



## PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM KARBONAT ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) DENGAN KAPASITAS 400.000 TON/TAHUN MENGGUNAKAN PROSES KARBONASI

Indira Puspitasari<sup>1</sup>, Firsta Retnaningtyas Udroti<sup>1</sup>, Dianavita Fatimah<sup>1</sup>, Istiqomah Rahmawati<sup>1</sup>, Meta Fitri Rizkiana<sup>1</sup>, Zuhriah Mumtazah<sup>1</sup>, Boy Arief Fachri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121, Indonesia

\*Corresponding Author: indiraapuspitasi.18@gmail.com

### Abstrak

*Pabrik Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan kapasitas 400.000ton pertahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku Natrium Karbonat di Indonesia yang cukup tinggi. Pabrik ini akan beroperasi pada tahun 2027 dengan waktu operasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam perhari. Pada prarancangan ini digunakan proses karbonasi menggunakan bahan baku NaOH dan  $\text{CO}_2$ . Pada prosesnya,  $\text{CO}_2$  akan di absorb oleh NaOH untuk membentuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada suhu  $75^\circ\text{C}$ . Proses ini berlangsung di absorber dan dilanjutkan tahap pemurnian hingga dihasilkan produk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan kemurnian 99%. Proses pemurnian dilakukan dengan evaporator crystallizer, centrifuge, dan rotary dryer untuk mengurangi kadar air dan pemisahan kandungan NaOH pada produk natrium karbonat. Pabrik ini akan berdiri di Kecamatan Pegaden Baru, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Pabrik berdiri di atas lahan seluas  $25.000\text{ m}^2$ . Bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebnyak 265 orang. Berdasarkan evaluasi ekonomi didapatkan laba bersih yaitu Rp 122.703.689.439,63 dari penjualan. Rate of return (ROR) 19%, Break Event Point (BEP) 47,88%, dan pay out time (POT) selama 3,5 tahun. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa pabrik Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) layak untuk didirikan.*

*Kata kunci: Natrium karbonat, Absorpsi, Karbonasi.*

### 1. Pendahuluan

Pembangunan di Indonesia terus dikembangkan di berbagai sektor, salah satunya yaitu industri kimia. Peningkatan akan kebutuhan bahan baku dan unsur penunjang industri menjadi faktor utama pengembangan industri di Indonesia. Salah satunya melalui pembangunan industri kimia *sodium carbonate* atau lebih dikenal dengan Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Natrium karbonat banyak digunakan dalam berbagai industri diantaranya di industri kaca, industri keramik, dan industri kertas (Syarifa & Faradisha, 2019).

Konsumsi natrium karbonat di Indonesia berdasarkan data impor tiap taunnya mendekati angka satu juta ton (Badan Pusat Statistik, 2023). Pemenuhan kebutuhan natrium karbonat di Indonesia hingga kini masih bergantung pada impor luar negeri (Nyamiati et al., 2019). Nilai pertumbuhan rata-rata impor Natrium Karbonat yaitu 0,49%. Tingginya

kebutuhan impor Natrium Karbonat dan banyaknya industri yang menggunakan Natrium Karbonat menjadi bahan baku menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik ini. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027 dengan memenuhi 60% kebutuhan Natrium Karbonat dalam negeri, yaitu 400.000 ton pertahun. Waktu operasi pabrik yaitu 330 hari pertahun dan 24 jam perhari dan lokasi pendirian pabrik berada di Kecamatan Pegaden Baru, Kabupaten Subang, Jawa Barat.

Poses produksi Natrium Karbonat dalam jumlah besar daapt dilakukan dengan proses karbonasi. Proses karbonasi merupakan jenis proses sintesis dengan mereaksikan NaOH dengan  $\text{CO}_2$ . Proses karbonasi memiliki kelebihan yaitu dampak yang diberikan terhadap lingkungan cukup rendah, bahan baku yang digunakan lebih murah dan mudah didapatkan, biaya investasi yang lebih rendah



dibandingkan dengan proses yang lain, dan proses ini merupakan proses penyederhanaan metode pembuatan natrium karbonat (Nyamiati et al., 2019).

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Seleksi Proses

Natrium Karbonat dapat diproduksi dengan proses sintesis. Proses sintesis diantaranya yaitu Proses *Le Blanc*, Proses *Solvay*, dan proses karbonasi. Perbandingan proses disajikan dalam tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Perbandingan Proses Produksi Natrium Karbonat

Pertimbangan	Proses		
	<i>Le Blanc</i>	<i>Solvay</i>	Karbonasi
<b>Teknis Proses</b>			
Bahan baku	NaCl; CaCO <sub>3</sub> ; C	NaCl; CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> ; NaOH
Bahan Tambahan	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	-
Produk samping	HCl; CaS	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Kemurnian Produk	96,8%	99,6%	99%
Konversi Bahan	70%	90%	76%
Korosivitas bahan	Tinggi	Sedang	Sedang
<b>Kondisi operasi</b>			
Tekanan	Tinggi	1 atm	1 atm
Temperatur	1100°C	60°C	75°C
<b>Aspek dampak lingkungan</b>	Tinggi	Sedang	Rendah
<b>Aspek ekonomi</b>	<i>Cost</i> tinggi	<i>Cost</i> tinggi	<i>Cost</i> rendah

Berdasarkan tabel 1 maka proses produksi natrium karbonat dipilih menggunakan proses karbonasi. Proses ini dipilih dengan pertimbangan harga bahan baku yang lebih murah dan mudah didapatkan di Indonesia, suhu dan tekanan operasi yang rendah, dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan rendah, dan proses yang digunakan sederhana, serta biaya investasi yang lebih rendah dibandingkan dengan proses lainnya.

### 2.2 Uraian Proses

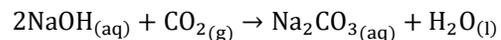
Proses karbonasi memiliki tahapan, diantaranya yakni:

#### A. Pre-treatment

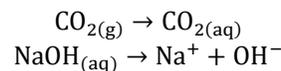
Bahan baku awal yaitu larutan NaOH 48% *storage* (F-111) diumpankan ke tangki pelarutan (M-110) bersamaan dengan air dari *water process* yang dipompa (L-113). untuk dilakukan proses pencampuran hingga didapatkan konsentrasi NaOH 32%. Lalu, *output* dari *mixer* (M-110) dipanaskan dengan *heat exchanger* (E-122) untuk menaikkan suhunya menjadi 75°C. Absorpsi gas CO<sub>2</sub> dengan NaOH dilakukan pada suhu yang lebih tinggi kisaran 75 – 80°C (Hanse,2010). Selanjutnya, dialirkan menuju *absorber* (D-120).

#### B. Absorpsi

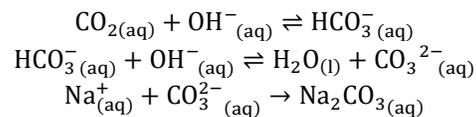
Karbon dioksida diumpankan ke dalam *absorber* (D-120) bersamaan dengan dimasukkan NaOH. Gas CO<sub>2</sub> dari CO<sub>2</sub> *storage* (F-123) dimasukkan melalui bagian bawah absorber (D-120) dan NaOH dimasukkan melalui bagian atas absorber (D-120) sehingga terjadi kontak secara *counter current*. Reaksi yang terjadi:



Penggunaan NaOH sebagai absorben memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki kemampuan yang baik dalam penangkapan CO<sub>2</sub> dan memiliki efisiensi penyerapan yang tinggi. Hal ini dikarenakan NaOH yang merupakan basa kuat dapat sepenuhnya terionisasi oleh air menjadi (OH<sup>-</sup>) dan (Na<sup>+</sup>). Ion hidroksida (OH<sup>-</sup>) memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan CO<sub>2</sub>. (Nugroho et al., 2023). Pada mekanisme proses karbonasi NaOH yang dimana Na<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> hampir sepenuhnya terionisasi dalam air karena NaOH tergolong pada basa kuat. Selanjutnya CO<sub>2</sub> akan diumpankan ke dalam absorber untuk berkontak dengan NaOH sehingga CO<sub>2</sub> akan terabsorb menjadi fasa cair atau larutan CO<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi seperti pada persamaan berikut:



dalam fasa larutan tersebut akan bereaksi dengan OH<sup>-</sup> untuk menghasilkan HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup> dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Untuk reaksi lebih jelasnya yaitu pada persamaan berikut:



Hasil absorpsi tersebut membentuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam bentuk *liquid* yang akan dibawa menuju *heat exchanger* (E-212) untuk dinaikkan suhunya menjadi  $100^\circ\text{C}$  dan dilanjutkan menuju *evaporator crystallizer* (V-210). Sedangkan,  $\text{CO}_2$  berlebih akan keluar ke atmosfer.

### C. Kristalisasi

Di dalam *evaporator crystallizer* (V-210) akan dinaikkan konsentrasi larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari 28% menjadi 73%. *Output* dari *evaporator crystallizer* (V-120) yakni  $\text{H}_2\text{O}$  dalam bentuk vapor dan campuran larutan  $\text{NaOH}$  dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  *slurry*.  $\text{H}_2\text{O}$  *vapor* akan dilepaskan ke udara bebas. Cairan yang mengandung  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  *solid* dan larutan  $\text{NaOH}$  akan dibawa menuju *centrifuge* (H-221) untuk dipisahkan. Pemisahan ini didasarkan terhadap densitas bahan yang akan dipisahkan. Densitas  $\text{NaOH}$  yakni  $2,13 \text{ g/cm}^3$  sedangkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar  $2,54 \text{ g/cm}^3$  (MSDS,2019). Larutan  $\text{NaOH}$  akan umpangkan kembali menuju tangki *mixing* dengan pompa (L-223). Sedangkan, untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang telah terpisah dibawa menuju *rotary dryer* (B-220) untuk dilakukan proses pengeringan membentuk natrium karbonat (*light ash*).

### D. Penghilangan kadar air

Kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang masih terdapat kandungan air sehingga perlu melalui tahap pengeringan. Tahap pengeringan dilakukan pada *rotary dryer* (B-220). Pada *rotary dryer* (B-220) diinputkan panas udara dari *blower* (G-224) yang telah dilewatkan *heater* (E-223) hingga suhunya mencapai  $160^\circ\text{C}$ . Selanjutnya, kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kering dibawa menuju *cooling screw conveyor* (J-227) untuk dilakukan proses pendinginan hingga suhu  $30^\circ\text{C}$ . Sedangkan, untuk kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam bentuk padatan halus yang terbawa udara akan ditangkap oleh *cyclone* (H-227) akan jatuh ke *cooling screw conveyor*. Selanjutnya, kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dilewatkan melalui *bucket elevator* (J-311) dan akan dibawa menuju bagian *grinding size*.

### E. Grinding size

Padatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dibawa menuju *Ball Mill* (C-310) melalui *bucket elevator* (J-311) untuk diubah menjadi ukuran yang lebih kecil atau *granule*. Pada bagian ini, digunakan *bag filter* (H-312) untuk menangkap padatan halus  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terbang ke udara. Lalu partikel-partikel tersebut dilakukan *screening* dengan *vibrating screen* (H-320) untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan sesuai standar produk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Untuk partikel yang tidak lolos *screen* akan dimasukkan kembali ke dalam *ball mill*

(C-310) dan melewati tahap yang sama Partikel dengan ukuran 100 *mesh* akan disimpan di gudang. Diagram alir proses produksi pabrik natrium karbonat ditunjukkan pada **Gambar 1**.

### 3. Utilitas

Unit utilitas merupakan unit yang digunakan untuk menunjang seluruh proses pabrik dari tahap awal hingga produk akhir. Unit utilitas ini menyediakan seluruh bahan pendukung yang diperlukan dalam proses produksi. Unit utilitas yang diperlukan pada prarancangan pabrik Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan kapasitas 400.000 ton/tahun menggunkan proses karbonasi meliputi:

1. Unit penyedia dan pengolahan air
2. Unit penyedia *steam*
3. Unit penyedia listrik
4. Unit Penyedia bahan bakar

Jumlah kebutuhan air yang diperlukan yaitu 199.226,54 kg/jam dengan sumber air yang digunakan dari Sungai Cidahu yang terlebih dahulu melalui unit pengolahan air. *Steam* yang diperlukan dalam proses produksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yaitu 24.409,297 kg/jam. Total kebutuhan listrik yang digunakan pada pabrik yaitu 1946,052 kW yang seluruhnya di *supply* dari PLN. Namun, akan disediakan *genset* sebagai antisipasi atau cadangan jika terjadi pemadaman ataupun berkurangnya pasokan listrik dari PLN. Bahan bakar yang digunakan dalam pabrik ini yaitu *fuel oil* sebanyak 855,355 kg/jam untuk *boiler* dan *diesel oil* sebanyak 106,864 kg/jam untuk *genset diesel*.

### 4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi dilakukan untuk mengetahui keuntungan dan kelayakan dari suatu berdirinya pabrik. Beberapa parameter yang harus diperhatikan dapat dilihat dalam tabel 2.

### 5. Kesimpulan

Hasil analisa teknis dan ekonomi menghasilkan bahwa pabrik Natrium Karbonat dengan kapasitas produksi 400.000 ton/tahun yang direncanakan didirikan di Kecamatan Pegaden Baru, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 265 orang layak untuk didirikan.




**Pra-Perancangan Pabrik Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan Kapasitas 400.000 ton/tahun Menggunakan Proses Karbonasi**

Disusun oleh:  
 Indra Puspitasari      201910401021  
 Dianavita Fatimah    201910401088  
 Firda Retnaningtyas U.    201910401028

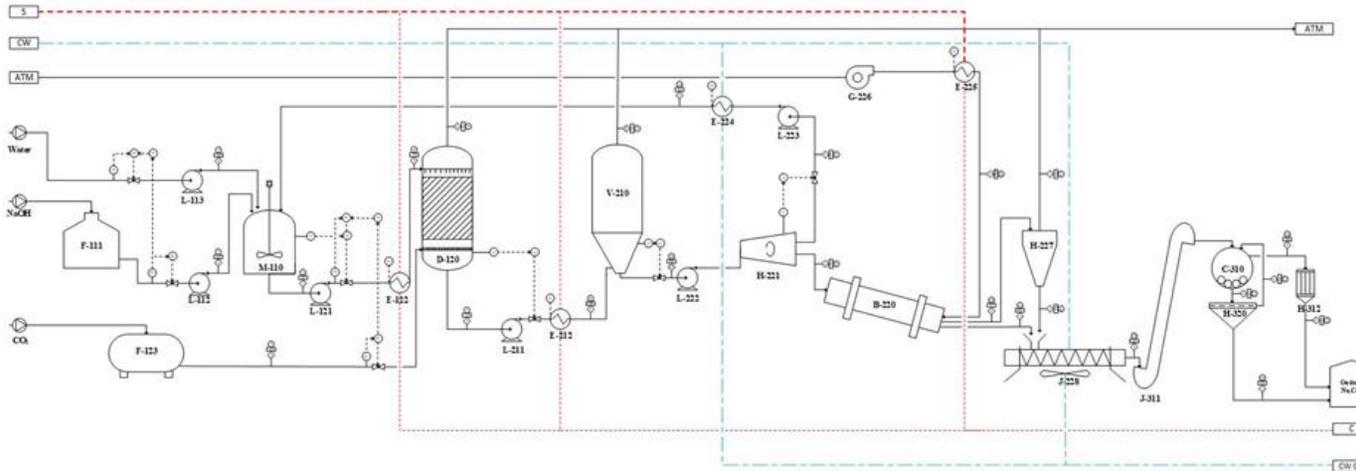
Dosen pembimbing Utama:  
 Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota:  
 Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

Symbol	Keterangan	
	Flow	
	Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	
	Pressure (atm)	
S	: Steam	
CW	: Cooling Water	
C	: Condensat	
CW OUT	: Cooling Water Out	
ATM	: Atmosfer	

No	Kode	Nama Alat	Jumlah
24	H-320	Vibrating Screen	1
23	H-312	Bag Filter	1
22	J-311	Bucket Elevator	1
21	C-310	Ball Mill	1
20	J-228	Cooling Screw Conveyor	1
19	H-227	Cyclone	1
18	G-226	Blower II	1
17	E-225	Heater III	1
16	E-224	Cooler	1
15	L-223	Pompa NaOH Return	1
14	L-222	Pompa $\text{Na}_2\text{CO}_3$	1
13	H-221	Centrifuge	1
12	B-220	Rotary Dryer	1
11	E-212	Heater II	1
10	L-211	Pompa Evaporator	1
9	V-210	Multiple Evaporator Crystallizer	1
8	F-123	$\text{CO}_2$ Storage	1
7	E-122	Heater I	1
6	L-121	Pompa Mixing	1
5	O-120	Kolom Absorber	1
4	L-113	Pompa Air	1
3	L-112	Pompa NaOH	1
2	F-111	NaOH Storage	4
1	M-110	Mixing Tank	1
<b>No</b>	<b>Kode</b>	<b>Nama Alat</b>	<b>Jumlah</b>



Komp.	Arus (Kg/jam)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
NaOH	38124,6		50164	50164			12039,3	12039,3		12039,3	12039,3	12039,3													
NaCl	249,5		249,5	249,5			249,5	249,5		249,5			249,5							244,5	2,5	252	10,1	242	2,5
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	249,5		249,5	249,5			249,51	249,5		249,5			249,5							244,5	2,5	252	10,1	242	2,5
$\text{H}_2\text{O}$	40802,6	59741,3	106099,4	106099,4	21		114698,5	114698,5	108969,5	5729	5555,4	5555,4	173,6							11,2	0,1	11,5	0,4	11	0,1
$\text{CO}_2$					21012,5	44																			
$\text{Na}_2\text{CO}_3$							50515,1	50515,1		68782,6			50515,1			49504,8	1010,3	10,1	1000,2	50505	520,6	52067	2082,6	49984,3	520,6
$\text{N}_2$														2788,8		2788,8	2788,8								
$\text{O}_2$														741,3		741,3	741,3								
<b>Total</b>	79426,3	59741,3	156762,5	156762,5	21033,5	44	177752,1	177752,1	108969,5	87050	17594,8	17594,8	51187,7	3530,2	50005,1	4712,8	3712,6	1000,2	51005,3	525,8	52582,8	2103,3	50479,4	525,8	

**Gambar 1.** Flow Diagram Process Produksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

**Tabel 2.** Evaluasi Ekonomi

Parameter	Hasil Perhitungan	Parameter	Kelayakan
Annual Cash Flow	22%	ACF > bunga bank	Layak
Pay Out Time	3,5 tahun	POT < 5 tahun	Layak
Rate Of Return	19%	ROR > bunga bank	Layak
Break Event Point	47,88%	40% < BEP < 50%	Layak

## Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, 2022, "Statistik Industri Manufaktur Bahan Baku".  
Badan Pusat Statistik, 2023, "Data Impor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Nasional". Available at: <https://www.bps.go.id/id/exim>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang, 2021, "Kabupaten Subang Dalam Angka".  
Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang, 2023, "Kabupaten Subang Dalam Angka 2023".
- Bapenda, 2021, "Peta Kabupaten Subang".  
Business Analytiq, 2023a, "Indeks Harga Karbon Dioksida".  
Business Analytiq, 2023b, "Indeks Harga Natrium Hidroksida". Available at: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/sodium-hydroxide-price-index/>.
- Cichosz, M., Kielkowska, U., Skowron, K., Kiedzik, Ł., Łazarski, S., Szkudlarek, M., Kowalska, B., dan Żurawski, D., 2022, "Changes in Synthetic Soda Ash Production and Its Consequences for the Environment", *Materials*, 15(14).
- Curry, K. C., 2022, "2018 Minerals Yearbook - Cement", *USGS Science for a Changing World*, January. Available at: <https://www.usgs.gov>.
- Eggeman, T., 2011, "Sodium Carbonate", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, hal. 1–11.
- Glass, G. B., 1998, "Proceedings of The First International Soda Ash Conference Volume 1", *Public Information Circular No. 39*, Wyoming State Geological Survey.
- Hieme, C. H. T., GmbH, S. A., dan Republic, F., 2000, "Sodium Carbonates", *International*

*Journal of Chemical Engineering*, 33, hal. 299–317.

- Jumalia, R., dan Zainul, R., 2019, "Natrium Karbonat: Termodinamika dan Transport Ion", *Jurnal FMIPA UNP*, 6(2), hal. 1–32.
- Kemenperin, 2023, "Kemenperin Pacu Pembangunan Kawasan Industri di Indramayu dan Subang".
- Kementerian Investasi, 2021, "BKPM Percepat Pembangunan Pabrik Soda Ash Pertama di Indonesia", *Radar Gresik*.
- Minallah, M. F., Taufany, F., dan Altway, A., 2017, "Desain Pabrik Sodium Karbonat Dari CO<sub>2</sub> Flue Gas Pabrik Semen", *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), hal. 5–7.
- MSDS, 2019a, "Carbon Dioxide".  
MSDS, 2019b, "Sodium Carbonate (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)".  
MSDS, 2019c, "Sodium Hydroxide".
- Nugroho, A., Bektu Susanto, Y., Lidzati Kamilah, V., dan Prameswari, R., 2023, "Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Absorption Process Using Sodium Hydroxide (NaOH)", *IPTEK The Journal of Engineering*, 9(1), hal. 30.
- Nyamiati, R. D., Ramadhani, A., Nurkhamidah, S., dan Rahmawati, Y., 2019, "Pra-Desain Pabrik Pembuatan Natrium Karbonat (Soda Abu) dengan Menggunakan Proses Solvay", *Jurnal Teknik ITS*, 8(1).
- Pambayun, F., 2023, "Desain proyek pabrik pembuatan sodium carbonate (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dari NaOH menggunakan proses karbonasi dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun".
- Peters, M. S., dan Timmerhaus, K. D., 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4th ed, McGraw-Hill.
- PUPR, 2023, "Produsen Kaca".
- Sapitri, N., 2020, "Penjerapan Gas Buang Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)", hal. 23–24.
- Syarifa, M. N., dan Faradisha, A. M., 2019, "Pra Desain Pabrik Pembuatan Natrium Karbonat (Soda Abu) Dengan Menggunakan Proses Solvay", *Preliminary Plant Design of Sodium Carbonate (Soda Ash)*, hal. 287.
- U.S. Geological Survey, 2023, "Mineral Commodities Summaries 2023", U.S. Geological Survey.
- Wagiiala, K. M., Al-Mutaz, I. S., dan El-Dahshan, M. E., 1992, "The Manufacture of Soda Ash in the Arabian Gulf", *International Journal of Production Economics*, 27(2), hal. 145–153.
- Yoo, M., Han, S. J., dan Wee, J. H., 2013, "Carbon Dioxide Capture Capacity of Sodium Hydroxide Aqueous Solution", *Journal of Environmental Management*, 114, hal. 512–519.

