

**PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DARI  
NATRIUM KARBONAT (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) DAN KALSIUM HIDROKSIDA  
(Ca(OH)<sub>2</sub>) DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN  
Perancangan Evaporator (EV-301)**

(Skripsi)

Oleh

**Alfian Darmawan  
1615041010**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DARI NATRIUM KARBONAT (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) DAN KALSIUM HIDROKSIDA (Ca(OH)<sub>2</sub>) KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN (Perancangan Evaporator (EV-301))

Oleh

ALFIAN DARMAWAN

Pabrik Natrium Hidroksida (NaOH) dari Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>), akan didirikan di Kota Solo, Jawa Tengah. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik ini direncanakan memproduksi Natrium Hidroksida sebanyak 35.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>).

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik Natrium Hidroksida terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan udara instrument, *steam*, pengadaan listrik dan pengolahan limbah. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 198 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 717.088.806.862
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 126.545.083.564
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 843.633.890.426
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 35,25 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 20,99 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 1,33 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 1,61 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 55,57 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 44,46 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 28,66 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Natrium Hidroksida ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang lebih baik.

## ABSTRACT

### **PREDESIGN NATRIUM HYDROXIDE (NaOH) FACTORY FROM NATRIUM CARBONATE (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) AND CALSIUM HYDROXIDE (Ca(OH)<sub>2</sub>) WITH 35.000 TON/YEAR CAPACITIES (Evaporator Modeling (EV-301))**

By

**ALFIAN DARMAWAN**

Natrium Hidroksida Industri (NaOH) dari Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) akan didirikan di Solo, Jawa Timur. Industri ini didirikan dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, transportasi yang tepat, mudah mencari tenaga kerja, dan kondisi lingkungan.

Industri ini direncanakan untuk memproduksi 35.000 ton/jam Natrium Hidroksida dengan 24 jam dan 330 hari operasional. Bahan baku yang digunakan adalah Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>).

Persediaan kebutuhan utilitas dari Natrium Hidroksida Industri terdiri dari unit pasokan air, instrumen pasokan uap, pasokan tenaga listrik, dan manajemen limbah. Bentuk perusahaan ini adalah PT (Perseroan Terbatas) dengan struktur garis dan staf dan jumlah karyawan adalah 198 orang.

Dari analisis ekonomi yang diperoleh :

Fixed Capital Investment	(FCI)	=	Rp 717.088.806.862
Working Capital Investment	(WCI)	=	Rp 126.545.083.564
Total Capital Investment	(TCI)	=	Rp 843.633.890.426
Break Even Point	(BEP)	=	35,25 %
Shut Down Point	(SDP)	=	20,99 %
Pay Out Time before taxes	(POT) <sub>b</sub>	=	1,33 years
Pay Out Time after taxes	(POT) <sub>a</sub>	=	1,61 years
Return on Investment before taxes	(ROI) <sub>b</sub>	=	55,57 %
Return on Investment after taxes	(ROI) <sub>a</sub>	=	44,46 %
Discounted cash flow	(DCF)	=	28,66 %

Mempertimbangkan ringkasan di atas, pendirian pabrik Natrium Hidroksida ini dipelajari lebih lanjut, karena ini adalah pabrik yang menguntungkan dan memiliki masa depan yang lebih baik.

**LEMBAR PENGESAHAN**

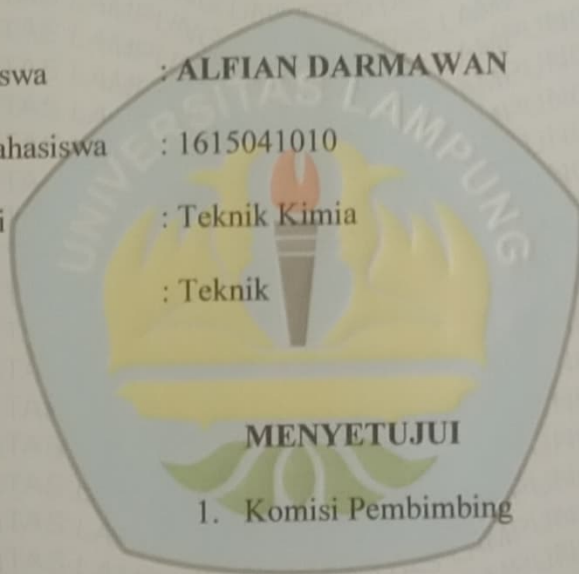
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM  
HIDROKSIDA (NaOH) DARI NATRIUM  
KARBONAT (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) DAN KALSIUM  
HIDROKSIDA (Ca(OH)<sub>2</sub> DENGAN DENGAN  
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN  
(Perancangan Evaporator (EV-301))**

Nama Mahasiswa : **ALFIAN DARMAWAN**

No. Pokok Mahasiswa : 1615041010

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

**Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.**  
NIP 19661111 199402 2 001

**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP 19740712 200003 2 001

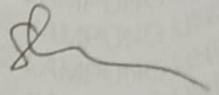
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP 19740712 200003 2 001

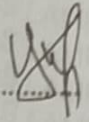
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Simparkin Br. Ginting, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Yuli Darni, S.T., M.T.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.**



**Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Januari 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Januari 2023



**Alfian Darmawan**  
NPM. 1615041010

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung, pada tanggal 16 Maret 1998, sebagai anak tunggal, dari pasangan Bapak Abdul Rizon dan Ibu Ernizar. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar Negeri 5 pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Terbanggi Besar pada tahun 2016.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) 2016.

Pada tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Pertamina, Plaju (Sumatera Selatan) dengan Tugas Khusus “”. Selanjutnya, pada tahun 2020 penulis melakukan penelitian dengan judul “ “ yang dilakukan di Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung pada bulan 2022.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2017-2018 sebagai Staff Departemen Media Informasi Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selanjutnya, pada periode 2018-2019 sebagai Staff Departemen Media Informasi Himatemia.

## *Motto Dan Persembahan*

وَلَا تَأْيِسُوا مِنْ رَحْمَةِ اللَّهِ

*"dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah."*

*(Surat Yusuf: 87)*



# *Sebuah Karya Kecilku...*

*Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang yang tidak pernah berakhir.*

*Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku selama kuliah di Teknik Kimia Universitas Lampung. Semua cerita hidup ini, semua akan ku simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku sebagai tanda hormatku, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,  
Universitas Lampung  
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Natrium Hidroksida (NaOH) dari Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan Kalsium Hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dengan Kapasitas 35.000 Ton /Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (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. Ibu Yuli Darni., S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Ibu Yuli Darni., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng, sebagai Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.

5. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
7. Orangtuaku tercinta, Ibu dan Ayah terimakasih atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Terimakasih atas segala semangat dan dukungan yang diberikan selama ini baik secara moril maupun material yang tidak akan pernah terbalaskan oleh penulis.
8. Teman – teman seperjuangan angkatan 2016 Teknik Kimia, kakak – kakak, serta adik – adik angkatan yang tidak disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuan dan doa kalian semua. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 11 Januari 2023

Penulis,

Alfian Darmawan

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
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 Konsumsi Natrium Hidroksida di Indonesia.....	6
4. Data Produksi Natrium Hidroksida di Indonesia.....	7
1.4. Lokasi Pabrik.....	8
<b>BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES</b>	
2.1 Macam-Macam Proses .....	11
2.1.1 Proses Elektrolisis .....	11
2.1.2 Proses Continous Causticizing .....	11
2.2 Pemilihan Proses.....	12
2.2.1 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi ....	12
2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs .....	15
2.2.3 Tinjauan Ekonomi .....	17
2.3 Uraian Proses .....	21

### **BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

3.1. Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk .....	23
3.1.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	23
3.1.2. Spesifikasi Bahan Produk .....	24

### **BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI**

4.1 Neraca Massa.....	25
1. <i>Dissolving Tank</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (DT-101).....	26
2. <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) <sub>2</sub> (DT-102).....	26
3. <i>Heater</i> (HE-101).....	26
4. <i>Heater</i> (HE-102).....	27
5. <i>Heater</i> (HE-103).....	27
6. <i>Reaktor CSTR</i> .....	27
7. <i>Filter</i> (RF-301) .....	28
8. <i>Rotatry Dryer</i> (RD-301) .....	28
9. <i>Evaporator</i> .....	29
10. <i>Crystallizer 1</i> (CR-101).....	30
11. <i>Centrifuge 1</i> (CE-301).....	30
12. <i>Rotatry Dryer 2</i> (RD-302) .....	30
13. <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-301).....	31
4.2 Neraca Energi .....	31
1. <i>Dissolving Tank</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (DT-101).....	32
2. <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) <sub>2</sub> (DT-101) .....	32
3. <i>Heater</i> (HE-101).....	32
4. <i>Heater</i> (HE-102).....	33
5. <i>Heater</i> (HE-103).....	33
6. <i>Reaktor CSTR</i> .....	33
7. <i>Rotary Dryer</i> (RD-301) .....	34
8. <i>Evaporator</i> .....	35
9. <i>Crystallizer 1</i> (CR-301).....	35
10. <i>Rotary Dryer</i> (RD-302) .....	36

## BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. <i>Hopper</i> (HP-01).....	37
2. <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101) .....	37
3. <i>Bucket Elevator</i> (BE-101) .....	38
4. <i>Dissolving Tank</i> (DT-101) .....	38
5. Pompa Proses (PP-101) .....	39
6. <i>Hopper</i> ( HP–102 ) .....	40
7. <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	40
8. <i>Bucket Elevator</i> (BE-102) .....	41
9. <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	41
10. Pompa Proses (PP-102) .....	42
11. <i>Heater</i> (HE-101).....	43
12. Pompa Proses (PP-103) .....	44
13. <i>Heater</i> (HE-102).....	44
14. Pompa Proses (PP-104) .....	45
15. Reaktor Tangki Berpengaduk (RE – 201).....	46
16. Pompa Proses (PP-105) .....	47
17. Reaktor Tangki Berpengaduk (RE – 202).....	48
18. Pompa Proses (PP-106) .....	49
19. <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-301) .....	49
20. <i>Screw Conveyor</i> (SC-103).....	50
21. <i>Bucket Elevator</i> (BE-103) .....	51
22. <i>Rotary Dryer</i> ( RD – 301 ).....	51
23. <i>Screw Conveyor</i> (SC-104).....	52
24. <i>Bucket Elevator</i> (BE-103) .....	52
25. <i>Hopper</i> ( HP–103 ) .....	53
26. Pompa Proses (PP-107) .....	53
27. <i>Evaporator</i> (EV-301) .....	54
28. <i>Evaporator</i> (EV-302) .....	54
29. Pompa Proses (PP-108) .....	55
30. <i>Crystallizer Tank</i> (CR – 301) .....	55
31. Pompa Proses (PP-109) .....	56

32. <i>Centrifuge</i> (CE-301).....	57
33. Pompa Proses (PP-110).....	57
34. <i>Heater</i> (HE-103).....	58
35. Pompa Proses (PP-111).....	59
36. <i>Screw Conveyor</i> (SC-105).....	60
37. <i>Bucket Elevator</i> (BE-105).....	60
38. <i>Rotary Dryer</i> ( RD – 302 ).....	61
39. <i>Screw Conveyor</i> (SC-106).....	61
40. <i>Bucket Elevator</i> (BE-106).....	62
41. <i>Hopper</i> ( HP–104).....	62
42. Bak Sedimentasi (BS – 401).....	63
43. Bak Penggumpal (BP – 401).....	63
44. <i>Clarifier</i> (CL – 401).....	64
45. <i>Sand Filter</i> (SF – 401).....	64
46. Tangki Air Filter (ST – 401).....	65
47. Cation Exchanger (CE – 401).....	65
48. Anion Exchanger (AE – 401).....	66
49. Tangki Air Demin (ST – 409).....	67
50. Daerator (DA – 401).....	67
52. <i>Boiler</i> (BO – 401).....	68
53. Tangki Air Kondensat (ST – 403).....	68
54. Tangki Bahan Bakar Boiler (ST – 404).....	69
55. Pompa Utilitas (PU-401).....	70
56. Pompa Utilitas (PU-402).....	70
57. Pompa Utilitas (PU-403).....	71
58. Pompa Utilitas (PU-404).....	72
59. Pompa Utilitas (PU-405).....	72
60. Pompa Utilitas (PU-406).....	73
61. Pompa Utilitas (PU-407).....	73
62. Pompa Utilitas (PU-408).....	74
63. Pompa Utilitas (PU-409).....	75
64. Pompa Utilitas (PU-410).....	75

65. Pompa Utilitas (PU-411) .....	76
65. Pompa Utilitas (PU-412) .....	77
66. <i>Cyclone</i> (CY – 401).....	77
67. <i>Air Dryer</i> (AD – 401) .....	78
68. <i>Air Compressor</i> (AC – 401) .....	78
69. <i>Blower</i> 1 (BU – 401) .....	79
70. <i>Blower</i> 2 (BU – 402) .....	79
71. <i>Blower</i> 3 (BU – 403) .....	79
72. <i>Blower</i> 4 (BU – 404) .....	79
73. <i>Blower</i> 5 (BU – 405) .....	80
74. <i>Blower</i> 6 (BU – 406) .....	80
75. Generator Listrik (GS-401) .....	80

## **BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1 Unit Penyediaan Air.....	81
6.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	93
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	94
6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	95
6.5 Unit Penyediaan Udara .....	95
6.6 Unit Pengolahan Limbah .....	95
6.7 Laboratorium dan Pengendalian Proses .....	96
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	99

## **BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

7.1 Lokasi Pabrik .....	101
7.2 Tata Letak Pabrik.....	103

## **BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

8.1 Latar Belakang.....	108
8.2 Struktur Organisasi .....	110
8.3 Tugas dan Wewenang.....	112
8.3.1 Pemegang Saham .....	112



8.3.2 Dewan Komisaris .....	113
8.3.3 Dewan Direksi.....	113
8.3.4 Staf Ahli .....	114
8.3.5 Penelitian dan Pengembangan (Litbang) .....	114
8.3.6 Kepala Bagian .....	115
8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	118
8.4.1 Karyawan <i>non shift</i> / harian .....	118
8.4.2 Karyawan Shift.....	119
8.5 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	120
8.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan Dan Gaji.....	121
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	126
8.8 Manajemen Perusahaan .....	127
8.8.1 Perencanaan Produksi .....	127
8.8.2 Pengendalian Produksi .....	129

## **BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1 Investasi .....	133
1. <i>Fixed Capital Investment</i> (Modal Tetap) .....	133
2. <i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja).....	134
3. <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....	135
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	137
9.3 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF) .....	139

## **BAB X KESIMPULAN DAN SARAN**

10.1 Kesimpulan.....	141
10.2 Saran .....	141

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Data Impor Natrium Hidroksida di Indonesia .....	4
1.2 Data Ekspor Natrium Hidroksida di Indonesia .....	5
1.3 Data Konsumsi Natrium Hidroksida di Indonesia .....	6
2.1 $\Delta H^\circ$ Senyawa pada Proses Elektrolisis .....	13
2.2 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Elektrolisis .....	13
2.3 $\Delta H^\circ$ Senyawa pada Proses Causticizing .....	14
2.4 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Causticizing .....	14
2.5 $\Delta G^\circ$ Senyawa pada Proses Elektrolisis .....	16
2.6 $\Delta G^\circ$ Senyawa pada Proses Causticizing .....	16
2.7 Harga Komponen pada Proses Causticizing .....	17
2.8 Harga Komponen pada Proses Elektrolisis .....	19
2.9 Perbandingan Proses Elektrolisis dan Causticizing .....	21
4.1. Neraca Massa <i>Dissolving Tank</i> $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (DT-101) .....	26
4.2. Neraca Massa <i>Dissolving Tank</i> $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (DT-102) .....	26
4.3. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-101) .....	26
4.4. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-102) .....	27
4.4. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-103) .....	27
4.5. Neraca Massa <i>Reaktor CSTR</i> (RE-201) .....	27
4.6. Neraca Massa <i>Reaktor CSTR</i> (RE-202) .....	28
4.7. Neraca Massa <i>Rotary Filter</i> (RF-301) .....	28
4.8. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-301) .....	28
4.10. Neraca Massa <i>Evaporator Effect 1</i> (EV-301) .....	29
4.11. Neraca Massa <i>Evaporator Effect 2</i> (EV-302) .....	29
4.12. Neraca Massa <i>Crystallizer 1</i> (CR-101) .....	30
4.13. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CE-301) .....	30

4.28. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> 2 (RD-302) .....	30
4.29. Neraca Massa <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-301).....	31
4.30. Neraca Panas <i>Dissolving Tank</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (DT-101).....	32
4.31. Neraca Panas <i>Dissolving Tank</i> Ca(OH) <sub>2</sub> (DT-101) .....	32
4.32. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101) .....	32
4.33. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102) .....	33
4.33. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102) .....	33
4.34. Neraca Panas <i>Reaktor CSTR</i> (RE-201) .....	33
4.35. Neraca Panas <i>Reaktor CSTR</i> (RE-202).....	34
4.36. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-301) .....	34
4.37. Neraca Panas <i>Evaporator Effect 1</i> (EV-301) .....	35
4.38. Neraca Panas <i>Evaporator Effect 2</i> (EV-302).....	35
4.39. Neraca Panas <i>Crystallizer 1</i> (CR-301) .....	35
4.43. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-302).....	36
5.1. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-01) .....	37
5.2. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101).....	37
5.3. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	38
5.4. Spesifikasi <i>Disolving Tank</i> (DT-101).....	38
5.5. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-101).....	39
5.6. Spesifikasi <i>Hopper</i> ( HP–102 ).....	40
5.7. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	40
5.8. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	41
5.9. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-102) .....	41
5.10. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-102) .....	42
5.11. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101) .....	43
5.12. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-103) .....	44
5.13. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102).....	44
5.14. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-104) .....	45
5.15. Spesifikasi <i>Reaktor Tangki Berpengaduk</i> (RE – 201) .....	46
5.16. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-105) .....	47
5.17. Spesifikasi <i>Reaktor Tangki Berpengaduk</i> (RE – 202) .....	48
5.18. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-106) .....	49

5.19. Spesifikasi <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-301) .....	49
5.20. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-103) .....	50
5.21. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-103).....	51
5.22. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> ( RD – 301 ).....	51
5.23. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-104) .....	52
5.24. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-103).....	52
5.25. Spesifikasi <i>Hopper</i> ( HP–103) .....	53
5.26. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-107) .....	53
5.27. Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-301) .....	54
5.28. Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-302) .....	54
5.29. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-109) .....	55
5.30. Spesifikasi <i>Crystallizer Tank</i> (CR – 301) .....	55
5.31. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-109) .....	56
5.32. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CE-301) .....	57
5.33. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-110) .....	57
5.34. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-103) .....	58
5.35. Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-111) .....	59
5.36. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-105) .....	60
5.37. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-105).....	60
5.38. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> ( RD – 302 ).....	61
5.39. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-106) .....	61
5.40. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-106).....	62
5.41. Spesifikasi <i>Hopper</i> ( HP–106) .....	62
5.42. Spesifikasi <i>Bak Sedimentasi</i> (BS – 401).....	63
5.43. Spesifikasi <i>Bak Penggumpal</i> (BP – 401) .....	63
5.44. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL – 401).....	64
5.45. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF – 401) .....	64
5.46. Spesifikasi <i>Tangki Air Filter</i> (ST – 404).....	65
5.47. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401).....	65
5.48. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401) .....	66
5.49. Spesifikasi <i>Tangki Air Demin</i> (ST – 402) .....	67
5.51. Spesifikasi <i>Daerator</i> (DA – 401).....	67

5.52. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO – 401) .....	68
5.53. Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST – 403) .....	68
5.54. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar <i>Boiler</i> (ST – 404) .....	69
5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401) .....	70
5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402) .....	70
5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403) .....	71
5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404) .....	72
5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405) .....	72
5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406) .....	73
5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407) .....	73
5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408) .....	74
5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409) .....	75
5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410) .....	75
5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411) .....	76
5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412) .....	77
5.67. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY – 401).....	77
5.68. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 401).....	78
5.69. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC – 401) .....	78
5.70. Spesifikasi <i>Blower</i> 1 (BU – 401) .....	79
5.71. Spesifikasi <i>Blower</i> 2 (BU – 402) .....	79
5.72. Spesifikasi <i>Blower</i> 3 (BU – 403) .....	79
5.73. Spesifikasi <i>Blower</i> 4 (BU – 404) .....	79
5.74. Spesifikasi <i>Blower</i> 5 (BU – 405) .....	80
5.75. Spesifikasi <i>Blower</i> 6 (BU – 406) .....	80
5.76. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401) .....	80
6.1. Kebutuhan Air Umum.....	82
6.2. Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i> .....	83
6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	85
6.4. Kebutuhan Air Proses .....	87
6.5. Kebutuhan Air <i>Hidrants</i> /Pemadam Kebakaran .....	87
6.6. Kebutuhan Air Total .....	88
6.7. Spesifikasi Bioetanol.....	97

6.8. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. ....	100
6.9. Pengendalian Variabel Utama Proses .....	100
7.1. Perincian Luas Area Pabrik Bioetanol .....	102
8.1 Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i> .....	120
8.2. Perincian Tingkat Pendidikan .....	121
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat .....	123
8.4 Penggolongan Tenaga Kerja .....	124
8.5 Penggolongan Jabatan.....	130
9.1 Perincian TCI Pabrik Natrium Hidroksida.....	134
9.2 <i>Manufacturing Cost</i> .....	135
9.3 <i>General Expenses</i> .....	136

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Ilustrasi Reaksi Exergonic (kiri) dan Reaksi Endergonic (kanan) .....	15
6.1. Diagram <i>Cooling Water Systems</i> .....	87
6.2. <i>Daerator</i> .....	94
7.1. Pra Rencana Lokasi Pabrik Natrium Hidroksida .....	103
7.2. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung .....	106
7.3. Rencana Perumahan Karyawan .....	107
8.1 Struktur organisasi pabrik Natrium Hidroksida .....	112
9.1 Grafik Analisis Ekonomi Pabrik Natrium Hidroksida .....	139
9.2 Kurva Cummulative Cash Flow Terhadap Umur Pabrik .....	140

## **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-202)



# **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 sintetik 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

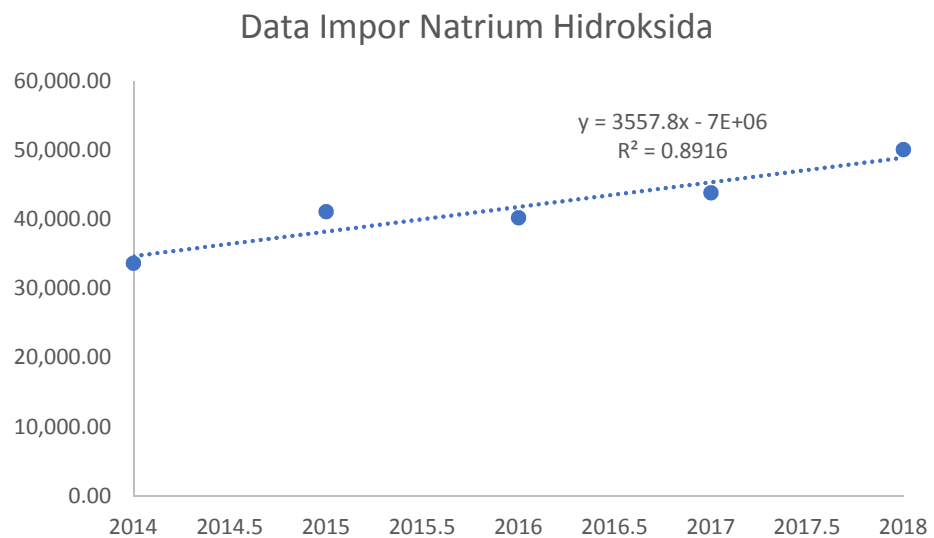
Dari data impor yang diperoleh dari UNdata diketahui bahwa Negara Indonesia masih banyak melakukan kegiatan impor natrium hidroksida, dimana hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut ini :

**Tabel 1.1 Data Impor Natrium Hidroksida di Indonesia**

Tahun	Indonesia (Ton)
2014	33.686,07
2015	41.142,187
2016	40.278,018
2017	43.865,862
2018	50.113,378

Sumber : UNdata, diakses pada 17 Oktober 2020

Berikut ini adalah grafik impor natrium hidroksida di Indonesia :



didapatkan persamaan garis lurus ;

$$y = 3.557,8x - 7.000.000$$

pada tahun 2025 ketika pembuatan pabrik natrium hidroksida diperkirakan impor sebanyak (ton/tahun)

$$\begin{aligned} &= 3.557.8x - 7.000.000 \\ &= 3.557.8(2025) - 7.000.000 \\ &= 204.545 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

dari persamaan yang ada di atas, maka kebutuhan impor natrium hidroksida pada tahun 2025 mencapai 204.545 ton/tahun, sehingga dengan pendirian pabrik natrium hidroksida diharapkan dapat

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

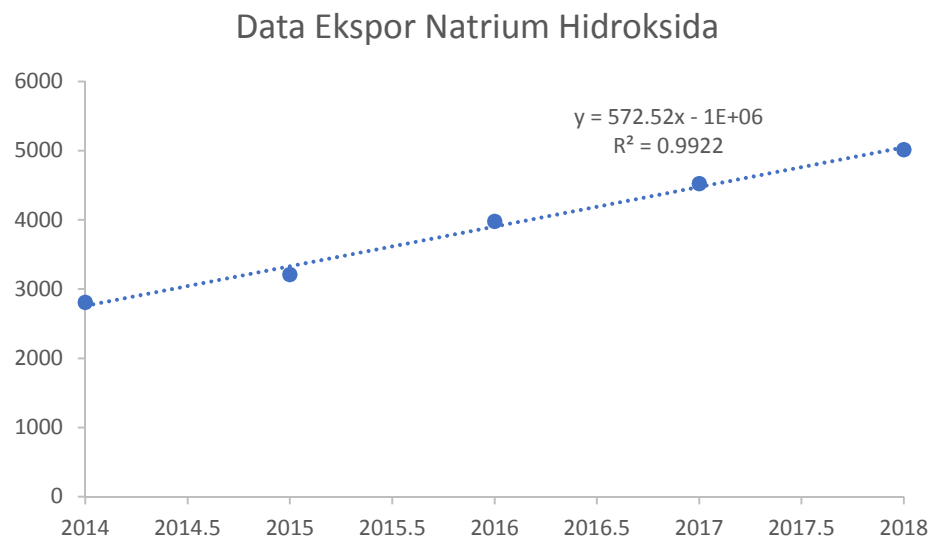
## 2. Data Ekspor

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)
2014	2806,078
2015	3208,867
2016	3975,435
2017	4521,635
2018	5012,306

Berikut ini adalah grafik ekspor natrium hidroksida di Indonesia :



didapatkan persamaan garis lurus ;

$$y = 572,52x - 1.000.000$$

pada tahun 2025 ketika pembuatan pabrik natrium hidroksida diperkirakan ekspor sebanyak (ton/tahun)

$$\begin{aligned}
 &= 572,52x - 1.000.000 \\
 &= 572,52 (2025) - 1.000.000 \\
 &= 159.353
 \end{aligned}$$

dari persamaan yang ada di atas, maka ekspor natrium hidroksida pada tahun 2025 mencapai 159.353 ton/tahun.

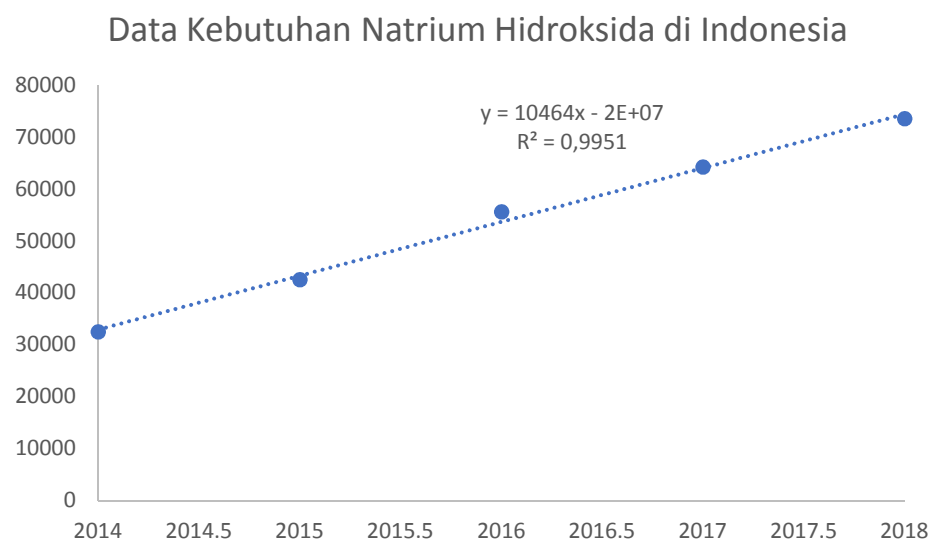
### 3. Data Kebutuhan Natrium Hidroksida di Indonesia

Dari data kebutuhan natrium hidroksida yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS), dapat diketahui bahwa Indonesia membutuhkan natrium hidroksida seperti ditunjukkan pada Tabel 1.3 berikut ini:

**Tabel 1.3 Data Kebutuhan Natrium Hidroksida di Indonesia**

Tahun	Indonesia (Ton)
2014	32497.41
2015	42509.14
2016	55572.8
2017	64120.09
2018	73402.1

Berikut ini adalah grafik kebutuhan natrium hidroksida di Indonesia :



didapatkan persamaan garis lurus ;

$$y = 10.464 x - 20.000.000$$

pada tahun 2025 ketika pembuatan pabrik natrium hidroksida diperkirakan sebanyak (ton/tahun)

$$\begin{aligned} &= 10.464 x - 20.000.000 \\ &= 10.464 (2025) - 20.000.000 \\ &= 1.189.600 \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui pada tahun 2025 jumlah natrium hidroksida dibutuhkan mencapai 1.007.350 ton/tahun.

#### 4. 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.

Dari data diatas, maka dapat ditentukan kapasitas produksi Pabrik Natrium Hidroksida di Indonesia di tahun 2025. Adapun persamaan kapasitas produksi adalah sebagai berikut:

$$KP = (DK) - (DP + DI)$$

Dimana

KP = Kapasitas Produksi pada Tahun 2025

DK = Data Kebutuhan dalam negeri pada Tahun 2025

DP = Data Produksi pada Tahun 2025

DI = Data Impor pada Tahun 2025

$$\begin{aligned} KP &= (DK) - (DP + DI) \\ &= (1.189.600) - (915.000 + 204.545) \text{ ton/tahun} \\ &= 70.055 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Maka dipilih pabrik dengan kapasitas 35.000 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 2025.

#### **1.4. Lokasi Pabrik**

Lokasi dari pabrik sendiri sangatlah menentukan perkembangan dan kemajuan dari suatu pabrik, baik saat memproduksi maupun di masa yang akan datang, sehingga pemilihan dan penempatan lokasi pabrik harus sesuai. Berikut ini beberapa kriteria yang perlu diperhatikan sebagai pertimbangan dalam proses penentuan lokasi pabrik:

##### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan adalah kalsium hidroksida dapat diperoleh dari beberapa pabrik di Indonesia seperti PT Semesta Jaya Abadi dengan kapasitas 245.000 ton/tahun yang letaknya berada di Surabaya atau PT Maju Anugerah Mandiri dengan kapasitas 170.000 ton/tahun yang letaknya berada di Jakarta Selatan. Sedangkan untuk bahan baku natrium karbonat diperoleh dari Penrica Sod. Carbonat Prod. PT, Ltd, Australia.

##### **2. Ketersediaan Utilitas**

Lokasi pabrik didirikan dekat dengan sumber air untuk memenuhi keperluan air dalam proses produksi. (sumber utilitas) Lokasi pabrik perlu juga didirikan dekat dengan pembangkit listrik sebagai tenaga cadangan listrik dipersiapkan pembangkit tenaga listrik (generator set) sebagai pengganti sementara jika terjadi gangguan.

##### **3. Transportasi Umum**

Sarana transportasi dari dan ke lokasi pabrik adalah salah satu faktor penting, (sumber transportasi) hal ini dikarenakan berhubungan dengan distribusi bahan baku, pengadaan peralatan, dan pengiriman produk.



#### 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.

**Tabel 1.4** Perbandingan Kriteria Pemilihan Lokasi Pabrik

No	Kriteria	Daerah		
		Solo	Gresik	Karawang
1	Harga Tanah /m <sup>2</sup>	Rp 2.500.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
2	Sumber Air	Sungai Bengawan Solo (684 m <sup>3</sup> /s)	Sungai Bengawan Solo (684 m <sup>3</sup> /s)	Bendungan Curug (171,08 m <sup>3</sup> /s)
3	Ketersediaan Bahan Baku (Ca(OH) <sub>2</sub> )	PT Semesta Jaya Abadi (264 km)	PT Semesta Jaya Abadi (14,7 km)	PT Maju Anugerah Mandiri (60,8 km)
4	Ketersediaan Bahan Baku (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	PT Penrica Sod. Carbonat Prod. (Australia)	PT Penrica Sod. Carbonat Prod. (Australia)	PT Penrica Sod. Carbonat Prod. (Australia)
5	Transportasi	Pelabuhan Tanjung Mas (108 km) Tol Solo- Kertasono (160,9 km)	Pelabuhan Tanjung Perak (18,6 km) Tol Surabaya- Gresik (11,6 km)	Pelabuhan Karawang Island Internasional (49 km) Tol Karawang Barat (2 km)
6	Pemasaran	Industri Tekstil	Industri Tekstil, Pulp & Paper, Sabun	Industri Tekstil, Pulp & Paper, Sabun
7	UMR	Rp 2.174.169	Rp 4.522.030	Rp. 5.180.000

Dari beberapa pertimbangan kriteria pendirian pabrik dan tabel diatas, lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik NaOH adalah daerah Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan berikut:

1. Lokasi bahan baku yang dekat dengan lokasi pendirian pabrik. Dari tabel 1.4, daerah gresik berlokasi lebih dekat dengan lokasi bahan baku yaitu PT Semesta Jaya Abadi daripada 2 daerah kandidat lokasi pabrik yang lain.
2. Akses transportasi yang cukup dekat baik transportasi darat (Tol) maupun transportasi air (Pelabuhan). Dari tabel 1.4, daerah gresik berada dekat dengan Pelabuhan Tanjung Perak dan jarak antara pelabuhan dan lokasi pabrik lebih dekat daripada 2 lokasi yang lain yakni 18,6 km. Untuk transportasi darat, daerah karawang lebih dekat dengan Tol Karawang Barat yaitu sejauh 2 km daripada daerah gresik (Tol Surabaya-Gresik sejauh 11,6 km) dan daerah solo (Tol Solo-Kertosono sejauh 160,9 km), akan tetapi daerah karawang berada cukup jauh dari Pelabuhan Karawang Island Internasional yaitu sejauh 49 km. Dengan mempertimbangkan 2 akses transportasi yang akan digunakan, daerah gresik dipilih karena lokasi 2 akses transportasi (pelabuhan dan tol) cukup dekat dengan lokasi pabrik.
3. Memiliki sumber air yang memenuhi kebutuhan pabrik. Daerah Gresik dan daerah solo memiliki sumber air yang sama yaitu Sungai Bengawan Solo yang debit airnya lebih besar daripada sumber air di daerah Karawang. Walau daerah gresik dan daerah solo memiliki sumber air yang sama, daerah gresik dipilih karena mempertimbangkan poin-poin sebelumnya.

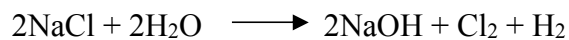
## **BAB II**

### **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 H<sub>2</sub>O 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 dapat merusak proses elektrolitik. Lalu arus listrik dialirkan ke larutan garam agar terbentuk ion Na<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> yang mana kedua ion tersebut akan bereaksi menjadi NaOH. Proses elektrolisis diatas berlangsung pada suhu 90°C dan konversi reaksi yang terjadi sebesar 26% terhadap NaCl (O'Brien, 2005).

##### **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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dilarutkan terlebih dahulu, lalu kedua larutan tersebut diumpungkan kedalam reactor.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  direaksikan dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  untuk membentuk  $\text{NaOH}$  dan  $\text{CaCO}_3$ . Reaksi yang terjadi di dalam reactor adalah sebagai berikut:



Pada proses causticizing, reaksi berlangsung pada suhu  $90^\circ\text{C}$  dan konversi reaksi sebesar 94% terhadap  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Islam, 2008).

## 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 ( $\Delta H$ ) menunjukkan jumlah kalor yang dihasilkan ataupun dibutuhkan.

$\Delta H$  yang bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan sejumlah panas dari lingkungan agar reaksi berlangsung. Oleh karena itu, semakin besar nilai  $\Delta H$ , 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  $\Delta H$  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 pembentukan standar  $\Delta H_f$  pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298.15 \text{ K}$ .

### Proses Elektrolisis

$$T = 368 \text{ K}; T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$$

**Tabel 2.1  $\Delta H^\circ$  Senyawa pada Proses Elektrolisis**

Zat Kimia	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
NaCl	-411.2000
H <sub>2</sub> O	-285.8000
NaOH	-425.6000
H <sub>2</sub>	0
Cl <sub>2</sub>	0

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

$$\Delta H_{298}^\circ = \sum \nu \Delta H_{\text{produk}}^\circ - \sum \nu \Delta H_{\text{reaktan}}^\circ$$

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

**Tabel 2.2 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Elektrolisis**

Komponen	Koefisien	A	B	C	D
NaCl	2	10.9800	3.9000E-03	-	-
H <sub>2</sub> O	2	8.71200	1.2500E-03	-0.1800E-06	-
NaOH	2	0.2400	3.2420E-02	-	3.8700E05
H <sub>2</sub>	1	6.5200	0.7800E-02	-	1.200E04
Cl <sub>2</sub>	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)

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

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

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

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

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

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

### Proses Causticizing

$$T = 363 \text{ K}; T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$$

**Tabel 2.3  $\Delta H^{\circ}$  Senyawa pada Proses Causticizing**

Zat Kimia	$\Delta H^{\circ}$ (kJ/mol)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-1130.7000
Ca(OH) <sub>2</sub>	-985.2000
NaOH	-425.6000
CaCO <sub>3</sub>	-1207.6000

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

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \sum \nu \Delta H_{\text{produk}}^{\circ} - \sum \nu \Delta H_{\text{reaktan}}^{\circ}$$

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

**Tabel 2.4 Koefisien Regresi untuk Senyawa pada Proses Causticizing**

Komponen	Koefisien	A	B	C	D
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	27.1300	1.5620E-02	-	-4.7800E05
Ca(OH) <sub>2</sub>	1	19.0700	1.0800E-02	-	-
NaOH	2	0.2400	3.2420E-02	-	3.8700E05
CaCO <sub>3</sub>	1	24.98	5.2400E-03	-	-6.200E05
Produk-Reaktan		-20.9800	4.3700E-02	-	6.3200E05

(Sumber : K.K Kelley, 1960)

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

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

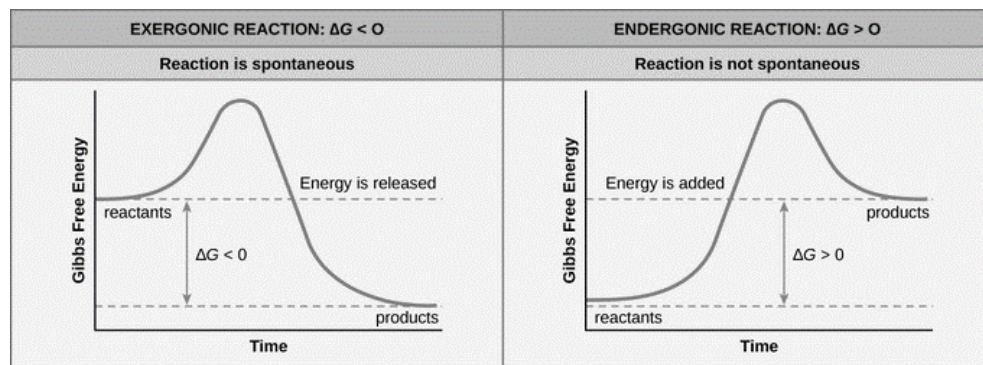
$$\Delta H_{363}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} + R \int_{T_{\text{ref}}}^T \frac{C_p}{R} dT$$

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

$$\Delta H_{363}^{\circ} = 57.0984 \text{ kJ/mol}$$

### 2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia.  $\Delta G$  yang bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi kimia yang terjadi tidak dapat berlangsung spontan, sehingga memerlukan energi tambahan dari lingkungan. Reaksi yang nilai  $\Delta G$  positif disebut reaksi endergonic. Lalu  $\Delta G$  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  $\Delta G$  negatif disebut reaksi exergonic.



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

Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif nilai  $\Delta G$ , 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.

**Proses Elektrolisis**

$$T = 368 \text{ K}; T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$$

**Tabel 2.5  $\Delta G^\circ$  Senyawa pada Proses Elektrolisis**

Zat Kimia	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)
NaCl	-384.1000
H <sub>2</sub> O	-237.1000
NaOH	-419.2000
H <sub>2</sub>	0
Cl <sub>2</sub>	0

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

$$\Delta G_{298}^\circ = \sum v \Delta G_{\text{produk}}^\circ - \sum v \Delta G_{\text{reaktan}}^\circ$$

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

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

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

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

**Proses Causticizing**

$$T = 363 \text{ K}; T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$$

**Tabel 2.6  $\Delta G^\circ$  Senyawa pada Proses Causticizing**

Zat Kimia	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-1044.4000
Ca(OH) <sub>2</sub>	-897.5000
NaOH	-419.2000
CaCO <sub>3</sub>	-1129.1000

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

$$\Delta G_{298}^\circ = \sum v \Delta G_{\text{produk}}^\circ - \sum v \Delta G_{\text{reaktan}}^\circ$$

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



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

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

$$- (-0.0018)$$

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

### 2.2.3 Tinjauan Ekonomi

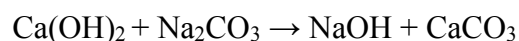
Tinjauan ekonomi sendiri memiliki tujuan untuk mengetahui keuntungan yang dapat diperoleh oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing proses yang akan digunakan.

#### a) Proses Caustisizing

**Tabel 2.7 Harga Komponen pada Proses Caustisizing**

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

Reaksi yang terjadi:



Basis = 1 kg NaOH (caustic soda)

BM NaOH = 40 g/mol

BM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 105,988 g/mol

BM Ca(OH)<sub>2</sub> = 74,093 g/mol

BM CaCO<sub>3</sub> = 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 %

Reaksi	$\text{Ca(OH)}_2$	+	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\rightarrow$	$2\text{NaOH}$	+	$\text{CaCO}_3$
Mula-mula	12,58		12,58		-		-
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 :

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

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

$$\begin{aligned}\text{Na}_2\text{CO}_3 &= 0,08 \text{ mol} \times \frac{105,988 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 0,0084 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ca(OH)}_2 &= 0,08 \text{ mol} \times \frac{74,093 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 0,0059 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan peramaan nerikut ini:

$$\begin{aligned}\text{EP} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= (1 \times 1,5) - (1,333 \times 0,2 + 0,932 \times 0,15) \\ &= 1,5 - 0,4064 \\ &= 1,0936 \text{ \$/kg} \\ &= 1,0936 \text{ \$/kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 35000 \text{ ton/tahun} \\ &= 38.276.000 \text{ \$/tahun} \text{ (1\$ = Rp. 14711.00 )} \\ &= \text{Rp } 563.078.236.000.00 \text{ /tahun}\end{aligned}$$

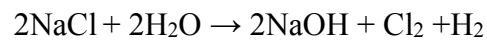
Harga bahan baku total adalah  
 = 0,4064 \$/kg (1\$ = Rp 14711.00)  
 = Rp 5978,55/kg

## b) Proses Elektrolisis

**Tabel 2.8 Harga Komponen pada Proses Elektrolisis**

	Komponen	Rumus Kimia	\$/Kg
<b>Bahan Baku</b>	Natrium Klorida	NaCl	0,25
	Air	H <sub>2</sub> O	0
<b>Produk</b>	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 H<sub>2</sub>O = 18 g/mol

BM Cl<sub>2</sub> = 84,93 g/mol

BM H<sub>2</sub> = 2 g/mol

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

$$= \frac{1000 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}}$$

$$= 25 \text{ mol}$$

Konversi = 26%

Reaksi	2NaCl	+	2H <sub>2</sub> O	→	2NaOH	+	Cl <sub>2</sub>	+	H <sub>2</sub>
Mula-mula	96		96		-		-		-
Bereaksi	25		25		25		12,5		12,5
Sisa	71		71		25		12,5		12,5

Maka :

Jumlah Reaktan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{NaCl} &= 96 \text{ mol} \times \frac{58,44 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 5,6102 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 96 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1,7280 \text{ kg} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{EP} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Natrium Hidroksida} - (\text{Natrium Klorida} + \text{Air}) \\ &= (1 \times 1,5) - (5,6102 \times 0,132 + 3,456 \times 0) \\ &= 1,5 - 0,74 \\ &= 0,76 \text{ \$/kg} \\ &= 0,76 \text{ \$/kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 35000 \text{ ton/tahun} \\ &= 700.000 \text{ \$/tahun} \quad (1\$ = \text{Rp. } 14711.00) \\ &= \text{Rp } 26.600.000.000.00/\text{tahun} \end{aligned}$$

Harga bahan baku total adalah

$$\begin{aligned} &= 0,74 \text{ \$/kg} \quad (1\$ = \text{Rp } 14711.00) \\ &= \text{Rp } 10.886,18/\text{kg} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel perbandingan proses dilihat dari aspek yang dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan proses.

**Tabel 2.9 Perbandingan Proses Elektrolisis dan Causticizing**

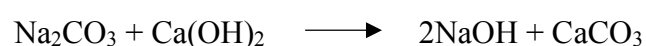
	<b>Elektrolisis</b>	<b>Causticizing</b>
<b>Suhu Reaksi</b>	90°C	90°C
<b>Konversi</b>	26% (terhadap NaCl)	96% (terhadap Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
<b>Enthalpy</b>	271.4075 kJ/mol (Reaksi endotermis)	57.0984 kJ/mol (Reaksi endotermis)
<b>Gibbs Energy</b>	435.1203 kJ/mol (Reaksi tidak spontan)	-45.0259 KJ/mol (Reaksi spontan)
<b>Keuntungan</b>	Rp 26.600.000.000.00/tahun	Rp 563.078.236.000.00/tahun

Dilihat dari tabel 2.9 di atas, maka proses yang dipilih adalah proses Caustizing dengan pertimbangan:

1. Dari segi ekonomi, proses caustizing dapat menghasilkan keuntungan kasar yang lebih besar daripada proses elektrolisis.
2. Dari segi termodinamika, proses caustizing lebih efisien karena energi yang dibutuhkan lebih rendah

### 2.3 Uraian Proses

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ditampung dalam tangki bahan baku dan akan dialirkan menggunakan Belt Conveyor dan Hopper menuju tangki pelarutan. Di dalam tangki pelarutan ditambahkan pula air sehingga yang akan kadar Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menjadi 20% berat total larutan. Setelah itu larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tersebut dipompa masuk Reaktor Causticizer. Ca(OH)<sub>2</sub> ditampung dalam tangki bahan baku dan akan dialirkan menggunakan Belt Conveyor dan Hopper menuju tangki pelarutan. Setelah itu larutan Ca(OH)<sub>2</sub> tersebut dipompa masuk Reaktor Causticizer.. Suhu umpan masuk Reaktor Causticizer 90°C dan 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan bantuan Screw Conveyor masuk ke Rotary Dryer untuk menguapkan air yang terikat dalam  $\text{CaCO}_3$ .

## **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 :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Wujud : Padatan
- Berat Molekul : 105,988 g/mol
- Titik didih normal : 1600 °C
- Titik leleh normal : 851°C
- Densitas : 2,54 g/cm<sup>3</sup>
- Kemurnian : 99,55%
- Larut dalam air
- Tidak korosif

###### *Calcium Hydroxide*

###### a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia :  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Wujud : Padatan
- Berat Molekul : 74,093 g/mol
- Densitas : 2,21 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih : 2850 °C
- Titik leleh : 580 °C
- Kemurnian : 98%

- Larut dalam air dan gliserol
- Korosif

(Perry, 1997 ; Kirk dan Othmer, 1991)

### 3.1.2. Spesifikasi Bahan Produk

#### *Sodium 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/cm<sup>3</sup>
- Kemurnian : 98%
- Korosif
- Larut dalam air

(Kirk dan Othmer, 1991 ; Yaws, 1999)

#### *Calcium Carbonate*

##### a. Sifat Fisis dan Sifat Kimia

- Rumus Kimia : CaCO<sub>3</sub>
- Wujud : Padatan
- Berat molekul : 100,09 g/mol
- Densitas : 2,8 g/cm<sup>3</sup>
- Titik leleh : 825 °C
- Kemurnian : 99,5%
- Tidak larut dalam air dan alkohol
- 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 dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses utama yang digunakan adalah *caustisizing* 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 45,35%.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,58 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 34,97%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,97%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20-30 %.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DFC) sebesar 19,14% 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 35.000 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. Kementrian Kementarian Perindustrian. Diakses pada 2020.
- Anonim. 2020. Diakses melalui <https://indexmundi.com> pada 2020.
- Anonim. 2020. Diakses melalui [www.powderandbulk.com](http://www.powderandbulk.com) pada 2020.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://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* 4<sup>th</sup> edition. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Couper, R. J., dkk. 2010. *Chemical Process Equipment: Selection and Design* 3<sup>rd</sup> 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 4<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Foust, S. 1956. *Principles Of Unit Operations 1<sup>nd</sup> Ed*. John Wiley And Sons, New York.
- Geankoplis, Christie. J. 1983. *Transport Processes and unit Operation 3<sup>rd</sup> edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Gebbie, Peter 2006, “An Operator's Guide to Water Treatment Coagulants”, 31<sup>st</sup> 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 2<sup>nd</sup> edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Matches. 2020. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. Diakses melalui [www.matche.com](http://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 8<sup>th</sup> Edition*, McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
- Smith, J. M., H.C. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.
- Twort, Alan C., Ratnayaka, Don D., and Brandt, Malcolm J., 2006. *Water Supply 5<sup>th</sup> 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