

**PRA-RANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DARI
NATRIUM KARBONAT (Na₂CO₃) DAN KALSIUM HIDROKSIDA
(Ca(OH)₂) DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

Perancangan Reaktor (RE-201)

OLEH:

ELA FADILA

(1955041013)



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDARLAMPUNG

2026

**PRA-RANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DARI
NATRIUM KARBONAT (Na₂CO₃) DAN KALSIUM HIDROKSIDA
(Ca(OH)₂) DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

Perancangan Reaktor (RE-201)

OLEH:

ELA FADILA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG**

2026

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI NATRIUM KARBONAT DAN KALSIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh :
Ela Fadila

Pabrik natrium hidroksida berbahan baku natrium karbonat dan kalsium hidroksida ini direncanakan akan didirikan di Gresik, Jawa Timur, dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, kelengkapan unit penunjang proses, sarana transportasi yang memadai, ketersediaan tenaga kerja, serta kondisi lingkungan yang strategis untuk kegiatan industri. Pabrik ini dirancang untuk memproduksi natrium hidroksida sebesar 45.000 ton/tahun dengan sistem kontinyu selama 24 jam/hari dan 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan terdiri dari natrium karbonat sebanyak 68.694.285,4 kg/tahun dan kalsium hidroksida sebanyak 48.021.584,16 kg/tahun. Proses produksi natrium hidroksida dilakukan secara kontinyu, sehingga aliran bahan baku maupun produk dinyatakan dalam basis laju alit massa per satuan waktu. Untuk mendukung kelangsungan operasi, utilitas yang disediakan meliputi unit pengadaan air, unit penyediaan steam, unit penyedia udara tekan, unit penyediaan listrik, serta unit pengolahan limbah. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi perusahaan line and staff dengan jumlah karyawan sebanyak 210 orang. Dari analisis ekonomi diperoleh:

Fixed Capital Investment	(FCI) = Rp. 1.097.912.917.902,56
Working Capital Investment	(WCI) = Rp. 121.990.324.211,40
Total Capital Investment	(TCI) = 1.219.903.242.113,95
Break Even Point	(BEP) = 40%
Shut Down Point	(SDP) = 30%
Pay Out Time	(POT) ^a = 1,76 tahun
Return on Investment before taxes	(ROI) ^b = 53%
Return on Investment after taxes	(RO) ^a = 42%
Discounted Cash Flow	(DCF) = 51%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik natrium hidroksida dikaji lebih lanjut, karena memiliki keuntungan yang tinggi dimasa mendatang.

Kata kunci : Natrium Hidroksida, Natrium Karbonat, Kalsium Hidroksida.

ABSTRAK

PRELIMINARY DESIGN OF A SODIUM HYDROXIDE PLANT FROM SODIUM CARBONATE AND CALCIUM HYDROXIDE WITH A CAPACITY OF 45,000 TONS/YEAR

(Reactor Design (RE-201))

Ela Fadila

This sodium hydroxide plant, utilizing sodium carbonate and calcium hydroxide as raw materials, is planned to be established in Gresik, East Java. The location was selected based on the availability of raw materials, the completeness of supporting process facilities, adequate transportation infrastructure, workforce availability, and environmental conditions favorable for industrial activities. The plant is designed to produce 45,000 tons of sodium hydroxide per year through a continuous process operating 24 hours per day and 330 days per year. The raw materials required consist of 68,694,285.4 kg/year of sodium carbonate and 48,021,584.16 kg/year of calcium hydroxide. Sodium hydroxide production is carried out continuously; therefore, both raw material and product streams are expressed on a mass flow rate basis per unit time. To support continuous operation, utility facilities include water supply units, steam generation units, compressed air supply units, power generation units, and wastewater treatment units. The company is established as a Limited Liability Company (Perseroan Terbatas/PT) and adopts a line-and-staff organizational structure with a total workforce of 210 employees.

The economic analysis yields the following results:

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 1,097,912,917,902.56

Working Capital Investment (WCI) = Rp 121,990,324,211.40

Total Capital Investment (TCI) = Rp 1,219,903,242,113.95

Break Even Point (BEP) = 40%

Shut Down Point (SDP) = 30%

Pay Out Time (POT) = 1.76 years

Return on Investment before Taxes (ROI) = 53%

Return on Investment after Taxes (ROI) = 42%

Discounted Cash Flow (DCF) = 51%

Based on the results above, the establishment of a sodium hydroxide plant deserves further consideration, as it offers promising economic benefits and profitability in the future.

Keywords: Sodium Hydroxide, Sodium Carbonate, Calcium Hydroxide.

Judul Skripsi : PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA
DARI NATRIUM KARBONAT DAN KALSIMUM
HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 45.000
TON/TAHUN
(Tugas Khusus : Perancangan Reaktor (RE-201))

Nama Mahasiswa : *Ela Fadila*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1955041013

Program Studi : Teknik kimia

Jurusan : Teknik kimia

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.
NIP 196902081997032001

Pembimbing 2

Panca Nugrahini F, S.T., M.T.
NIP 197302032000032001

Ketua Jurusan Teknik kimia

Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.
NIP 198011212006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.**



Sekretaris : **Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing I : **Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Sc.**



Bukan Pembimbing II : **Darmansyah, S.T., M.T., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Juni 2026**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan yang sebenarnya bahwa :

1. Skripsi yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Natrium Hidroksida Dari Natrium Karbonat dan Kalsium Hidroksida dengan Kapasitas 45.000 Ton/tahun berupa karya ilmiah yang tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain atau yang disebut plagiarisme, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah tersebut diserahkan sepenuhnya kepada para dosen peneliti tersebut dan Universitas Lampung.

Atas pernyataan diatas, jika di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Juni 2026

Pembuat pernyataan



Ela Fadila

RIWAYAT HIDUP



Penulis Bernama Ela Fadila merupakan putri pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Sugeng dan Ibu Eka yang lahir di Sidorejo, pada tanggal 17 Maret 2001. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 01 Sidorejo pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP 01 Sidomulyo pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 01 Sidomulyo pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur seleksi SMMPTN Barat (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat) Universitas Lampung tahun 2019. Pada tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Tanjungenim Lestari *Pulp and Paper* dengan tugas khusus yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Senyawa NaOH, H₂O₂ dan O₂ Terhadap *Kappa Number*, *Brightness*, dan Viskositas pada Tahap Ekstrakti (Eop Stage) Unit *Bleaching* di PT. Tanjungenim Lestari *Pulp and Paper*”. Selain itu, penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh penambahan Kitosan pada Pembuatan *Biodegradable Sraw* dari CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) Dengan Gliserol Sebagai Plasticizer” di Laboratorium Rekayasa Polimer, Serat dan Resin, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Staff Kesekretariatan, Departemen Kesekretariatan HIMATEMIA FT UNILA periode 2020 - 2021

MOTTO

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan”

(Q.S. Al – Insyirah: 5–6)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, tapi keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(BJ. Habibie)

“Gonna give everything I have cause it’s my destiny. I will never say never, I will fight (never say never) I will fight ‘til forever make it right, ”

(Justin Bieber)

Orang lain tidak akan bisa paham *strage*/ dan masa sulit kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*.

Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.

SEBUAH KARYA

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak dan Mamak

tercinta,

Terimakasih yang tak terhingga untuk segala bentuk kasih sayang, kepercayaan, dukungan yang tak ada hentinya dan do'a yang selalu dipanjatkan setiap harinya. Terima kasih atas pengorbanan dan kerja keras yang luar biasa.

Adik-Adikku,

Terimakasih banyak untuk kesabaran dan semangat yang membuatku lebih kuat. Semoga keberhasilan ini menjadi langkah awal yang baik untuk masa depan kita bersama.

Guru-guruku dan Dosen-dosenku

Sebagai tanda hormatku, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan. Semoga Allah swt senantiasa memberikan

**keberkahan atas segala kebaikan ilmu yang
telah diberikan.**

Diri Sendiri

**Terima kasih telah menjadi rumah yang
nyaman dan selalu yakin untuk tetap berjuang
disaat hati kecil berkata ingin menyerah.**

**Terima kasih untuk menjadi lebih baik setiap
harinya.**

Sahabat-sahabatku dan Orang yang Ku

Sayangi,

**Terimakasih selalu ada dan menemani
dengan setulus hati.**

**Serta kupersembahkan kepada Almamaterku
tercinta,**

Universitas Lampung

semoga dapat berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Natrium Hidroksida (NaOH) dari Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dengan Kapasitas 45.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas karunia-Nya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ibu Dr.Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan saran dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
3. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan kesempatan,, memberikan banyak ilmu, pengarahan, bimbingan, dan motivasi selama penyelesaian penelitian dan tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan tersebut dapat berguna dikemudian hari.
4. Bapak Dr. Heri Rustamaji, S.T.,M.Eng. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
6. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah.

7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal yang berguna di masa depan.
8. Teruntuk cinta pertamaku dan yang terkasih Bapak Sugeng Irawan yang selalu mengusahakan anak pertamanya ini menempuh pendidikan setinggi-tingginya, sosok pekerja keras tanpa kenal letih. Terima kasih untuk setiap tetes keringat yang dicurahkan, do'a yang selalu dipanjatkan dan pengorbanan yang luar biasa demi memperjuangkan masa depan penulis. Semoga Allah swt senantiasa memberikan kesehatan dan kebahagiaan kepada Bapak.
9. Teruntuk pintu surgaku dan yang tersayang Ibunda Eka Misnati C.N, perempuan tangguh dengan pengorbanan yang luar biasa. Terima kasih yang tak terhingga untuk luasnya kesabaran, do'a yang selalu dipanjatkan setiap harinya, serta perhatian dan kasih tulus yang selalu mengiringi serta meridhoi setiap perjalanan hidup penulis hingga penulis mampu menyelesaikan prndidikannya sampai sarjana. Semoga Allah swt senantiasa memberikan kesehatan dan kebahagiaan kepada Mamak.
10. Untuk adikku serta penyemangatku, Sudino Hasan. Terima kasih yang untuk semua kesabaran dan pengorbanan yang telah diberikan, serta selalu mengalah demi kepentingan kebutuhan penulis. Semoga Allah swt memberikan kebahagiaan dan kehidupan yang lebih baik di masa depan.
11. Keluarga besar tercinta, atas do'a dan segala bentuk dukungan baik materi maupun moril yang telah diberikan selama ini.
12. Aidil Mahendri, sosok yang selalu setia mendampingi dan kehadirannya tidak kalah penting. Terima kasih telah menjadi bagian dari proses perjalanan penulis hingga saat ini. Terima kasih atas segala kontribusi berupa tenaga dan waktu, serta kesediaanmu untuk selalu menjadi pendengar yang baik yang menampung segala keluh kesah, kekhawatiran, dan air mata penulis. Dukungan, doa, dan kesabaran luar biasamu selalu berhasil meyakinkan penulis agar tetap bertahan menyelesaikan apa yang sudah dimulai hingga skripsi ini terselesaikan.

13. Nur Aulia Hasanah, sahabat tercinta sekaligus partner berjuang terbaik dari segala partner penulis. Terima kasih telah bersenang-senang, bermalas-malasan, hingga kembali bersemangat melangkah bersama melewati suka dan duka sampai kita mencapai tahap ini. Terima kasih atas tawa yang menguatkan, cerita yang menemani, kesabaranmu dalam mendengarkan segala keluh kesahku dan keinginan ku yang banyak-banyak itu. Aku pun bahagia bisa menjadi bagian dari keluargamu yang hangat Ebak, Emak, dan Jijah yang selalu ramah dan menerima kehadiranku layaknya tempat untuk pulang. Kita telah berhasil saling menggenggam tangan hingga mampu menyelesaikan perjuangan ini bersama-sama. Semoga persahabatan ini selalu terjaga, melampaui jarak, waktu, dan kesibukan yang akan datang. Mari menjadi kaya raya!
14. Zafira Puspa Maharani, adik sepupuku yang telah menjadi teman, pendengar yang baik, serta selalu memberi ruang dan tempat penulis. walau kadang kita suka saling menyebalkan, ya. Terima kasih banyak telah meyakinkanku untuk selalu optimis dalam mencapai tujuan selama menyelesaikan perkuliahan ini.
15. Sahabat-sahabatku, Septiana Ekandari, dan Anggun oktaviana yang telah mendengarkan keluh kesah, suka duka yang telah dilalui serta memberikan semangat untuk terus berjuang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
16. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih sudah turut menemani dan membantu dalam perjalanan penulis selama masa perkuliahan ini. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan berguna di masa depan.
17. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
18. Terakhir, teruntuk diriku sendiri, Ela Fadila. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini melewati malam-malam yang penuh tekanan, keraguan, dan air mata. Terima kasih karena telah memilih untuk tidak menyerah dan tetap melangkah, meskipun jalan yang dilalui tidak selalu ramah. Kita kini telah sampai maka berbahagialah di mana pun kamu berada karena telah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Dengan segala kurang dan lebihmu, mari terus belajar, selalu bersyukur, dan memberkahi setiap langkah ke depan. Semoga kamu selalu dikelilingi oleh orang-orang baik. *Aamiin*.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. *Aamiin*.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026

Penulis,

Ela Fadila

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk.....	2
1.3. Kapasitas Rancangan.....	3
1. Data Impor.....	3
2. Data Ekspor.....	5
3. Data Produksi Natrium Hidroksida di Indonesia.....	6
1.4. Lokasi Pabrik.....	7

BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam-Macam Proses	10
2.1.1 Proses Elektrolisis.....	10
2.1.2 Proses Continous Causticizing.....	11
2.2 Pemilihan Proses.....	11
2.2.1 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi.....	11
2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs.....	14
2.2.3 Tinjauan Ekonomi.....	16
2.3 Uraian Proses.....	20

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk.....	22
3.1.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	22
3.1.2. Spesifikasi Bahan Produk.....	23

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

4.1 Neraca Massa.....	24
1. <i>Dissolving Tank</i> Na ₂ CO ₃ (DT-101).....	25
2. <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) ₂ (DT-102).....	25
3. <i>Heater</i> (HE-101).....	25
4. <i>Heater</i> (HE-102).....	26
5. <i>Reaktor</i> CSTR.....	26
6. <i>Filter</i> (RF-301).....	27
7. <i>Rotatry Dryer</i> (RD-301).....	27
8. <i>Mixing tank</i> (MT-301).....	28
9. <i>Evaporator</i>	28
10. <i>Crystallizer</i> 1 (CR-101).....	29
11. <i>Centrifuge</i> 1 (CE-301).....	29
12. <i>Heater</i> (HE-103).....	30
13. <i>Extractor</i> Na ₂ CO ₃	30
14. <i>Extractor</i> Ca(OH) ₂	31
15. <i>Crystallizer</i> 2 (CR-302).....	31
16. <i>Centrifuge</i> 2 (CE-302).....	32
17. <i>Crystallizer</i> 3 (CR-303).....	32
18. <i>Centrifuge</i> 3 (CE-303).....	32
19. <i>Storage Tank</i> Na ₂ CO ₃ (ST-301).....	33
20. <i>Storage Tank</i> Ca(OH) ₂ (ST-301).....	33
21. <i>Rotatry Dryer</i> 2 (RD-302).....	33
22. <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-301).....	34
4.2 Neraca Energi.....	34
1..... <i>Dissolving Tank</i> Na ₂ CO ₃ (DT-101).....	35
2..... <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) ₂ (DT-101).....	35
3..... <i>Heater</i> (HE-101).....	36

4.... <i>Heater</i> (HE-102).....	36
5.... <i>Reaktor CSTR</i>	37
6.... <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	38
7.... <i>Evaporator</i>	38
8.... <i>Crystallizer 1</i> (CR-301).....	39
9.... <i>Heater</i> (HE-103).....	39
10... <i>Crystallizer 2</i> (CR-302).....	40
11... <i>Crystallizer 3</i> (CR-303).....	40
12... <i>Rotary Dryer</i> (RD-302).....	41

BAB V SPESIFIKASI ALAT

1... <i>Hopper</i> (HP-01).....	42
2... <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101).....	42
3... <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	43
4... <i>Dissolving Tank</i> (DT-101).....	43
5... <i>Pompa Proses</i> (PP-101).....	44
6... <i>Hopper</i> (HP–102).....	45
7... <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	45
8... <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	46
9... <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	46
10.. <i>Pompa Proses</i> (PP-102).....	47
11.. <i>Heater</i> (HE-101).....	48
12.. <i>Pompa Proses</i> (PP-103).....	49
13.. <i>Heater</i> (HE-102).....	49
14.. <i>Pompa Proses</i> (PP-104).....	50
15.. <i>Reaktor Tangki Berpengaduk</i> (RE – 201).....	51
16.. <i>Pompa Proses</i> (PP-105).....	52
17.. <i>Reaktor Tangki Berpengaduk</i> (RE – 202).....	53
18.. <i>Pompa Proses</i> (PP-106).....	54
19.. <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-301).....	55
20.. <i>Screw Conveyor</i> (SC-103).....	55
21.. <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301).....	56

22..Screw Conveyor (SC-104).....	57
23..Bucket Elevator (BE-103).....	57
24..Hopper (HP-103).....	58
25..Pompa Proses (PP-107).....	58
26..Mixing Tank (MT – 301).....	59
27..Pompa Proses (PP-108).....	60
28..Evaporator (EV-301).....	61
29..Pompa Proses (PP-109).....	61
30..Crystallizer Tank (CR – 301).....	62
31..Pompa Proses (PP-110).....	63
32..Centrifuge (CE-301).....	64
33..Pompa Proses (PP-111).....	64
34..Heater (HE-103).....	65
35..Pompa Proses (PP-112).....	66
36..Pompa Proses (PP-113).....	67
37..Extractor Tank (ET – 301).....	67
38..PEG 4000 Storage Tank (ST-101).....	68
39..Pompa Proses (PP-114).....	69
40..Crystallizer Tank (CR – 302).....	70
41..Pompa Proses (PP-115).....	71
42..Centrifuge (CF-302).....	71
43..Pompa Proses (PP-116).....	72
44..Screw Conveyor (SC-105).....	72
45..Bucket Elevator (BE-104).....	73
46..Hopper (HP-104).....	73
47..Extractor Tank (ET – 302).....	74
48..PEG 400 Storage Tank (ST-102).....	75
49..Pompa Proses (PP-117).....	76
50..Crystallizer Tank (CR – 303).....	76
51..Pompa Proses (PP-118).....	77
52..Centrifuge (CE-303).....	78
53..Pompa Proses (PP-119).....	78

54..Screw Conveyor (SC-106).....	79
55..Bucket Elevator (BE-105).....	80
56..Hopper (HP-105).....	80
57..Screw Conveyor (SC-107).....	81
58..Alat (RD – 302).....	81
59..Screw Conveyor (SC-108).....	82
60..Bucket Elevator (BE-106).....	82
61..Hopper (HP-106).....	83
62..Bak Sedimentasi (BS – 401).....	83
63..Bak Penggumpal (BP – 401).....	84
64..Clarifier (CL – 401).....	84
65..Sand Filter (SF – 401).....	85
66..Tangki Air Filter (ST – 401).....	86
67..Tangki Asam Sulfat (ST – 403).....	86
68..Tangki Soda Kaustik (ST – 406).....	87
69..Tangki Dispersant (ST – 402).....	88
70..Cooling Tower (CT – 401).....	88
71..Cation Exchanger (CE – 401).....	89
72..Anion Exchanger (AE – 401).....	90
73..Tangki Air Demin (ST – 409).....	90
74..Daerator (DA – 401).....	91
75..Boiler (BO – 401).....	92
76..Tangki Bahan Bakar Boiler (ST – 410).....	92
77..Tangki Air Kondensat (ST – 411).....	93
78..Pompa Utilitas (PU-401).....	94
79..Pompa Utilitas (PU-402).....	94
80..Pompa Utilitas (PU-403).....	95
81..Pompa Utilitas (PU-404).....	95
82..Pompa Utilitas (PU-405).....	96
83..Pompa Utilitas (PU-406).....	97
84..Pompa Utilitas (PU-407).....	98
85..Pompa Utilitas (PU-408).....	98

86..Pompa Utilitas (PU-409).....	99
87..Pompa Utilitas (PU-410).....	100
88..Pompa Utilitas (PU-411).....	100
89..Pompa Utilitas (PU-412).....	101
90....Pompa Utilitas (PU-413).....	102
91....Pompa Utilitas (PU-414).....	102
92....Pompa Utilitas (PU-415A).....	103
93....Pompa Utilitas (PU-415B).....	104
94....Pompa Utilitas (PU-415C).....	104
95....Pompa Utilitas (PU-416).....	105
96....Pompa Utilitas (PU-417).....	107
97....Pompa Utilitas (PU-418A).....	106
98....Pompa Utilitas (PU-418B).....	107
99....Pompa Utilitas (PU-419A).....	108
100..Pompa Utilitas (PU-419B).....	108
101..Pompa Utilitas (PU-420).....	109
102..Pompa Utilitas (PU-421).....	110
103..Cyclone (CY – 401).....	110
104..Air Dryer (AD – 401).....	111
105..Air Compressor (AC – 401).....	111
106..Blower 1 (BU – 401).....	112
107..Blower 2 (BU – 402).....	112
108..Blower 3 (BU – 403).....	112
109..Blower 4 (BU – 404).....	113
110..Blower 5 (BU – 405).....	113
111..Blower 6 (BU – 406).....	113
112..Generator Listrik (GS-401).....	113

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1.Unit Penyediaan Air.....	115
6.2.Unit Penyediaan <i>Steam</i>	127
6.3.Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	128

6.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	128
6.5. Unit Penyediaan Udara	129
6.6. Unit Pengolahan Limbah	129
6.7. Laboratorium dan Pengendalian Proses	131

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik.....	136
7.2. Tata Letak Pabrik.....	138

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Latar Belakang.....	142
8.2 Struktur Organisasi.....	145
8.3 Tugas dan Wewenang.....	147
8.3.1. Pemegang Saham.....	147
8.3.2. Dewan Komisaris.....	148
8.3.3. Dewan Direksi.....	148
8.3.4. Staf Ahli.....	149
8.3.5. Penelitian dan Pengembangan (Litbang).....	150
8.3.6. Kepala Bagian.....	150
8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	153
8.4.1. Karyawan <i>non shift</i> / harian.....	153
8.4.2. Karyawan Shift.....	154
8.5 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	155
8.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan Dan Gaji.....	156
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	161
8.8 Manajemen Perusahaan.....	162
8.8.1. Perencanaan Produksi.....	163
8.8.2. Pengendalian Produksi.....	164

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi.....	169
1..... <i>Fixed Capital Investment</i> (Modal Tetap).....	169

2..... <i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja).....	170
3..... <i>Total Production Cost (TPC)</i>	171
9.2..Evaluasi Ekonomi.....	173
9.3.. <i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	174

BAB X KESIMPULAN DAN SARAN

10.1.. Kesimpulan.....	176
10.2.. Saran	176

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1..Data Impor Natrium Hidroksida di Indonesia	4
1.2..Data Ekspor Natrium Hidroksida di Indonesia.....	5
2.1 ΔH° Senyawa pada Proses Elektrolisis	12
2.2 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Elektrolisis	12
2.3 ΔH° Senyawa pada Proses Causticizing	13
2.4 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Causticizing.....	13
2.5 ΔG° Senyawa pada Proses Elektrolisis	15
2.6 ΔG° Senyawa pada Proses Causticizing.....	15
2.7 Harga Komponen pada Proses Causticizing.....	16
2.8 Harga Komponen pada Proses Elektrolisis.....	18
2.9 Perbandingan Proses Elektrolisis dan Causticizing.....	20
4.1. Neraca Massa <i>Dissolving Tank</i> Na_2CO_3 (DT-101).....	25
4.2. Neraca Massa <i>Dissolving Tank</i> $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (DT-102)	25
4.3. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-101)	25
4.4. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-102).....	26
4.5. Neraca Massa <i>Reaktor CSTR</i> (RE-201).....	26
4.6. Neraca Massa <i>Reaktor CSTR</i> (RE-202).....	26
4.7. Neraca Massa <i>Rotary Filter</i> (RF-301).....	27
4.8. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	27
4.9. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-301)	28
4.10. Neraca Massa <i>Evaporator Effect 1</i> (EV-301)	28
4.11. Neraca Massa <i>Crystallizer 1</i> (CR-101).....	29
4.12. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CE-301).....	29
4.13. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-103).....	30
4.14. Neraca Massa <i>Extractor</i> Na_2CO_3 (EX-301).....	30

4.15. Neraca Massa <i>Extractor</i> Na ₂ CO ₃ (EX-302).....	31
4.16. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> 2 (CR-302).....	31
4.17. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> 2 (CE-302)	32
4.18. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> 3 (CR-303)	32
4.19. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> 3 (CE-303)	32
4.20. Neraca Massa <i>Storage</i> Na ₂ CO ₃ (ST-301)	33
4.21. Neraca Massa <i>Storage Tank</i> Ca(OH) ₂ (ST-301)	33
4.21. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> 2 (RD-302)	33
4.23. Neraca Massa <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-301).....	34
4.24. Neraca Massa Total Overall Mass Balance	34
4.25. Neraca Panas <i>Dissolving Tank</i> Na ₂ CO ₃ (DT-101).....	35
4.26. Neraca Panas <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) ₂ (DT-101)	35
4.27. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101)	36
4.28. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102)	36
4.29. Neraca Panas <i>Reaktor CSTR</i> (RE-201)	37
4.30. Neraca Panas <i>Reaktor CSTR</i> (RE-202).....	37
4.31. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	38
4.32. Neraca Panas <i>Evaporator Effect 1</i> (EV-301)	38
4.33. Neraca Panas <i>Crystallizer</i> 1 (CR-301)	39
4.34. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-103).....	39
4.35. Neraca Panas <i>Crystallizer</i> 2 (CR-302)	40
4.42. Neraca Panas <i>Crystallizer</i> 1 (CR-303)	40
4.43. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-302).....	41
5.1. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP-01).....	42
5.2. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101).....	42
5.3. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	43
5.4. Spesifikasi. <i>Disolving Tank</i> (DT-101).....	43
5.5. Spesifikasi. <i>Pompa Proses</i> (PP-101).....	44
5.6. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP–102).....	45
5.7. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	45
5.8. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	46
5.9. Spesifikasi. <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	46

5.10. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-102).....	47
5.11. Spesifikasi. <i>Heater</i> (HE-101).....	48
5.12. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-103).....	49
5.13. Spesifikasi. <i>Heater</i> (HE-102).....	49
5.14. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-104).....	50
5.15. Spesifikasi. Reaktor Tangki Berpengaduk (RE – 201).....	51
5.16. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-105).....	52
5.17. Spesifikasi. Reaktor Tangki Berpengaduk (RE – 202).....	53
5.18. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-106).....	54
5.19. Spesifikasi. <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-301).....	55
5.20. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-103).....	55
5.21. Spesifikasi. <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301).....	56
5.22. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-104).....	57
5.23. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-103).....	57
5.24. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP–103).....	58
5.25. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-107).....	58
5.26. Spesifikasi. <i>Mixing Tank</i> (MT – 301).....	59
5.27. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-108).....	60
5.28. Spesifikasi. Evaporator (EV-301).....	61
5.29. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-109).....	61
5.30. Spesifikasi. <i>Crystallizer Tank</i> (CR – 301).....	62
5.31. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-110).....	63
5.32. Spesifikasi. <i>Centrifuge</i> (CE-301).....	63
5.33. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-111).....	64
5.34. Spesifikasi. <i>Heater</i> (HE-103).....	65
5.35. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-112).....	66
5.36. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-113).....	66
5.37. Spesifikasi. <i>Extractor Tank</i> (ET – 301, 302).....	67
5.38. Spesifikasi. PEG 4000 <i>Storage Tank</i> (ST–101).....	68
5.39. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-114).....	69
5.40. Spesifikasi. <i>Crystallizer Tank</i> (CR – 302).....	70
5.41. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-115).....	71

5.42. Spesifikasi. <i>Centrifuge</i> (CF-302).....	71
5.43. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-120).....	72
5.44. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-105).....	72
5.45. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-104).....	73
5.46. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP-104).....	73
5.47. Spesifikasi. <i>Extractor Tank</i> (ET – 302).....	74
5.48. Spesifikasi. PEG 400 <i>Storage Tank</i> (ST-102).....	75
5.49. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-117).....	76
5.50. Spesifikasi. <i>Crystallizer Tank</i> (CR – 303).....	76
5.51. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-118).....	77
5.52. Spesifikasi. <i>Centrifuge</i> (CE-303).....	78
5.53. Spesifikasi. Pompa Proses (PP-119).....	78
5.54. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-106).....	79
5.55. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-105).....	80
5.56. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP-105).....	80
5.57. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-107).....	81
5.58. Spesifikasi. Alat (RD – 302).....	81
5.59. Spesifikasi. <i>Screw Conveyor</i> (SC-108).....	82
5.60. Spesifikasi. <i>Bucket Elevator</i> (BE-106).....	82
5.61. Spesifikasi. <i>Hopper</i> (HP-106).....	83
5.62. Spesifikasi. Bak Sedimentasi (BS – 401).....	83
5.63. Spesifikasi. Bak Penggumpal (BP – 401).....	84
5.64. Spesifikasi. <i>Clarifier</i> (CL – 401).....	84
5.65. Spesifikasi. <i>Sand Filter</i> (SF – 401).....	85
5.66. Spesifikasi. Tangki Air Filter (ST – 404).....	86
5.67. Spesifikasi. Tangki Asam Sulfat (ST – 405).....	86
5.68. Spesifikasi. Tangki Soda Kaustik (ST – 406).....	87
5.69. Spesifikasi. Tangki Dispersant (ST – 407).....	88
5.70. Spesifikasi. <i>Cooling Tower</i> (CT – 401).....	88
5.71. Spesifikasi. Cation Exchanger (CE – 401).....	89
5.72. Spesifikasi. Anion Exchanger (AE – 401).....	90
5.73. Spesifikasi. Tangki Air Demin (ST – 409).....	90

5.74. Spesifikasi. Daerator (DA – 401).....	91
5.75. Spesifikasi. <i>Boiler</i> (BO – 401).....	92
5.76. Spesifikasi. Tangki Bahan Bakar <i>Boiler</i> (ST – 410).....	92
5.77. Spesifikasi. Tangki Air Kondensat (ST – 411).....	93
5.78. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-401).....	94
5.79. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-402).....	94
5.80. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-403).....	95
5.81. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-404).....	96
5.82. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-405).....	96
5.83. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-406).....	97
5.84. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-407).....	98
5.85. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-408).....	98
5.86. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-409).....	99
5.87. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-410).....	100
5.88. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-411).....	100
5.89. Spesifikasi. Pompa Utilitas (PU-412).....	101
5.90. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-413).....	102
5.91. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-414).....	102
5.92. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-415A).....	103
5.93. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-415B).....	104
5.94. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-415C).....	104
5.95. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-416).....	105
5.96. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-417).....	106
5.97. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-418A).....	106
5.98. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-418B).....	107
5.99. Spesifikasi....Pompa Utilitas (PU-419A).....	108
5.100. Spesifikasi..Pompa Utilitas (PU-419B).....	108
5.101. Spesifikasi..Pompa Utilitas (PU-420).....	109
5.102. Spesifikasi..Pompa Utilitas (PU-421).....	110
5.103. Spesifikasi.. <i>Cyclone</i> (CY – 401).....	110
5.104. Spesifikasi.. <i>Air Dryer</i> (AD – 401).....	111
5.105. Spesifikasi.. <i>Air Compressor</i> (AC – 401).....	111

5.106. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 1 (BU – 401).....	112
5.107. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 2 (BU – 402).....	112
5.108. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 3 (BU – 403).....	112
5.109. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 4 (BU – 404).....	113
5.110. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 5 (BU – 405).....	113
5.111. Spesifikasi.. <i>Blower</i> 6 (BU – 406).....	113
5.112. Spesifikasi..Generator Listrik (GS-401).....	113
6.1. Kebutuhan Air Umum.....	118
6.2. Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i>	119
6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	121
6.4. Kebutuhan Air Proses.....	122
6.5. Kebutuhan Air <i>Hidrant</i> /Pemadam Kebakaran.....	123
6.6. Kebutuhan Air Total.....	123
6.7. Spesifikasi Bioetanol.....	124
6.8. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	133
6.9. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	135
7.1. Perincian Luas Area Pabrik Bioetanol.....	137
8.1 Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i>	155
8.2. Perincian Tingkat Pendidikan.....	156
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	158
8.4 Penggolongan Tenaga Kerja.....	159
8.5 Penggolongan Jabatan.....	166
9.1 Perincian TCI Pabrik Natrium Hidroksida.....	170
9.2 <i>Manufacturing Cost</i>	171
9.3 <i>General Expenses</i>	172

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Ilustrasi Reaksi Exergonic (kiri) dan Reaksi Endergonic (kanan)	14
6.1. Diagram <i>Cooling Water Systems</i>	125
6.2. <i>Daerator</i>	130
7.1. Pra Rencana Lokasi Pabrik Natrium Hidroksida	138
7.2. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	141
7.3. Rencana Perumahan Karyawan	142
8.1 Struktur organisasi pabrik Natrium Hidroksida	147
9.1 Grafik Analisis Ekonomi Pabrik Natrium Hidroksida.....	174
9.2 Kurva Cummulative Cash Flow Terhadap Umur Pabrik	175

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B NERACA PANAS

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D SPESIFIKASI PERALATAN UTILITAS

LAMPIRAN E INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS REAKTOR (RE-201)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri merupakan usaha untuk mengolah bahan baku, bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang yang siap untuk digunakan dengan nilai yang lebih tinggi. Pembangunan industri adalah bentuk dari usaha pembangunan ekonomi dalam waktu jangka panjang yang bertujuan menciptakan struktur ekonomi yang seimbang dan kokoh. Oleh karena itu proses industri sangatlah penting karena berperan sebagai penggerak utama dalam laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja.

Industri kimia yang memiliki peran yang penting dan memiliki peluang yang sangat besar di masa yang akan datang salah satunya adalah natrium hidroksida. Natrium Hidroksida ini sendiri adalah salah satu bahan kimia yang sangat penting perannya untuk industri-industri lain, bahkan dapat dikategorikan sebagai "*Heavy Chemical Industry*" yang diproduksi dalam volume yang sangat besar. (Alifuddin, 2011).

Sebagian besar kebutuhan Natrium Hidroksida untuk industri di Indonesia dipenuhi melalui impor. Oleh karena itu pendirian Pabrik Natrium Hidroksida di Indonesia memiliki prospek yang cukup baik karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain :

1. Mengurangi ketergantungan akan kebutuhan natrium hidroksida di dalam negeri dari negara lain.
2. Pengeluaran impor negara akan berkurang karena impor natrium hidroksida dari negara lain berkurang.

3. Memperluas lapangan pekerjaan sehingga mengurangi tingkat pengangguran sehingga roda perekonomian di Indonesia semakin baik.
4. Membantu menggerakkan pertumbuhan industri lain di Indonesia yang menggunakan natrium hidroksida sebagai bahan baku atau bahan pembantu.

Berdasarkan pertimbangan di atas, diharapkan bahwa pabrik ini kedepannya dapat memenuhi kebutuhan yang ada di dalam negeri sehingga impor akan berkurang, memperluas lapangan pekerjaan, mengurangi devisa negara, mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan membuka peluang untuk pengembangan-pengembangan industri yang menggunakan bahan baku natrium hidroksida sehingga dapat tercipta diversifikasi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.

1.2. Kegunaan Produk

Natrium hidroksida memiliki banyak manfaat di dalam bidang industri, terutama sebagai bahan kimia dasar dalam pembuatan *pulp and paper*, air minum, tekstil, sabun dan detergen. Berikut ini adalah beberapa manfaat natrium hidroksida sebagai produk :

1. Industri Pulp dan Kertas

Industri pulp dan kertas adalah salah satu dari pengguna terbesar produk natrium hidroksida yang ada di seluruh dunia, pada industri ini sendiri natrium hidroksida memiliki fungsi sebagai bahan baku pada proses *pulping* dan *bleaching*. Dalam proses daur ulang kertas bekas natrium hidroksida juga digunakan, yaitu pada proses “de-inking” kertas bekas.

2. Industri Tekstil

Pada industri tekstil, natrium hidroksida memiliki fungsi di dalam proses kapas dan proses pewarnaan serat sintetis seperti nilon dan polyester.

3. Industri Sabun dan Detergen

Pada industri sabun dan deterjen, natrium hidroksida sendiri memiliki kegunaan di dalam reaksi saponifikasi, dimana reaksi ini merupakan reaksi konversi minyak nabati menjadi sabun. Selain itu natrium

hidroksida digunakan dalam pembuatan surfaktan anionic, dimana surfaktan ini adalah komponen penting dalam produk deterjen maupun produk pembersih.

4. Industri Minyak dan Gas Bumi

Pada industri minyak dan gas bumi (migas) natrium hidroksida dimanfaatkan di dalam tahap eksplorasi, produksi maupun pemrosesan minyak dan gas alam, dimana natrium hidroksida berfungsi untuk menghilangkan bau yang berasal dari hidrogen sulfida (H_2S) maupun mercaptan.

5. Proses Produksi Aluminium

Pada proses produksi aluminium, natrium hidroksida berfungsi untuk pelarutan pada bijih bauksit yang merupakan bahan baku dalam produksi aluminium.

6. Industri Kimia

Dalam industri kimia, natrium hidroksida dimanfaatkan sebagai bahan baku atau bahan kimia proses yang menghasilkan berbagai produk kimia hilir, seperti bahan plastik, obat-obatan, pelarut, kain sintetik, adesif, zat pewarna, cat, tinta, dan lain-lain. Selain itu untuk menetralisasi limbah yang bersifat asam dan juga untuk menyerap komponen dalam gas buang yang bersifat asam natrium hidroksida juga digunakan.

1.3. Kapasitas Rancangan

1. Data Impor

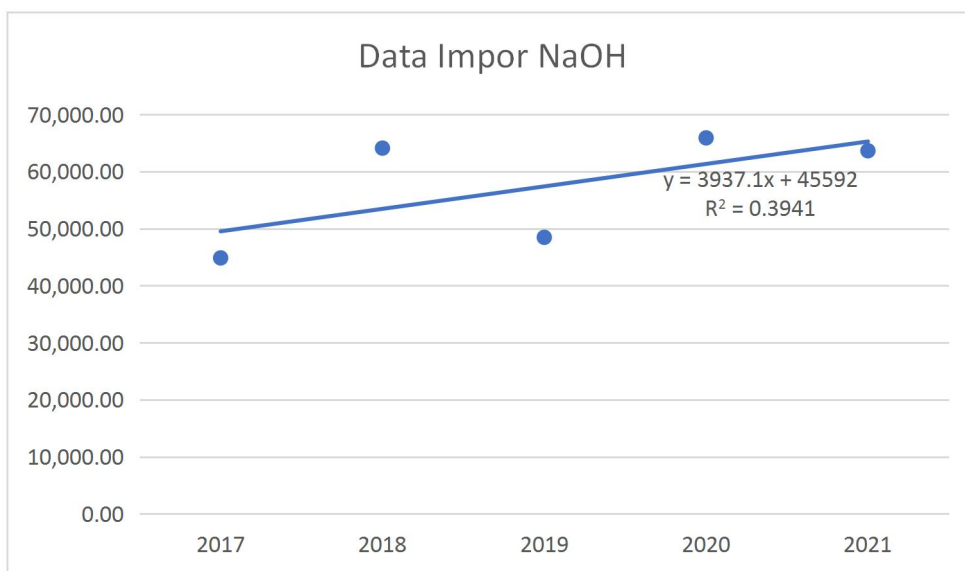
Dari data impor yang diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistika) diketahui bahwa Negara Indonesia masih banyak melakukan kegiatan impor natrium hidroksida, dimana hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut ini :

Tabel 1.1 Data Impor Natrium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Indonesia (Ton)
2017	44.864,797
2018	64.113,382
2019	48.476,044
2020	65.909,317
2021	63.652,436

Sumber : BPS,2022

Berikut ini adalah grafik impor natrium hidroksida di Indonesia :



didapatkan persamaan garis lurus ;

$$y = 3937,1x + 45592$$

pada tahun 2029 ketika pembuatan pabrik natrium hidroksida diperkirakan impor sebanyak (ton/tahun)

$$= 3937,1x + 45592$$

$$= 3937,1(13) + 45592$$

$$= 96.774,3 \text{ ton/tahun}$$

dari persamaan yang ada di atas, maka kebutuhan impor natrium hidroksida pada tahun 2029 mencapai 96.774,3 ton/tahun, sehingga dengan pendirian pabrik natrium hidroksida diharapkan dapat

mengurangi impor Indonesia serta dapat memenuhi kebutuhan natrium hidroksida yang ada di Indonesia.

2. Data Ekspor

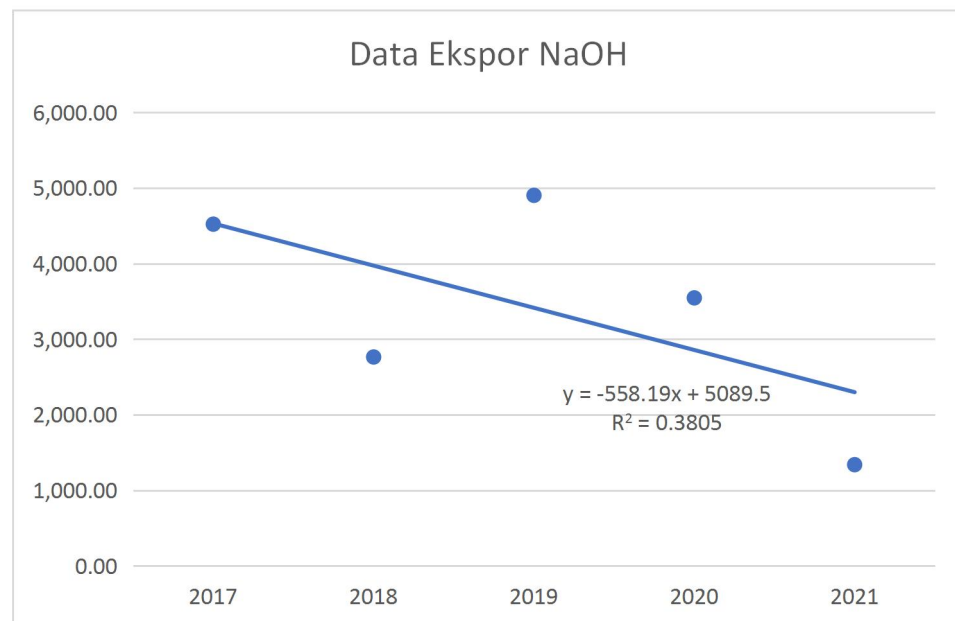
Dari data ekspor yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS), dapat diketahui bahwa Indonesia masih mengekspor natrium hidroksida seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2 berikut ini:

Tabel 1.2 Data Ekspor Natrium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Indonesia (Ton)
2017	4.521,635
2018	2.764,060
2019	4.903,185
2020	3.546,501
2021	1.339,451

Sumber: BPS,2022

Berikut ini adalah grafik ekspor natrium hidroksida di Indonesia :



didapatkan persamaan garis lurus ;

$$y = -558,19x + 5089,5$$

pada tahun 2029 ketika pembuatan pabrik natrium hidroksida diperkirakan ekspor sebanyak (ton/tahun)

$$= -558,19x + 5089,5$$

$$= -558,19(13) + 5089,5$$

$$= -2.166,97 \text{ Ton/tahun}$$

dari persamaan yang ada di atas, maka ekspor natrium hidroksida pada tahun 2029 mencapai -2.166,97 ton/tahun.

3. Data Produksi Natrium Hidroksida di Indonesia

Dari data produksi yang didapatkan dari Kementerian Perindustrian dapat diketahui bahwa Indonesia memproduksi natrium hidroksida dalam bentuk padatan dari PT Asahimas Chemical sebanyak 700.000 ton/tahun dan PT Sulfindo Adiusaha sebanyak 215.000 ton/tahun.

Konsumsi NaOH yang semakin meningkat, menyebabkan ekspor NaOH terus mengalami penurunan karena harus menutupi kebutuhan dalam negeri. padahal permintaan NaOH di dunia terus mengalami peningkatan. Berbeda dengan ekspor, impor natrium hidroksida terus mengalami peningkatan. Peningkatan ini terjadi karena harus memenuhi kebutuhan NaOH dalam negeri yang semakin meningkat pula. Pada tahun 2029 diperkirakan total impor NaOH akan mencapai 96.774,3 ton/tahun.

Dari berbagai uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2029, Indonesia akan kekurangan supply NaOH sedangkan kebutuhan terhadap NaOH akan semakin meningkat. Untuk mengurangi kekurangan supply, Indonesia akan mengimpor NaOH dalam jumlah besar. Sehingga jumlah impor dapat dijadikan sebagai peluang kapasitas pabrik NaOH ini.

Pabrik akan didirikan pada tahun 2029 sehingga dibutuhkan data perkiraan impor NaOH pada tahun 2029. Menggunakan regresi linear

didapatkan impor NaOH pada tahun 2029 yaitu 96.774,3 ton per tahun. Kapasitas pabrik akan diambil sebesar 50% dari peluang kapasitas.

Maka dipilih pabrik dengan kapasitas 45.000 ton/tahun yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, hal ini didasari oleh Peraturan Perundang-undangan No. 5 Tahun 1999 yang tidak mengizinkan pelaku usaha menguasai pasar satu jenis barang tertentu lebih dari 50%. Pabrik ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2029.

1.4. Lokasi Pabrik

Lokasi dari pabrik sendiri sangatlah menentukan perkembangan dan kemajuan dari suatu pabrik, baik saat berproduksi maupun di masa yang akan datang, sehingga pemilihan dan penempatan lokasi pabrik harus sesuai. Dengan pertimbangan-pertimbangan yang ada maka pabrik akan didirikan di Gresik, Jawa Timur.



Sumber: Google maps.com

Gambar 1.1. Pra Rencana Lokasi Pabrik Natrium Hidroksida

Dipilih lokasi di Gresik, Jawa Timur didasarkan pada beberapa pertimbangan yang telah dibuat, antara lain :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah kalsium hidroksida diperoleh dari PT Semesta Jaya Abadi yang letaknya berada di Surabaya, Jawa Timur.

Sedangkan untuk bahan baku natrium karbonat diperoleh dari Nario Property Ply Ltd, Australia.

2. Transportasi Umum

Transportasi dibutuhkan sebagai penunjang, terutama untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan produk, dan pemasaran. Gresik memiliki sarana dan prasarana baik. Sarana transportasi, kedekatan dengan pelabuhan Manyar dalam Kawasan Industri JIPE , dan adanya tol sebagai transportasi darat yang berada di Gresik, serta kawasan ini sekitar 1 jam dari Bandar Udara Internasional Juanda sehingga memudahkan untuk melakukan hubungan ke daerah yang lainnya.

3. Ketersediaan Utilitas

Lokasi Pabrik didirikan dekat dengan Kali Mireng, Gresik, oleh karena itu keperluan air dalam proses produksi dapat terpenuhi. Sedangkan untuk kebutuhan listrik sendiri didapatkan secara terintegrasi melalui penyedia utilitas mandiri di Kawasan JIPE (Java Integrated Industrial and Ports Estate) dan sebagai tenaga cadangan listrik dipersiapkan pembangkit tenaga listrik (generator set) sebagai pengganti sementara jika terjadi gangguan.

4. Daerah Pemasaran

Di dalam pemasaran produk hal yang perlu diperhatikan adalah letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut sehingga biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman dapat ditekan. Oleh karena itu Gresik adalah daerah yang cukup strategis yang mana dekat dengan kawasan-kawasan industry seperti PT. Panji mas Tekstil, PT. Surabaya Agung Industri Pulp and Papper, PT. Unichem Candi Indonesia, PT. Miwon Indonesia, dan PT. Wings Indonesia.

5. Tenaga Kerja

Dengan akan didirikannya pabrik ini diharapkan akan membuka lapangan pekerjaan baru dan dapat menyerap tenaga kerja khususnya orang-orang disekitar pabrik ini yaitu di kawasan industri JIPE Gresik yang membutuhkan pekerjaan. Kawasan industri yang dapat menunjang tenaga kerja ahli dan tenaga kerja biasa. Selain faktor di atas, pemilihan Gresik karena memiliki kemudahan dalam perizinan, pajak dan lain-lain yang menyangkut teknis pelaksanaan pendirian suatu pabrik dan tersedianya fasilitas umum, maka lokasi di Gresik dirasa tepat untuk lokasi pendirian pabrik natrium hidroksida.

Melihat data statistik yang ada maka kebutuhan akan natrium hidroksida dalam industri akan meningkat karena adanya peningkatan dalam data kebutuhan yang ada. Karena itu perlu dilakukan perkembangan untuk memproduksi natrium hidroksida untuk mencukupi kebutuhan tersebut dan mengurangi angka impor Indonesia akan natrium hidroksida.

Kebutuhan untuk tenaga kerja di pabrik dapat dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik, dimulai dari tenaga kerja terdidik, terlatih, terampil, hingga tenaga kerja kasar. Untuk tenaga ahli sendiri didapatkan dari lulusan perguruan tinggi yang terdapat di Indonesia. Pemanfaatan masyarakat yang ada disekitar sebagai tenaga kerja menyebabkan pabrik ini dapat mengurangi jumlah pengangguran di daerah tersebut, memperluas peluang pekerjaan dan mampu meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat sekitar.

BAB II

PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam-Macam Proses

2.1.1 Proses Elektrolisis

Dalam proses elektrolisis, arus listrik dialirkan melalui larutan garam dalam sel yang dirancang khusus untuk menghasilkan NaOH. Proses elektrolisis dilakukan di salah satu dari tiga jenis sel: sel merkuri, sel diaphragm dan sel membran. Bahan baku yang digunakan ialah garam NaCl dan H₂O. Dengan reaksi seperti berikut:



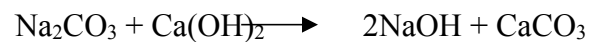
Langkah pertama dalam proses tersebut adalah memurnikan air garam umpan. Brines mengandung banyak kontaminan seperti kalsium, magnesium, barium, dan ion sulfat yang merusak proses elektrolitik. Penghilangan kontaminan air garam menyumbang porsi yang signifikan dari keseluruhan biaya produksi klor-alkali, terutama untuk proses membran karena membutuhkan tingkat kemurnian air garam yang lebih tinggi.

Katolit dari sel diaphragm menghasilkan 10–12% NaOH dan 15–17% NaCl. Larutan ini dinaikkan konsentrasinya menjadi 50% NaOH dalam serangkaian proses evaporasi crystallizer. Sel membran menghasilkan 30-35% larutan NaOH yang diuapkan hingga 50% menggunakan 1 proses evaporasi. Larutan NaOH dihasilkan oleh sel merkuri disaring untuk menghilangkan merkuri yang ada pada produk dan melalui proses dekomposisi hingga konsentrasinya menjadi 50%. (Kirk-Othmer 2004)

2.1.2 Proses Continuous Causticizing

Causticizing adalah proses kimia modern. Proses ini melakukan washing yang lebih menyeluruh dengan sedikit air dan menggunakan soda api yang lebih kuat dalam Reaktor dan Filter. Umumnya pabrik causticizing besar terdiri dari reaktor, dissolving, filter dan rotary dryer. (Hou Te-Pan, 1969)

Bahan baku yang diolah dalam proses ini yaitu bubuk soda ash Na_2CO_3 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Na_2CO_3 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dilarutkan terlebih dahulu lalu kedua larutan tersebut diumpankan kedalam reactor. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ direaksikan dengan Na_2CO_3 untuk membentuk NaOH dan CaCO_3 . Reaksi yang terjadi di dalam reactor adalah sebagai berikut:



2.2 Pemilihan Proses

2.2.1 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi

Perubahan nilai entalpi menunjukkan kalor yang dihasilkan ataupun kalor yang dibutuhkan oleh suatu reaksi kimia yang terjadi. Besar atau kecilnya nilai perubahan entalpi (ΔH) menunjukkan jumlah kalor yang dihasilkan ataupun dibutuhkan.

ΔH yang bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan sejumlah panas dari lingkungan agar reaksi berlangsung. Oleh karena itu, semakin besar nilai ΔH , maka energi yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi semakin besar pula. Jika energi yang dibutuhkan semakin besar maka cost untuk menyediakan energi pun semakin besar. Sedangkan ΔH yang bernilai negative menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan sejumlah panas selama reaksi berlangsung. Sehingga reaksi tersebut tidak memerlukan energi selama proses reaksi tetapi membutuhkan energi untuk penyerapan panas agar reaksi tetap berlangsung pada suhu reaksinya. Penentuan panas reaksi yang berjalan

secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentuk standar ΔH_f pada $P = 1$ atm dan $T = 298.15$ K.

a. Proses Elektrolisis

$T = 95^\circ\text{C}$ atau 368°K dan $T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$ atau 298°K

Tabel 2.1 ΔH° Senyawa pada Proses Elektrolisis

Zat Kimia	$\Delta H_{f(298)}^\circ$ (kJ/mol)
NaCl	-411.2000
H ₂ O	-285.8000
NaOH	-425.6000
H ₂	0
Cl ₂	0

(Sumber : Smith, J.M. Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4)

$$\Delta H_{\text{total}}^\circ = \Delta H_{\text{produk}}^\circ - \Delta H_{\text{reaktan}}^\circ \text{ (pada } T = 298 \text{ K)}$$

$$\Delta H_{\text{total}}^\circ = \Delta H_{298}^\circ = 271.4000 \text{ kJ/mol}$$

Tabel 2.2 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Elektrolisis

Komponen	Koefisien	A	B	C	D
NaCl	2	10.9800	3.9000E-03	-	-
H ₂ O	2	8.71200	1.2500E-03	-0.1800E-06	-
NaOH	2	0.2400	3.2420E-02	-	3.8700E05
H ₂	1	6.5200	0.7800E-02	-	1.200E04
Cl ₂	1	5.5300	-0.1600E-03	-	-2.300E04
Produk-Reaktan	-	14.8040	6.218E-02	3.600E-07	7.6300E05

(Sumber : K.K Kelley, 1960)

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT = \Delta A T_{\text{ref}}(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_{\text{ref}}^2 (\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_{\text{ref}}^3 (\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_{\text{ref}}} \left(\frac{\tau - 1}{\tau} \right)$$

$$\text{dengan } \tau = \frac{T}{T_{\text{ref}}}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT = 902.9736 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} = 3.7777 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{368}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} + R \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT$$

$$\Delta H_{368}^{\circ} = 271.4000 + 0.0075$$

$$\Delta H_{368}^{\circ} = 271.4075 \text{ kJ/mol}$$

b. Proses Causticizing

$T = 95^{\circ}\text{C}$ atau 368°K dan $T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$ atau 298°K

Tabel 2.3 ΔH° Senyawa pada Proses Causticizing

Zat Kimia	ΔH° (kJ/mol)
Na_2CO_3	-1130.7000
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	-985.2000
NaOH	-425.6000
CaCO_3	-1207.6000

(Sumber : Smith, J.M. Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4)

$$\Delta H_{\text{total}}^{\circ} = \Delta H_{\text{produk}}^{\circ} - \Delta H_{\text{reaktan}}^{\circ} \text{ (pada } T = 298 \text{ K)}$$

$$\Delta H_{\text{total}}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} = 57.1000 \text{ kJ/mol}$$

Tabel 2.4 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Causticizing

Komponen	Koefisien	A	B	C	D
Na_2CO_3	1	27.1300	1.5620E-02	-	-4.7800E05
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	1	19.0700	1.0800E-02	-	-
NaOH	2	0.2400	3.2420E-02	-	3.8700E05
CaCO_3	1	24.98	5.2400E-03	-	-6.200E05
Produk-Reaktan	-	20.9800	4.3700E-02	-	6.3200E05

(Sumber : K.K Kelley, 1960)

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT = \Delta A T_{\text{ref}}(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_{\text{ref}}^2 (\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_{\text{ref}}^3 (\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_{\text{ref}}} \left(\frac{\tau - 1}{\tau} \right)$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT = -47.4713 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} = -0.1986 \text{ kJ/mol}$$

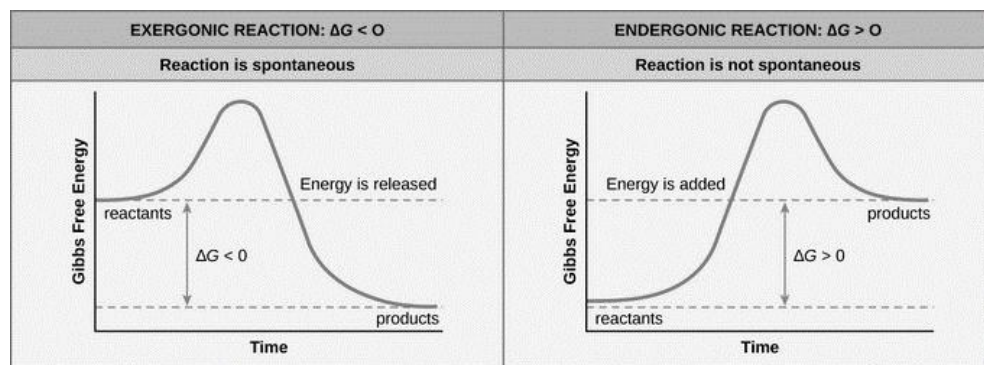
$$\Delta H_{368}^0 = \Delta H_{298}^0 + R \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT$$

$$\Delta H_{368}^0 = 57.1000 - 0.0016$$

$$\Delta H_{368}^0 = 57.0984 \text{ kJ/mol}$$

2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG yang bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi kimia yang terjadi tidak dapat berlangsung spontan, sehingga memerlukan energi tambahan dari lingkungan. Reaksi yang nilai ΔG positif disebut reaksi endergonic. Lalu ΔG yang bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi kimia yang terjadi dapat berlangsung spontan dan tidak membutuhkan energi dari lingkungan karena untuk terjadi reaksi tersebut, sistem yang melepaskan energi. Reaksi yang nilai ΔG negatif disebut reaksi exergonic.



Sumber: Chem.libretexts.org

Gambar 2.1 Ilustrasi Reaksi Exergonic (kiri) dan Reaksi Endergonic(kanan)

Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif nilai ΔG , maka reaksi tersebut semakin baik dikarenakan reaksi dapat terjadi secara spontan dan energi yang dibutuhkan untuk reaksi tersebut kecil sehingga cost untuk energi semakin kecil pula.

a. Proses Elektrolisis

$T = 95^\circ\text{C}$ atau 368°K dan $T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$ atau 298°K

Tabel 2.5 ΔG° Senyawa pada Proses Elektrolisis

Zat Kimia	$\Delta G_{f(298)}^\circ$ (kJ/mol)
NaCl	-384.1000
H ₂ O	-237.1000
NaOH	-419.2000
H ₂	0
Cl ₂	0

(Sumber : Smith, J.M. Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4)

$$\Delta G_{\text{total}}^\circ = \Delta G_{\text{produk}}^\circ - \Delta G_{\text{reaktan}}^\circ \text{ (pada } T = 298 \text{ K)}$$

$$\Delta G_{\text{total}}^\circ = \Delta G_{298}^\circ = 404.0000 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{368}^\circ = \Delta H_{298}^\circ - \frac{T}{T_{\text{ref}}} \times (\Delta H_{298}^\circ - \Delta G_{298}^\circ) + R \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT - RT \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G_{368}^\circ = 271.4000 - \frac{368}{298} \times (271.4000 - 404.0000) + 0.0075 - 0.0347$$

$$\Delta G_{368}^\circ = 435.1203 \text{ kJ/mol}$$

b. Proses Causticizing

$T = 95^\circ\text{C}$ atau 368°K dan $T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$ atau 298°K

Tabel 2.6 ΔG° Senyawa pada Proses Causticizing

Zat Kimia	ΔG° (kJ/mol)
Na ₂ CO ₃	-1044.4000
Ca(OH) ₂	-897.5000
NaOH	-419.2000
CaCO ₃	-1129.1000

(Sumber : Smith, J.M. Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4)

$$\Delta G_{\text{total}}^{\circ} = \Delta G_{\text{produk}}^{\circ} - \Delta G_{\text{reaktan}}^{\circ} \text{ (pada } T = 298 \text{ K)}$$

$$\Delta G_{\text{total}}^{\circ} = \Delta G_{298}^{\circ} = -25.6000 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{368}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - \frac{T}{T_{\text{ref}}} \times (\Delta H_{298}^{\circ} - \Delta G_{298}^{\circ}) + R \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT - RT \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G_{368}^{\circ} = 57.1000 - \frac{368}{298} \times (57.1000 - (-25.6000)) + (-0.0016) - (-0.0018)$$

$$\Delta G_{368}^{\circ} = -45.0259 \text{ kJ/mol}$$

2.2.3 Tinjauan Ekonomi

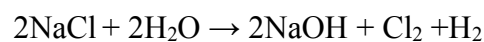
Tinjauan ekonomi sendiri memiliki tujuan untuk mengetahui keuntungan yang dapat diperoleh oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing proses yang akan digunakan.

a) Proses Elektrolisis

Tabel 2.8 Harga Komponen pada Proses Elektrolisis

	Komponen	Rumus Kimia	\$/Kg
Bahan Baku	Natrium Klorida	NaCl	0,25
	Air	H ₂ O	0
Produk	Natrium Hidroksida	NaOH	1,5

Reaksi yang terjadi:



Basis = 1 kg NaOH (caustic soda)

BM NaOH = 40 g/mol

BM NaCl = 58,44 g/mol

BM H₂O = 18 g/mol

BM Cl₂ = 84,93 g/mol

BM H₂ = 2 g/mol

$$\text{mol NaOH} = \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{BM NaOH}}$$

Konversi = 50%

Reaksi	2NaCl	+	2H ₂ O	→	2NaOH	+	Cl ₂	+	H ₂
Mula-mula	50		50		-		-		-
Bereaksi	25		25		25		12,5		12,5
Sisa	25		25		25		12,5		12,5

Maka :

Jumlah Reaktan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{NaCl} &= 50 \text{ mol} \times \frac{58,44 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 2,922 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 50 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 0,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah produk yang terbentuk :

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 25 \text{ mol} \times \frac{40 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{EP} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Natrium Hidroksida} - (\text{Natrium Klorida} + \text{Air}) \\ &= (1 \times 1,5) - (2,922 \times 0,25 + 0,9 \times 0) \\ &= 1,5 - 0,73 \\ &= 0,77 \text{ \$/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,77 \text{ \$/kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 45000 \text{ ton/tahun} \\ &= 34.650.000 \text{ \$/tahun} \text{ (1\$ = Rp. 16685,41)} \\ &= \text{Rp } 578.149.456.500,00/\text{tahun} \end{aligned}$$

Harga bahan baku total adalah

$$= 0,73 \text{ \$/kg} \text{ (1\$ = Rp 16.685,41)}$$

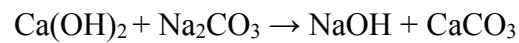
= Rp 12.180,35/kg

b. Proses Caustisizing

Tabel 2.7 Harga Komponen pada Proses Caustisizing

	Komponen	Rumus Kimia	\$/Kg
Bahan Baku	Kalsium Hidroksida	Ca(OH) ₂	0,15
	Natrium Karbonat	Na ₂ CO ₃	0,2
Produk	Natrium Hidroksida	NaOH	1,5
	Kalsium Karbonat	CaCO ₃	1

Reaksi yang terjadi:



Basis = 1 kg NaOH (caustic soda)

BM NaOH = 40 g/mol

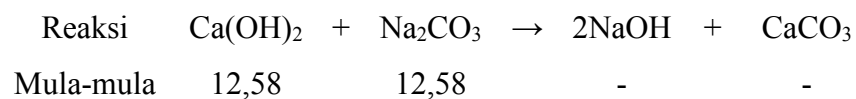
BM Na₂CO₃ = 105,988 g/mol

BM Ca(OH)₂ = 74,093 g/mol

BM CaCO₃ = 100,087 g/mol

$$\begin{aligned} \text{mol NaOH} &= \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{BM NaOH}} \\ &= \frac{1000 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} \\ &= 25 \text{ mol} \end{aligned}$$

Konversi = 96 %



Bereaksi	12,5	12,5	25	12,5
Sisa	0,08	0.08	25	12,5

Maka :

Jumlah Reaktan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}\text{Ca(OH)}_2 &= 12,58 \text{ mol} \times \frac{74,093 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 0.932 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Na}_2\text{CO}_3 &= 12,58 \text{ mol} \times \frac{105,988 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1,333 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah produk yang terbentuk :

$$\begin{aligned}\text{NaOH} &= 25 \text{ mol} \times \frac{40 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 &= 12,5 \text{ mol} \times \frac{100,087 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1,2510 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}\text{EP} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= (1 \times 1,5) - (1,333 \times 0,2 + 0.932 \times 0.15) \\ &= 1,5 - 0,4064 \\ &= 1,0936 \text{ \$/kg} \\ &= 1,0936 \text{ \$/kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 45000 \text{ ton/tahun} \\ &= 49.212.000 \text{ \$/tahun} \text{ (1\$ = Rp. 16.685.41)} \\ &= \text{Rp } 821.122.396.920.00 \text{ /tahun}\end{aligned}$$

Harga bahan baku total adalah

$$\begin{aligned}&= 0,4064 \text{ \$/kg} \text{ (1\$ = Rp 16685.41)} \\ &= \text{Rp } 6.780,95/\text{kg}\end{aligned}$$

Dari mempertimbangkan aspek termodinamika dan ekonomi, maka dipilihlah proses Caustizing. Berikut ini adalah tabel

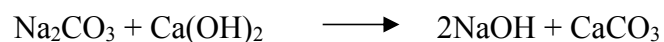
perbandingan proses dilihat dari aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan proses.

Tabel 2.9 Perbandingan Proses Elektrolisis dan Causticizing

	Elektrolisis	Causticizing
Bahan baku	NaCl + H ₂ O	Na ₂ CO ₃ + Ca(OH) ₂
Konversi (%)	50%	96%
Suhu	95°C atau 368°K	95°C atau 368°K
Enthalpy (ΔH°)	271.4075 kJ/mol	57.0984 kJ/mol
Gibbs Energy (ΔG°)	435.1203 kJ/mol	-45.0259 KJ/mol
Harga Bahan Baku	Rp12.180,35 /kg	Rp 6.780,95/kg
Keuntungan (Rp/tahun)	578.149.456.500.00	821.122.396.920.00
Side-Produk	Cl _{2(g)} , H _{2(g)}	CaCO _{3(s)}

2.3 Uraian Proses

Na₂CO₃ ditampung dalam tangki bahan baku dan akan dialirkan menggunakan Belt Conveyor dan Hopper menuju tangki pelarutan. Di dalam tangki pelarutan ditambahkan pula air sehingga kadar Na₂CO₃ menjadi berat total larutan. Setelah itu larutan Na₂CO₃ tersebut dipompa masuk Reaktor Causticizer. Ca(OH)₂ ditampung dalam tangki bahan baku dan akan dialirkan menggunakan Belt Conveyor dan Hopper menuju tangki pelarutan. Setelah itu larutan Ca(OH)₂ tersebut dipompa masuk Reaktor Causticizer.. Suhu umpan masuk Reaktor Causticizer 70°C sedangkan suhu dipertahankan dalam reaktor 90°C, terjadi pada tekanan 1 atm, karena reaksi soda ash dan slaked lime merupakan reaksi endothermic maka diperlukan steam sebagai pemanas. Reaksi yang terjadi dalam reaktor :



Konversi di dalam reaktor adalah 96 %. Setelah reaksi berjalan selama 1 jam, hasil larutan dari reaktor dialirkan dengan bantuan pompa masuk ke filter untuk melakukan proses pemisahan. Larutan filtrat dari filter yang mengandung NaOH ditampung dalam tangki mixing untuk dicampurkan

dengan larutan recycle proses yang selanjutnya akan dialirkan oleh pompa masuk ke evaporator untuk menguapkan air dalam larutan. Untuk filter cake dari filter (CaCO_3) dengan bantuan Screw Conveyor masuk ke Rotary Dryer untuk menguapkan air yang terikat dalam CaCO_3 .

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk

3.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

Natrium Carbonate

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : Na_2CO_3
- Wujud : Padatan (bubuk)
- Berat Molekul : 105,988 g/mol
- Titik didih normal : 1600 °C
- Titik leleh normal : 851°C
- Densitas : 2,54 g/cm³
- Kemurnian : 99,55%
- Larut dalam air : 0°C - 100°C
- Tidak korosif

Calcium Hydroxide

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Wujud : Padatan (bubuk)
- Berat Molekul : 74,093 g/mol
- Densitas : 2,24 g/cm³
- Titik didih : 2850 °C
- Titik leleh : 580 °C
- Kemurnian : 98%

- Larut dalam air dan gliserol : 0°C - 100°C (semakin panas kelarutannya semakin menurun)
- Korosif

(Perry, 1997 ; Kirk dan Othmer, 1991)

3.1.2. Spesifikasi Bahan Produk

Natrium Hydroxide

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : NaOH
- Berat Molekul : 39,997 g/mol
- Wujud : Padatan
- Titik didih : 1388 °C
- Titik Leleh : 318 °C
- Densitas : 2,13 g/cm³
- Kemurnian : 98%
- Korosif
- Larut dalam air : 0°C - 100°C

(Kirk dan Othmer, 1991 ; Yaws, 1999)

Calcium Carbonate

a. Sifat Fisis dan Sifat Kimia

- Rumus Kimia : CaCO₃
- Wujud : Padatan
- Berat melekul : 100,09 g/mol
- Densitas : 2,8 g/cm³
- Titik leleh : 825 °C
- Kemurnian : 99,5%
- Tidak larut dalam air dan alkohol : pada suhu 25°C (dapat larut drastis jika air mengandung CO₂ karena bereaksi dengan gas yang dapat larut).
- Tidak korosif

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab – bab sebelumnya, Prarancangan Pabrik Natrium Hidroksida dari Natrium Karbonat dan Kalsium Hidroksida Sawit dengan kapasitas 45.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses utama yang digunakan adalah *causticizing* dari bahan baku natrium karbonat dan kalsium hidroksida yang menghasilkan produk utama berupa natrium hidroksida dan produk samping berupa kalsium karbonat.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 31,44 %.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,12 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 45,55%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 29,39%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20-30 %.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 18,24 % lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Natrium Hidroksida dari Natrium Karbonat dan Kalsium Hidroksida dengan kapasitas 45.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba, Harga Produk dan Bahan baku, <https://www.alibaba.com> diakses pada 5 Februari 2021.
- Anonim. 2020. Kementerian Kementarian Perindustrian. Diakses pada 2020.
- Anonim. 2020. Diakses melalui <https://indexmundi.com> pada 2020.
- Anonim. 2020. Diakses melalui www.powderandbulk.com pada 2020.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id pada Oktober 2020.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1954, "Chemical Engineering Cost Estimation, New York, Mc Graw Hill Book Company.
- Don W. Green, Robert H. Perry. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. New York, America. McGraw-Hill.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.

- Cheremisinoff, Nicholas P. 2003. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Couper, R. J., dkk. 2010. *Chemical Process Equipment: Selection and Design 3rd edition*. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, Linacre House, Kidlington, Oxford, UK.
- E. Dotson, Beth. 1990. *Causticizing Reaction Kinetics*. DOW Chemical Company. Los Angeles U.S.A.
- Eonchemicals. *Chemical untuk Cooling Tower dan Cara Menghitung Dosisnya*. <https://www.eonchemicals.com/artikel/chemical-untuk-cooling-tower/>. Diakses pada 10 Desember 2021.
- Fogler, H. Scott. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Foust, S. 1956. *Principles Of Unit Operations 1nd Ed*. John Wiley And Sons, New York.
- Geankoplis, Christie. J. 1983. *Transport Processes and unit Operation 3rd edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Gebbie, Peter 2006, “An Operator's Guide to Water Treatment Coagulants”, 31st Annual Qld Water Industry Workshop - Operations Skills, University Central Queensland – Rockhampton.
- Hill, Charles G. 1977. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

- Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Islam, MD. Shahinoor. 2007. "A Study for Enhancing Yield of Caustic Soda in Causticization Reaction for Industrial Application" Thesis. Dhaka: Bangladesh University of Engineering and Technology.
- Kelley, K. K. 1960. High-Temperature Heat-Content, Heat-Capacity, and Entropy Data for the Elements and Inorganic Compounds. Washington, America. U.S. Govt.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Matches. 2020. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. Diakses melalui www.matche.com pada 15 November 2020.
- McCabe, W. L. and Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga, Jakarta.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 10112, Calcium carbonate. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-carbonate>. Diakses pada 5 Mei, 2021.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 6093208, Slaked lime. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Slaked-lime>. Diakses pada 5 Mei, 2021.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 10340, Sodium carbonate. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-carbonate>. Diakses pada 5 Mei, 2021.

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 14798, Sodium hydroxide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-hydroxide>. Diakses pada 5 Mei, 2021.

Peters and Timmerhaus. 2008. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering 8th Edition*, McGraw Hill Book Co. Inc. New York.

Smith, J. M., H.C. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Twort, Alan C., Ratnayaka, Don D., and Brandt, Malcolm J., 2006. *Water Supply 5th Edition* . Butterworth-Heinemann, UK

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann: Washington.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co., NewYork