebagian dikarenakan pabrik yang didirikan di Indonesia belum ada sehingga untuk suplai produk *sodium carbonate* (Natrium karbonat) diperoleh dari hasil impor. Dilihat dari data impor 10 tahun terakhir, penggunaan *sodium carbonate* menunjukkan peningkatan.

Saat ini belum ada pabrik soda abu yang berdiri di Indonesia. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan soda abu di Indonesia dilakukan 100% melalui kegiatan impor dari luar negeri. Permintaan ekspor cenderung meningkat dari dalam dan luar negeri. Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik, diperoleh nilai impor dan konsumsi natrium karbonat sejak tahun 2016 hingga 2025, yang dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Impor Natrium karbonat di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2020)

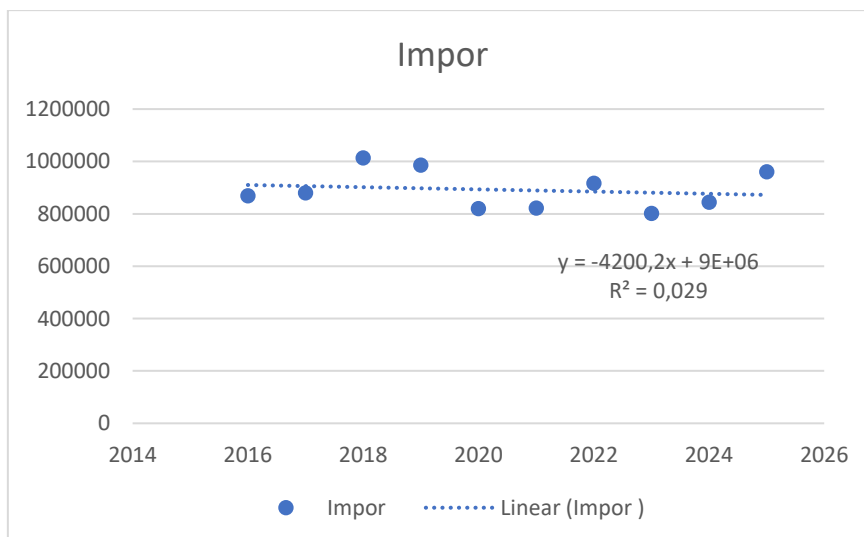
Tahun	Kapasitas
2016	869.081.05
2017	879.750.59
2018	1.013.606.80
2019	985.995.51

Tahun	Kapasitas
2020	819.912.22
2021	821.456.00
2022	916.828.80
2023	801.672.64
2024	844.114.59
2025	960.419.11

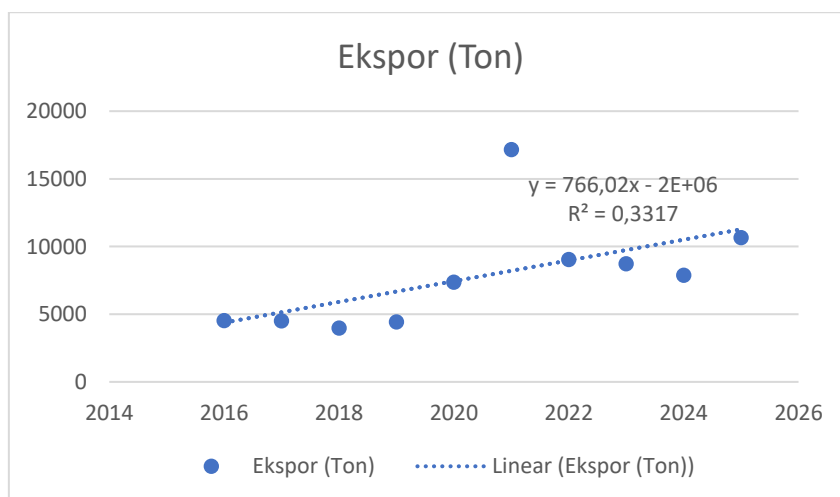
Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) periode 2016 hingga 2025 yang disajikan pada tabel di atas, volume impor natrium karbonat di Indonesia menunjukkan tren yang fluktuatif namun tetap berada pada angka yang tinggi. Penurunan volume impor yang paling signifikan terjadi pada tahun 2020, yakni mencapai angka 819.912,22 ton, yang bertepatan dengan terjadinya pandemi COVID-19. Kondisi pandemi ini berimbas langsung pada penurunan aktivitas produksi industri hilir yang menggunakan soda ash sebagai bahan baku utama, sehingga konsumsi nasional sempat berkontraksi.

Namun, pasca tahun 2020, volume impor kembali menunjukkan tren pemulihan seiring dengan membaiknya kondisi ekonomi nasional, di mana pada tahun 2025 angka impor diproyeksikan kembali meningkat hingga mencapai 960.419,11 ton. Hal ini sejalan dengan rilis dari Katadata (2021) yang menyebutkan bahwa konsumsi natrium karbonat di Indonesia secara umum berkisar di angka 1.000.000 ton/tahun dengan rata-rata kenaikan konsumsi tahunan mencapai 4%.

Meskipun kebutuhan domestik sangat tinggi, hingga saat ini Indonesia belum memiliki pabrik produksi natrium karbonat yang telah beroperasi secara komersial. Upaya strategis baru dimulai pada akhir tahun 2024 melalui rencana PT Petrokimia Gresik dan PT Pupuk Kaltim yang mencanangkan pendirian pabrik soda ash dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun. Namun, kapasitas tersebut diprediksi belum mampu menutupi seluruh kebutuhan nasional jika melihat data impor tahun 2025 yang mencapai lebih dari 900.000 ton. Oleh karena itu, perancangan pabrik baru dengan kapasitas yang tepat sangat krusial untuk menekan angka impor dan menjamin keberlangsungan berbagai sektor industri di Indonesia. Dilihat dari Gambar 1.1 data impor sodium carboanate dan Gambar 1.2 data ekspor sodium carboanate late pada Tabel 1.2



Gambar 1.1 Data Impor *sodium carbonate* di Indonesia



Gambar 1.2 Data Ekspor *sodium carbonate* di Indonesia

Tabel 1.2 Data Import Ekspor *sodium carbonate* di Indonesia dan Pertumbuhannya

Tahun	Total Impor (kg)	% P Impor	Total Ekspor (kg)	% P ekspor	Total Konsumsi (kg)	% P konsumsi
2016	869.081,05	0,00	4.520,22	0,00	864.559,78	0,00
2017	879.750,59	0,01	4.505,48	0,00	875.369,52	0,01
2018	1.013.606,80	0,15	3.967,91	-0,12	1.009.642,09	0,15
2019	985.995,51	-0,03	4.420,68	0,11	981569,32	-0,03
2020	819.912,22	-0,17	7.362,19	0,67	995.380,17	0,01
2021	821.456,00	0,00	17.150,49	1,33	1.009.385,34	0,01

Tahun	Total Impor (kg)	% P Impor	Total Ekspor (kg)	% P ekspor	Total Konsumsi (kg)	% P konsumsi
2022	916.828,80	0,12	9.039,63	-0,47	1.023.587,56	0,01
2023	801.672,64	-0,13	8.733,80	-0,03	1.037.989,61	0,01
2024	844.114,59	0,05	7.881,65	-0,10	1.052.594,31	0,01
2025	960.419,11	0,14	10.662,97	0,35	1.063.949,96	0,01
Total	8.912.837,30	0,15	78.245,02	1,74	9.914.027,66	0,22
i	891.283,73	0,02	7.824,50	0,19	991.402,77	0,02

1.2.2 Perhitungan Kapasitas Produksi

Direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2030. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dan ekspor dari tahun 2016-2025, sehingga perkiraan penggunaan *sodium carbonate* pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus metode linear sebagai berikut sebagai berikut:

$$i = \frac{\sum P}{n}$$

$$P = \frac{\text{data sebelum} - \text{data sesudah}}{\text{data sebelum}} \times 100\%$$

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

Dimana:

M = Jumlah produk pada akhir tahun perhitungan

P = Data besarnya impor dan ekspor pada tahun 2025

M1 = Nilai impor pada tahun 2030

M2 = Nilai produksi pabrik lama pada tahun 2030

m³ = Nilai produksi pabrik baru pada tahun 2030

M4 = Nilai ekspor pada tahun 2030

i = Rata-rata kenaikan impor setiap tahun

n = Selisih tahun 2025 dan tahun 2030 (5 tahun)

a. Perkiraan nilai impor (M1) pada tahun 2030

$$M = 960.419,11 (1 + 0.02)^5$$

$$M = 1.044.224$$

b. Perkiraan nilai ekspor (M4) pada tahun 2030

$$M = 10.662,97 (1 + 0,19)^5$$

$$M = 25.744$$

- c. Perkiraan nilai konsumsi (M5) pada tahun 2030

$$M = 1.063.949,96 (1+0.02)^5$$

$$M = 1.200.000$$

- d. Menghitung Peluang Kapasitas Berdasarkan Prediksi Data Ekspor dan Impor pada Tahun 2030 (m³)

$$M2 = 0 \text{ (tidak ada pabrik)}$$

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

$$M3 = (25.744 + 1.200.000) - (1.044.224 + 0)$$

$$M3 = 181.521$$

- e. Menghitung Kapasitas Produksi pada Tahun 2030

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1.5 \times \text{Peluang Kapasitas}$$

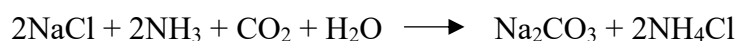
$$= 1.5 \times 181.521$$

$$= 272.281 \text{ Ton/tahun} \approx 300.000 \text{ Ton/tahun}$$

Berdasarkan data perhitungan, prediksi impor pada tahun 2030 adalah 1.044.224 Ton/tahun, prediksi ekspor 25.744 Ton/tahun dan prediksi kebutuhan adalah 1.200.000 Ton/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan peluang kapasitas, maka ditetapkan kapasitas produksi *sodium carbonate* pada tahun 2030 adalah 1.5 dari peluang kapasitas yang didapatkan yaitu sebesar 300.000 Ton/tahun.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor krusial untuk menunjang kelancaran dan keberlangsungan proses produksi secara kontinu. Dalam perancangan pabrik Soda Ash dengan Metode Dual (Hou Process), bahan baku utama yang digunakan adalah Garam Industri (NaCl), Amonia (NH₃), dan Karbondioksida (CO₂). Untuk menghasilkan produk utama Soda Ash (Na₂CO₃) sebanyak 300.000 ton/tahun serta produk samping Amonium Klorida (NH₄Cl), maka kebutuhan masing-masing bahan baku ditentukan menggunakan perhitungan stoikiometri berdasarkan reaksi berikut:



Target Kapasitas Produk (Na₂CO₃): 300.000 ton/tahun

BM : 106 gr/mol

$$\begin{aligned} \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{300.000 \text{ ton/tahun}}{106 \text{ gr/mol}} \\ &= \frac{300.000.000.000 \text{ gr/tahun}}{106 \text{ gr/mol}} \end{aligned}$$

$$= 2.830.188.679,245 \text{ mol/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \frac{\text{Koefesien NaCl}}{\text{Koefesien Na}_2\text{CO}_3} \times \text{BM NaCl} \times \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \\ &= \frac{2}{1} \times 58,44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2.830.188.679,245 \frac{\text{mol}}{\text{tahun}} \\ &= 330.792,453 \text{ ton /tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NH}_3 &= \frac{\text{Koefesien NH}_3}{\text{Koefesien Na}_2\text{CO}_3} \times \text{BM NH}_3 \times \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \\ &= \frac{2}{1} \times 17,03 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2.830.188.679,245 \frac{\text{mol}}{\text{tahun}} \\ &= 96.396.226.415,104 \text{ gr /tahun} \\ &= 96.396,226 \text{ ton/ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CO}_2 &= \frac{\text{Koefesien CO}_2}{\text{Koefesien Na}_2\text{CO}_3} \times \text{BM CO}_2 \times \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \\ &= \frac{1}{1} \times 44,01 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2.830.188.679,245 \frac{\text{mol}}{\text{tahun}} \\ &= 124.556.603.773,572 \text{ gr /tahun} \\ &= 124.556,604 \text{ ton/ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NH}_4\text{Cl} &= \frac{\text{Koefesien NH}_4\text{Cl}}{\text{Koefesien Na}_2\text{CO}_3} \times \text{BM NH}_4\text{Cl} \times \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \\ &= \frac{2}{1} \times 53,49 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2.830.188.679,245 \frac{\text{mol}}{\text{tahun}} \\ &= 302.773.584.905,629 \text{ gr /tahun} \\ &= 302.773,585 \text{ ton/ tahun} \end{aligned}$$

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi perusahaan merupakan salah satu hal yang penting guna mendukung kelancaran usaha. Peninjauan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan bahan baku dan penunjang, 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 yang memungkinkan untuk dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik natrium karbonat antara lain Gresik, Bontang, dan Anyer (Cilegon). Lokasi pabrik ditentukan berdasarkan perbandingan aspek-aspek dalam matriks berikut :

Tabel 1.3 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik

Aspek	Gresik (Jawa Timur)	Bontang (Kalimantan Timur)	Anyer/Cilegon (Banten)
Bahan Baku	NaCl : Impor dari Australia Dampier Salt Limited (DSL) . Garam DSL digunakan sebagai bahan baku industri klor-alkali (menghasilkan chlorine dan caustic soda) serta produksi soda ash. Bergantung pada impor karena garam yang dihasilkan di Jawa timur sebagian besar untuk konsumsi, bukan grade industri NH₃ : PT Petrokimia Gresik, 2 pabrik amonia (±445.000 ton + ±660–825.000 ton/tahun), total ±1,1–1,3 juta ton/tahun, di lokasi yang sama. CO₂: Tinggi, pola serupa Bontang (proses amoniak-urea juga menghasilkan CO₂ sebagai bahan sintesis urea), namun dalam skala lebih kecil H₂O: PT Kawasan Industri Gresik (KIG).	NaCl: Impor dari Australia Dampier Salt Limited (DSL) . Garam DSL digunakan sebagai bahan baku industri klor-alkali (menghasilkan chlorine dan caustic soda) serta produksi soda ash. NH₃ : PT Pupuk Kaltim, 5 pabrik amonia, total kapasitas ±2,7–2,98 juta ton/tahun (produsen amonia terbesar nasional) di lokasi yang sama. CO₂ : Sangat tinggi, CO₂ dihasilkan sebagai produk antara dari unit <i>CO₂ removal</i> pada proses steam reforming gas alam untuk sintesis amonia-urea, volume besar dan sudah terintegrasi dalam sistem pabrik	NaCl : Impor dari Australia Dampier Salt Limited (DSL) . Garam DSL digunakan sebagai bahan baku industri klor-alkali (menghasilkan chlorine dan caustic soda) serta produksi soda ash. S entra garam rakyat di pesisir utara Jawa Barat (Cirebon, Indramayu) namun kadar NaCl umumnya <90–93%, tidak memenuhi standar industri langsung NH₃ : Tidak ada produsen amonia skala besar di dalam kawasan Cilegon/Banten; produsen terdekat adalah PT Pupuk Kujang di Cikampek,

Aspek	Gresik (Jawa Timur)	Bontang (Kalimantan Timur)	Anyer/Cilegon (Banten)
	Kualitas: Bersumber dari pengolahan air Sungai Bengawan Solo/Brantas.	H ₂ O: PT Kaltim Daya Mandiri (KDM). Kualitas: Air industri terolah (demin water) tersedia dalam kapasitas besar.	Jawa Barat (±100 km) CO ₂ : Rendah, tidak ada pabrik amonia/urea <i>captive</i> ; CO ₂ komersial tersedia dari perusahaan gas industri (mis. PT Ramawijaya Indokarbon yang bergerak di pemurnian CO ₂ , serta pemasok gas industri seperti Samator), namun sumber utamanya kemungkinan berasal dari proses lain (bukan <i>captive-integrated</i>) H ₂ O: PT Krakatau Tirta Indonesia (KTI). Kualitas: Sangat andal; spesialis penyedia air industri skala masif.

Aspek	Gresik (Jawa Timur)	Bontang (Kalimantan Timur)	Anyer/Cilegon (Banten)
Harga Tanah	Rp. 200.000 – 500.000/m ²	Rp. 105.0000 – 200.000/m ²	Rp.1.500.000- Rp.3.000.000 /m ²
Penerima	PT Petrokimia Gresik.	PT Pupuk Kaltim.	Pabrik Pupuk Swasta
Produk	Dapat diintegrasikan ke	Produk samping	/ Ekspor. Tidak ada
Samping (NH ₄ Cl)	unit produksi pupuk ZA atau NPK Phonska mereka.	Amonium Klorida langsung diolah menjadi pupuk NPK cair/padat di kawasan yang sama	pemain pupuk BUMN besar di lokasi ini, kemungkinan untuk pasar bebas atau ekspor.
Utilitas Air	Bersumber dari pengolahan air permukaan Sungai Bengawan Solo dan Sungai Brantas.	Bersumber dari Sungai Santan dan sistem waduk penampungan air hujan industri.	Bersumber dari Sungai Cidanau yang dialirkan melalui pipa transmisi raksasa sejauh 28 km.
Utilitas listrik	PLN UID Jawa Timur. Melalui Gardu Induk (GI) Manyar/Gresik dengan skema Layanan Khusus Industri.	PT Kaltim Daya Mandiri (KDM). Mengoperasikan PLTG & PLTU khusus kawasan (<i>Captive Power</i>).	PLN & PT Krakatau Daya Listrik (KDL). Terkoneksi dengan sistem transmisi Jawa-Bali dan PLTU Suralaya.
Persediaan tenaga kerja	Sangat Melimpah. Terletak dekat dengan Surabaya yang merupakan pusat pendidikan teknik di Indonesia Timur. Berdekatan dengan institusi pendidikan ternama seperti ITS,	Angkatan kerja didominasi oleh pekerja sektor industri migas. Kualitas: Tenaga kerja terdidik tingkat menengah (SMA/SMK) cukup tersedia. Namun, untuk	Sangat Baik. Memiliki angkatan kerja dengan pengalaman spesifik di industri petrokimia berat. Kualitas tenaga ahli didukung oleh kedekatan dengan

Aspek	Gresik (Jawa Timur)	Bontang (Kalimantan Timur)	Anyer/Cilegon (Banten)
	PENS, Universitas Airlangga, dan UPN Veteran. Ketersediaan lulusan Teknik Kimia dan Teknik Mesin sangat tinggi.	tenaga ahli spesialis teknik kimia tingkat universitas, jumlahnya lebih terbatas dibandingkan di Pulau Jawa.	universitas lokal seperti Untirta serta akses mudah bagi lulusan dari Universitas Indonesia (UI) dan institusi di Jakarta.
Lokasi Pasar	Sangat Strategis. Berada di jantung industri manufaktur Jawa Timur. Biaya distribusi darat sangat efisien. Industri Kaca & Keramik: • PT Mulia Glass • PT Asahimas Flat Glass (Sidoarjo) • PT Platinum Ceramics Industry • PT Wings Surya (Deterjen)	Jauh dari pasar utama. Mayoritas industri pengguna Soda Ash (Kaca & Deterjen) berada di Pulau Jawa.	Sangat Strategis. Dekat dengan gerbang logistik nasional dan pusat industri manufaktur terbesar di Indonesia (Jabodetabek). • PT Asahimas Flat Glass (Cikampek) • PT Unilever Indonesia • PT Sayap Mas Utama (Wings) • PT Muliaglass (Cikarang)
Limbah	Limbah cair dapat dialirkan ke instalasi	Limbah Terintegrasi Kawasan. Limbah	Ketat & Terpadu. Memiliki fasilitas

Aspek	Gresik (Jawa Timur)	Bontang (Kalimantan Timur)	Anyer/Cilegon (Banten)
	pengolahan limbah kawasan (seperti di JIPE atau KIG) yang memiliki standar pembuangan ke laut atau sungai (S. Brantas/S. Bengawan Solo) sesuai regulasi lingkungan.	dapat dibuang ke laut setelah melalui unit <i>water treatment</i> (WTP) internal dan fasilitas pengolahan limbah terpadu milik PT Kaltim Industrial Estate (KIE).	pengolahan limbah cair yang sangat ketat karena padatnya industri petrokimia. Pembuangan akhir diarahkan ke Selat Sunda setelah melalui proses netralisasi.
Kebijakan Pemerintah	Sangat Kuat. Pemerintah daerah sangat mempertegas tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan perindustrian yang terintegrasi dengan hilirisasi gas bumi. Bontang diarahkan menjadi pusat industri petrokimia nasional.	Sangat Kuat. Pemerintah daerah memberikan kemudahan perizinan bagi industri yang masuk ke kawasan ekonomi khusus (seperti JIPE) dan mempertegas dukungan terhadap kemandirian bahan baku industri nasional.	Kuat. Pemerintah daerah fokus pada pemeliharaan ekosistem industri petrokimia yang sudah matang dan mempertegas regulasi terkait tata ruang industri di sepanjang koridor Anyer-Merak.
Sistem Pengupahan dan UMKM	Rp.5.195.401	Rp.3.799.480	Rp.5.460.000

Tabel 1.3 menjelaskan mengenai perbandingan beberapa lokasi yang potensial untuk pendirian pabrik natrium karbonat. Berdasarkan ketiga lokasi diatas, Bontang lebih unggul sehingga dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik natrium karbonat. Penentuan Kota Bontang sebagai lokasi pendirian pabrik didukung oleh faktor-faktor berikut:



Gambar 1.3 Lokasi pendirian Pabrik *Sodium carbonate*

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan Natrium Karbonat dengan Proses Dual adalah Garam (NaCl), Amonia (NH_3), gas Karbondioksida (CO_2), dan air. Bahan baku Garam (NaCl) akan disuplai melalui jalur impor dari produsen garam industri kemurnian tinggi ($>96\%$) seperti Rio Tinto Dampier Salt Limited (DSL) di Australia Barat, mengingat belum tersedianya sumber garam kemurnian tinggi dalam skala industri di wilayah Kalimantan Timur. Proses bongkar muat dilakukan melalui pelabuhan laut dalam (*deep sea port*) yang telah terbangun di kawasan industri Bontang, yang memiliki fasilitas dermaga curah dengan kapasitas bongkar muat kapal skala besar (Handysize hingga Panamax), sehingga mendukung penerimaan pasokan garam impor secara efisien dan berkelanjutan.

Untuk ketersediaan bahan baku Amonia (NH_3), pasokan akan diambil dari PT Pupuk Kalimantan Timur (Pupuk Kaltim) yang berlokasi dalam satu kawasan industri yang sama di Bontang, dengan total kapasitas produksi amonia terbesar di Indonesia ($\pm 2,7\text{--}2,98$ juta ton per tahun dari lima unit pabrik). Amonia dapat dialirkan melalui pipa (*over the fence*) mengingat kedekatan lokasi, sehingga menjamin keandalan pasokan dan efisiensi biaya logistik yang sangat tinggi.

Kebutuhan gas CO_2 diperoleh dari hasil samping proses reforming gas alam di unit Amonia PT Pupuk Kaltim, yang menghasilkan CO_2 dalam volume besar sebagai bagian dari sistem CO_2 removal pada rangkaian produksi amonia-urea. Pasokan ini dapat didukung lebih lanjut oleh produsen amonia lain yang berlokasi di kawasan yang sama, yaitu PT Kaltim Parna Industri, sehingga ketersediaan CO_2 untuk kebutuhan proses karbonasi dapat terjamin secara berkelanjutan.

Sementara itu, kebutuhan utilitas air akan diambil dari sumber air permukaan setempat yang dikelola oleh unit utilitas kawasan industri Bontang, didukung oleh infrastruktur

penyediaan air baku regional seperti Waduk Marangkayu di Kabupaten Kutai Kartanegara yang turut memenuhi kebutuhan air baku Kota Bontang dan sekitarnya.

Integrasi bahan baku NH_3 dan CO_2 yang bersifat *captive* dalam satu kawasan industri terpadu ini memastikan keberlanjutan produksi dengan biaya logistik yang sangat efisien, sementara ketergantungan pada garam impor kemurnian tinggi tetap memerlukan mitigasi melalui kontrak pasokan jangka panjang (*offtake agreement*) dengan produsen garam industri internasional guna menjamin kontinuitas dan stabilitas harga bahan baku.

1.3.2 Pemasaran

Daerah pemasaran menjadi salah satu pertimbangan penting dalam menentukan lokasi pabrik agar hasil produksi natrium karbonat dapat dipasarkan dengan mudah dan meminimalkan biaya transportasi. Sebagian besar industri yang menggunakan natrium karbonat sebagai bahan baku memang masih terkonsentrasi di Pulau Jawa, khususnya di sekitar Jawa Tengah, Jawa Timur bagian Utara, dan Jawa Barat, yang merupakan basis industri kaca, tekstil, deterjen, dan kimia hilir nasional.

Meskipun demikian, pemilihan lokasi pabrik di Bontang tetap didukung oleh beberapa pertimbangan strategis dari sisi pemasaran:

Pertama, ketersediaan pelabuhan laut dalam (*deep sea port*) yang telah terbangun di kawasan industri Bontang memungkinkan pengiriman produk natrium karbonat langsung menuju pelabuhan-pelabuhan utama di Jawa (Tanjung Priok, Tanjung Perak, Tanjung Emas) menggunakan kapal curah berkapasitas besar (Handysize hingga Panamax), sehingga biaya transportasi laut per ton produk dapat ditekan melalui skala ekonomi pengiriman (*economies of scale*), sebagaimana pola distribusi yang telah terbukti efisien pada komoditas curah lain di kawasan yang sama seperti pupuk urea dan amonia.

Kedua, terbukanya potensi pasar baru di kawasan Kalimantan dan Sulawesi yang saat ini mengalami pertumbuhan pesat pada industri hilirisasi mineral, khususnya pengolahan nikel dan pemurnian alumina untuk kebutuhan baterai kendaraan listrik (EV battery). Industri pengolahan nikel dan alumina turut membutuhkan pasokan bahan kimia berbasis natrium karbonat dan soda kaustik sebagai bagian dari proses pemurnian, sehingga lokasi pabrik di Bontang justru memberikan keunggulan kedekatan dengan kluster industri smelter yang berkembang di kawasan Kalimantan Timur dan sekitarnya (termasuk kawasan industri Kariangau, Buluminung, serta kawasan pengolahan nikel di Sulawesi yang dapat dijangkau melalui jalur laut Selat Makassar), tanpa harus melalui rute distribusi tambahan dari Jawa.

Ketiga, posisi geografis Bontang yang berada di jalur pelayaran strategis Selat Makassar dan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI II) membuka peluang pemasaran ekspor langsung ke negara tujuan di kawasan Asia-Pasifik (seperti Jepang, Korea Selatan, Tiongkok, dan negara ASEAN lainnya) tanpa memerlukan transshipment melalui pelabuhan di Jawa, sehingga dapat menjadi alternatif pasar di luar ketergantungan terhadap permintaan domestik Pulau Jawa.

Namun demikian, mengingat pasar utama konsumen natrium karbonat domestik tetap terkonsentrasi di Jawa, diperlukan strategi distribusi tambahan berupa kontrak jangka panjang dengan pembeli industri (*offtake agreement*) serta optimalisasi backhaul kapal memanfaatkan kapal yang sebelumnya mengangkut bahan baku garam impor dari Australia ke Bontang untuk mengangkut produk natrium karbonat pada perjalanan kembali (*return voyage*) menuju Jawa maupun pasar ekspor, sehingga biaya logistik keseluruhan dapat dioptimalkan.

Tabel 1.4 Pabrik Berbahan Natrium Karbonat (Kementrian Perindustrian, 2022).

Nama Industri	Komoditi	Lokasi
PT. Sinar Surya Mukti Glassindo	Kaca <i>tempered</i>	Demak, Jawa Tengah
PT Sanno Abadi Cemerlang	Kaca <i>tempered</i>	Makassar, Sulawesi Selatan
PT.Matahari Silverindo Jaya	Kaca cermin, painted glass,laminated	Semarang, Jawa Tengah
PT. KCC Glas Indonesia	Kaca	Batang, Jawa Tengah
PT. Aristar Kencana Glassindo	Kaca	Semarang, Jawa Tengah
PT. Bintang Mas Glassolutions	Kaca	Malang, Jawa Timur
PT. Buya Barokah	Kertas	Kudus, Jawa Tengah
PT. Asahimas Flat Glass	Kaca lembaran	Sidoarjo, Jawa Timur : Cikampek Jawa Barat
PT. Sumber Jaya Glassindo	Kaca	Surabaya, Jawa Timur
PT. Wings Surya	Detergen	Gresik, Jawa Timur
PT. Multi Arthmas Glass Industry	Kaca	Surabaya, Jawa Timur
PT. Tamindo Laminglass	Kaca	Bekasi, Jawa Barat
PT.Aquamate Indonesia Industries	Kaca <i>tempered</i>	Sidoarjo, Jawa Timur

1.3.3 Utilitas

Dalam menjalankan operasi proses produksinya, pabrik soda ash memerlukan berbagai sarana pendukung seperti pembangkit tenaga listrik, penyediaan air untuk keperluan pabrik, baik untuk proses maupun untuk keperluan sanitasi dan lainnya. Dalam penggunaannya, air ini harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan baku terutama untuk keperluan proses. Untuk penyediaan listrik, pabrik memperoleh pasokan dari PT Kaltim Daya Mandiri yang melayani kawasan industri PUPK Bontang, guna menjamin stabilitas suplai selama 24 jam. Untuk keperluan air proses dan sanitasi, pabrik memanfaatkan air laut Bontang sebagai sumber air baku, yang selanjutnya diolah melalui sistem *Reverse Osmosis* (RO) untuk menghilangkan kandungan garam dan mineral terlarut lainnya, sehingga menghasilkan air tawar (*fresh water*) dengan kualitas yang memenuhi standar kebutuhan proses produksi maupun sanitasi pabrik. Khusus untuk kebutuhan proses produksi soda ash, unit utilitas juga dirancang untuk mengintegrasikan sistem perpipaan gas buang (CO_2) dan amonia dari pabrik pupuk eksisting PT Pupuk Kaltim yang berada di kawasan yang sama, guna dimanfaatkan sebagai sarana penunjang bahan baku utama serta meningkatkan sinergi antarindustri di kawasan tersebut.

1.3.4 Keadaan geografis

Secara geografis, Kota Bontang terletak di pesisir timur Pulau Kalimantan, tepatnya di bagian tengah wilayah Provinsi Kalimantan Timur, dengan posisi astronomis antara $117^{\circ}23'$ sampai dengan $117^{\circ}38'$ Bujur Timur dan $0^{\circ}01'$ sampai dengan $0^{\circ}12'$ Lintang Utara. Kota Bontang memiliki batas administrasi sebagai berikut

- Sebelah Utara : Kabupaten Kutai Timur
- Sebelah Timur : Kabupaten Kutai Timur
- Sebelah Barat : Selat Makassar
- Sebelah Selatan : Kabupaten Kutai Kartanegara

Kota Bontang menempati wilayah seluas $497,57 \text{ km}^2$ yang didominasi oleh lautan, yaitu seluas $349,77 \text{ km}^2$ (70,30%), sedangkan wilayah daratannya hanya seluas $147,80 \text{ km}^2$ (29,70%). Kawasan PUPK (Pusat Pupuk Kaltim) sebagai lokasi pendirian pabrik soda ash terletak di wilayah pesisir yang menghadap langsung ke Selat Makassar dengan panjang garis pantai $\pm 24,4 \text{ km}$.

Berdasarkan data topografi Kota Bontang, wilayah ini memiliki ketinggian 0–125 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan lereng yang bervariasi dari pantai timur dan selatan hingga bagian barat. Kemiringan lahan 0–2% (datar) mendominasi dengan luasan mencapai 48,79% dari total wilayah, menjadikannya sangat ideal untuk pembangunan infrastruktur

industri berat dan tangki penyimpanan gas skala besar. Bagian barat merupakan daerah tertinggi dengan morfologi berbukit, kemudian melandai ke arah timur yang merupakan daerah pesisir

Berdasarkan catatan kegiatan seismik, wilayah Bontang memiliki tingkat aktivitas gempa yang tergolong sedang. Sejak tahun 1970, tercatat 17 kali kejadian gempa dalam radius 100 km dengan magnitudo di atas 2, di mana gempa terbesar mencapai magnitudo 5,3. Dibandingkan dengan wilayah lain di Indonesia, khususnya zona selatan Jawa yang memiliki risiko gempa lebih tinggi, indeks risiko gempa di Bontang relatif lebih rendah, sehingga memberikan jaminan keamanan struktural yang lebih baik bagi unit reaktor dan absorber dalam operasional pabrik soda ash.

1.3.5 Transportasi

Kota Bontang terletak di pesisir timur Kalimantan dengan akses langsung ke Selat Makassar, menjadikannya lokasi strategis bagi transportasi darat, laut, dan udara. Untuk transportasi darat, tersedia jaringan jalan $\pm 206,4$ km, didukung rencana pembangunan Jalan Tol Samarinda–Bontang (± 96 km) pada 2028–2029 untuk mempercepat arus logistik. Untuk transportasi laut, terdapat Pelabuhan Tanjung Laut dan Pelabuhan Lhok Tuan (berstatus pelabuhan nasional) serta rencana pengembangan Pelabuhan Kawasan Industri Bontang Lestari guna mendukung distribusi bahan baku dan pemasaran produk, termasuk ekspor. Untuk transportasi udara, Bandara Bontang melayani pesawat ukuran kecil, sedangkan akses untuk pesawat besar dapat dilakukan melalui Bandara APT Pranoto Samarinda atau Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian di Balikpapan.

1.3.6 Pembuangan Limbah

Kota Bontang merupakan wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan Selat Makassar, sehingga pembuangan limbah cair setelah melalui proses netralisasi dapat dilakukan menuju laut melalui sistem pipa atau kanal yang terencana, atau melalui unit pengolahan limbah terpadu yang disediakan oleh kawasan industri PUPK. Proses Dual menghasilkan limbah yang relatif kecil karena produk samping amonium klorida dapat dimanfaatkan kembali. Namun, limbah cair yang dibuang tetap dipastikan memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dan standar SNI, serta mempertimbangkan daya dukung ekosistem laut setempat.

1.3.7 Peraturan Daerah

Pemerintah Kota Bontang dan Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur sangat mendukung investasi industri strategis, termasuk pabrik soda ash, sebagai bagian dari program hilirisasi dan substitusi impor. Dukungan ini tertuang dalam Peraturan Daerah Kota Bontang tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RT/RW) Bontang, yang menetapkan kawasan PUPK (Pusat

Pupuk Kaltim) sebagai zona peruntukan industri besar dan kawasan strategis provinsi. Selain itu, keberadaan kawasan industri terintegrasi di Bontang juga sejalan dengan masterplan pengembangan industri nasional di wilayah Kalimantan.

1.3.8 Tenaga Kerja

Kota Bontang memiliki jumlah angkatan kerja yang cukup dengan komposisi tenaga kerja terdidik dari lulusan SMK dan perguruan tinggi di Kalimantan Timur, serta didukung oleh keberadaan lembaga pelatihan vokasi di sekitar kawasan industri. Pendirian pabrik soda ash di Bontang akan menyerap tenaga kerja terampil maupun ahli, sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat. Untuk upah pekerja, pabrik mengacu pada Upah Minimum Kota (UMK) Bontang tahun 2024 yang ditetapkan sesuai dengan Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur tentang upah minimum provinsi.

1.4 Tinjauan Proses

Menurut (Arumugam et al., 2017) Terdapat total 5 rute reaksi sintesis untuk memproduksi soda ash secara komersial, yaitu proses Leblanc, proses Solvay, proses Dual (Solvay yang dimodifikasi), proses karbonasi kaustik soda, dan proses monohidrat (trona alami).

1.4.1 Tinjauan Proses Secara Umum

A. Proses Leblanc

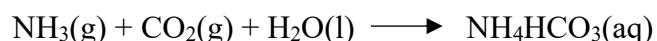
Reaksi Keseluruhan :

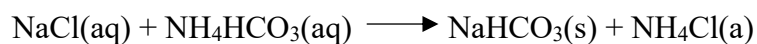


Ini adalah proses yang ditemukan untuk membuat alkali natrium karbonat dalam skala besar. Proses ini sendiri sangat mencemari lingkungan karena melepaskan gas asam (hidrogen klorida) dalam jumlah besar ke udara yang merusak lahan di sekitarnya. Natrium klorida dicampur dengan asam sulfat sebelum dipanaskan dengan arang dan batu kapur. Pertama, garam laut (natrium klorida) dididihkan dalam asam sulfat untuk menghasilkan natrium sulfat dan gas hidrogen klorida. Selanjutnya, natrium sulfat dicampur dengan batu kapur (kalsium karbonat) yang dihancurkan dan batu bara, lalu campuran tersebut dibakar, menghasilkan natrium karbonat bersama dengan karbondioksida dan kalsium sulfida. Natrium karbonat kemudian diekstraksi dari abu dengan air, dan dikumpulkan dengan membiarkan air menguap.

B. Proses Solvay

Proses solvay menggunakan NaCl dan CaCO₃ sebagai bahan baku utama dan menggunakan NH₃ sebagai bahan tambahan bisa dianggap sebagai katalis. Proses solvay menghasilkan produk samping CaCl₂. Reaksi yang berlangsung pada proses solvay sebagai berikut :

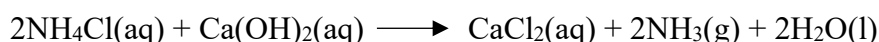




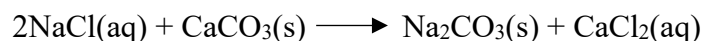
Natrium bikarbonat (natrium bikarbonat mentah amoniakal) selanjutnya dapat dikalsinasi untuk menghasilkan natrium karbonat (light soda ash) menurut reaksi berikut :



Proses Solvay, amonium klorida (NH_4Cl) diregenerasi menjadi gas amonia dengan reaksi dengan alkali, umumnya kapur atau soda kaustik. Misalnya dengan kapur, menurut reaksi berikut :

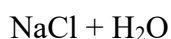


Amonia (gas) diperoleh kembali, umumnya dengan distilasi. Hampir semua amonia terbentuk oleh reaksi ini di-recycle masuk kedalam proses untuk digunakan kembali. Proses solvay dapat diringkas sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

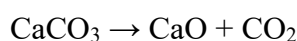


Proses solvay menggunakan tahap perantara NH_4HCO_3 dalam mendapatkan Na_2CO_3 dari NaCl dan CaCO_3 . Amonia (NH_3) yang dibutuhkan didaur ulang. Proses ini diringkas sebagai berikut:

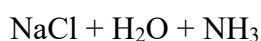
- Pembuatan larutan garam jenuh



- Pembakaran batu gamping atau kapur



- Penjenuhan larutan garam dengan amoniak



- Pengendapan bikarbonat dengan memasukkan karbondioksida

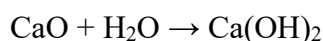


- Penyaringan dan pencucian endapan bikarbonat

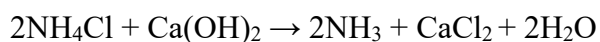
- Dekomposisi termal bikarbonat menjadi natrium karbonat



- Pembuatan susu kapur

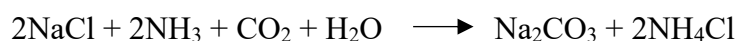


- Pemulihan amonia dengan destilasi larutan induk dari tahap 4 (presipitasi bikarbonat)



C. Proses Dual

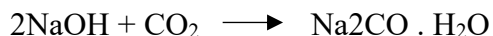
Reaksi Keseluruhan :



Proses dual merupakan proses solvay yang dimodifikasi dan mulai digunakan secara komersial pada tahun 1980. Dua produk penting dihasilkan, yaitu soda ash dan amonium klorida. Proses ini memberikan penghematan yang substansial dalam jumlah garam yang digunakan serta tidak memerlukan batu kapur, yang merupakan bahan baku penting dalam proses Solvay klasik. Perubahan operasi utama dalam proses dual adalah pengolahan amonium klorida yang terbentuk. Dalam proses dual, amonium klorida dipertahankan dan dikristalisasi lalu dipisahkan dengan penambahan natrium klorida. Dalam proses ini, natrium bikarbonat dikalsinasi, dan soda ash pun terbentuk. 1980. Dua produk penting dihasilkan, yaitu soda ash dan amonium klorida. Proses ini memberikan penghematan yang substansial dalam jumlah garam yang digunakan serta tidak memerlukan batu kapur, yang merupakan bahan baku penting dalam proses Solvay klasik. Perubahan operasi utama dalam proses dual adalah pengolahan amonium klorida yang terbentuk. Dalam proses dual, amonium klorida dipertahankan dan dikristalisasi lalu dipisahkan dengan penambahan natrium klorida. Dalam proses ini, natrium bikarbonat dikalsinasi, dan soda ash pun terbentuk.

D. Proses Karbonasi Kaustik Soda

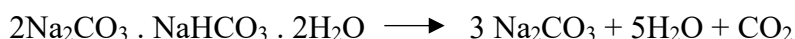
Reaksi Keseluruhan :



Proses ini melibatkan karbonasi natrium hidroksida (kaustik soda) untuk menghasilkan natrium karbonat monohidrat yang kemudian dikalsinasi untuk menghasilkan natrium karbonat (soda ash padat). Ekonomi dari proses ini bergantung pada ketersediaan surplus natrium hidroksida yang diproduksi sebagai produk sampingan dari pembuatan klorin dari air asin (*brine*). Menarik untuk dicatat bahwa pasar soda ash bergantung pada permintaan klorin karena selama produksi klorin, kaustik soda juga diproduksi yang bersaing dalam sebagian besar aplikasi dengan soda ash.

E. Proses Monohidrat (Trona Alami)

Reaksi Keseluruhan :



Di Amerika Utara, soda ash diperoleh dari mineral trona, yang mengandung sekitar 90% campuran karbonat-hidrogen karbonat natrium. Dalam proses ekstraksi monohidrat, trona ditambang seperti batu bara, dihancurkan, dan kemudian dikalsinasi dalam tanur putar (rotary kiln) yang mengubah seskuikarbonat menjadi karbonat. Natrium karbonat yang dihasilkan dilarutkan dalam air, kotoran yang tidak larut disaring, dan larutan diuapkan hingga kering,

sehingga menghasilkan monohidrat . Memanaskan produk ini menghasilkan natrium karbonat anhidrat .

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Pembuatan Soda Ash

Pertimbangan	Proses			
	Le Blanc	Solvay	Karbonasasi	Dual
1. Aspek Teknik				
Proses				
a.Bahan Baku	NaCl; CaCO ₃	NaCl; CaCO ₃	CO ₂ ; NaOH	NaCl; NH ₃
b.Bahan Tambahan	H ₂ SO ₄	NH ₃	-	CO ₂ H ₂ O
c.Produk Samping	HCl ; CaS	CaCl ₂	H ₂ O	NH ₄ Cl
d.Kemurnian	96.8%	99.3%	99%	99.99%
Produk				
e.Korosivitas	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
Bahan				
2. Kondisi Operasi				
a.Tekanan	Tinggi	1 atm	1 atm	1 - 4 atm
b.Temperatur	1100 ⁰ C	1100 ⁰ C	100 ⁰ C	200 ⁰ C
3. Aspek dampak lingkungan	Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah
4. Aspek Ekonomi	Proses yang digunakan terlalu panjang maka cost yang dikeluarkan tinggi	Memerlukan invetasi biaya besar untuk pembangunanan pabrik	Proses Penyederhanaan Metode dan mudah di implementasikan sehingga keuntungan ekonomi lebih baik	Proses modifikasi solvay dengan produk samping NH ₄ Cl sebagai pupuk sawit yang dapat menambah income

Berdasarkan Tabel 1.5. maka proses produksi natrium karbonat yang dipilih menggunakan proses karbonasi proses ini dipilih karena beberapa pertimbangan, sebagai berikut :

- a. Kemurnian produk yang di hasilkan paling tinggi dibandingkan dengan proses lainnya
- b. Menggunakan suhu yang relatif rendah yaitu 200 °C dan tekanan 1- 4 atm.
- c. Tidak menimbulkan dampak lingkungan yang terlalu tinggi (rendah).
- d. Menggunakan bahan dengan korosifitas yang tidak terlalu tinggi.
- e. Merupakan proses modifikasi solvay dengan produk samping NH_4Cl sebagai pupuk sawit yang dapat menambah income.