

**PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA
DARI NATRIUM KLORIDA DENGAN KAPASITAS
75.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Kemal Imam Azhari

Nama : Faiz Hakim Albana

NIM : 18521151

NIM : 18521178

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERSYARATAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Kami yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Kemal Imam Azhari

Nama : Faiz Hakim Albana

NIM : 18521151

NIM : 18521178

Yogyakarta, 15 November 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Kemal Imam Azhari

NIM.18521151



Faiz Hakim Albana

NIM. 18521178

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM *HYDROXIDE* DARI NATRIUM
KLORIDA DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

	
Oleh :	
Nama : Kemal Imam Azhari	Nama : Faiz Hakim Albana
NIM : 18521151	NIM : 18521178
Yogyakarta, 15 November 2022	
Pembimbing I	Pembimbing II
	
Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.	Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI NATRIUM KLOORIDA DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : **Kemal Imam Azhari** Nama : **Faiz Hakim Albana**

NIM : **18521151** NIM : **18521178**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta,

Tim Penguji,

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ketua

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota I

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

LEMBAR PERSEMBAHAN I

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya yaitu Bapak Muhammad dan Ibu Nurhayati serta adik-adik saya yaitu Ananda Rizki Amalia dan Nadia Nur Safira yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Terimakasih telah berjuang dan berkorban demi masa depan anak yang lebih baik agar selalu berbakti, bermanfaat, dan dapat membahagiakan suatu hari nanti.

Terimakasih kepada Ibu Ifa Puspasari, ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng. selaku dosen Pembimbing II. Terimakasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Terimakasih kepada partner saya Faiz Hakim Albana karena telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra-rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Terimakasih juga untuk teman-teman teknik kimia, sahabat yang selalu membantu dikala kesulitan dalam mengerjakan. Maaf kalau selama ini suka ilang-ilangan karena terdapat berberapa hal yang tidak bisa saya sampaikan disini walaupun sebenarnya saya sangat ingin terus berkumpul dengan teman-teman

semuanya. Semoga kita semua kedepannya dapat dipertemukan kembali dan memperbaiki kembali relasi yang selama ini telah pudar. Saya akan selalu mendoakan yang terbaik untuk kalian semua dan sukses terus.

Eh jangan lupa dong follow IG ku @kemal_azhr. Untuk adik-adik 19, 20 dan seterusnya bisa follow juga ya apalagi yang ciwi-ciwi dan pastinya auto follback dong hehe.

Kemal Imam Azhari
Tekkim 18 UII

LEMBAR PERSEMBAHAN II

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, Ya Allah, Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya kepada saya untuk bisa mencari berkah didalam menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan pembelajaran akhir di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya Bapak Solikhun dan Ibu Hartuti, serta kakak-kakak saya Mas Rofiq dan Mbak Dita dan juga adik saya Ana yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Hanya ada kata terimakasih yang dapat membalas untuk saat ini karena telah berjuang dan berkorban dari segi materiil atau immaterial demi masa depan anak yang lebih baik serta selalu berbakti, bermanfaat, dan dapat membahagiakan suatu hari nanti.

Terimakasih kepada Ibu Ifa Puspasari, ST., M.Eng., Ph.D. Selaku dosen pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing II yang selalu sabar dalam membimbing kami dan mendorong kami agar menyelesaikan tugas akhir ini serta memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada kami dan berharap ilmu yang diberikan bisa bermanfaat juga untuk orang lain.

Terimakasih juga kepada partner seperjuangan dalam pembuatan TA yaitu Kemal Imam Azhari yang selalu sabar menghadapi saya. Maafkan juga saat saya menunda-nunda pengerjaan. Terimakasih juga selalu sabar dan kuat saat menghadapi saya yang tidak bisa tidur sampai larut malam. Semoga kita sukses

dikemudian hari dan ketika berpisah dan bertemu lagi kami dapat bertemu dalam keadaan sukses dan sehat.

Terimakasih juga untuk teman saya sejak SD (Wily, Dias, Reza dan Galang) yang selalu membantu saya dan meluangkan waktunya ketika saya sedang pulang ke rumah. Kemudian kepada teman-teman saya khususnya Bagol, Mame, Safik, Kaka Dian, Ipeh, Irza, Andra, Jeki, Wega dan Vega yang selalu mendorong saya dalam memperoleh ilmu dan selalu menemani saya selama di Jogja. Dan kontrakan saya Kontrakan Mbuh Apa (Bunton, Kemiri, Mame dan Sultan) yang selalu mensupport, membantu dan sering menghibur dengan guyonan aneh mereka. Serta teman-teman Teknik Kimia yang selalu meluangkan waktu untuk sama-sama berproses, mensupport, membantu, serta menghibur dikala pengerjaan tugas akhir yang terasa jenuh. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Faiz Hakim Albana
Tekkim 18 UII

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahirabil 'Alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Natrium Hidroksida dari Natrium Klorida dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun” dengan baik.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada Kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini secara langsung maupun tidak langsung, yang terhormat :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesehatan, kesabaran, dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk mengerjakan serta menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia dan juga selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing II
6. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2018 yang selalu memberikan semangat.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan naskah laporan ini.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 November 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSYARATAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK ..	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN I	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN II	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.1.2 Ketersediaan bahan baku	3
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Analisa <i>Supply</i> dan <i>Demand</i> Natrium Hidroksida tahun 2017-2021	3
1.2.2 Proyeksi <i>Supply</i> dan <i>Demand</i> Natrium Hidroksida Tahun 2022-2026	7
1.2.3 Perhitungan Kapasitas Pabrik NaOH Tahun 2026	11
1.3 Tinjauan Pustaka	14
1.3.1 Sejarah Produksi Natrium Hidroksida	15
1.4 Pemilihan Proses	23

BAB II PERANCANGAN PRODUK	26
2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku	26
2.2 Pengendalian Kualitas	28
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	28
2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses	28
2.2.3 Pengendalian Waktu	30
2.2.4 Pengendalian Kualitas Produk	31
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	32
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	32
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	33
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	34
3.2 Uraian Proses.....	35
3.2.1 Proses <i>Brine Purification</i>	35
3.2.2 Proses <i>Brine Electrolysis</i>	37
3.2.3 Proses <i>product purification</i>	38
3.3 Spesifikasi Alat.....	41
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	41
3.3.2 Alat Pendukung.....	43
3.3.3 Spesifikasi Alat Pemisah.....	45
3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan	48
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi	51
3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	59
3.4 Neraca Massa	64
3.4.1 Neraca Massa Total.....	65
3.4.2 Neraca Massa Tiap Alat.....	66

3.5 Neraca Panas	74
3.5.1 Neraca Panas Total.....	74
3.5.2 Neraca Panas Tiap Alat.....	75
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	83
4.1 Lokasi Pabrik.....	83
4.1.1 Faktor–Faktor Utama Penentu Lokasi Pabrik.....	84
4.1.2 Faktor–Faktor Penunjang Penentu Lokasi Pabrik.....	87
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Lay-out</i>).....	88
4.3 Tata Letak Alat Proses.....	94
4.4 Perawatan	97
4.5 Manajemen Perusahaan	98
4.5.1 Bentuk Perusahaan	98
4.5.2 Struktur Organisasi	100
4.5.3 Tugas dan Wewenang	102
4.5.4 Status Karyawan	109
4.5.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	110
4.5.6 Penggolongan Jabatan dan Gaji Karyawan.....	113
4.5.7 Fasilitas dan Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	115
BAB V UTILITAS.....	118
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	118
5.1.1 Unit Penyedia Air	118
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	123
5.1.3 Spesifikasi Alat Utilitas	130
5.2 Unit pembangkit <i>steam</i>	144
5.3 Unit Pembangkit Listrik	145

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	148
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	148
5.6 Unit Pengelolaan Limbah	149
BAB VI EVALUASI EKONOMI	151
6.1 Perkiraan Harga Alat	153
6.2 Dasar Perhitungan	159
6.3 Komponen Biaya	160
6.3.1 Modal (<i>Capital Investment</i>)	160
6.3.2 Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>)	162
6.3.3 Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>)	163
6.4 Analisa Keuntungan	164
6.5 Analisa Resiko Pabrik	165
6.6 Analisa Kelayakan	165
6.6.1 <i>Return on Investment (ROI)</i>	165
6.6.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	166
6.6.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	167
6.6.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	169
6.6.5 <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	169
BAB VII PENUTUP	172
7.1 Kesimpulan	172
7.2 Saran	173
DAFTAR PUSTAKA	174
LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR-01	177
LAMPIRAN B PERANCANGAN REAKTOR-02	197
LAMPIRAN C <i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i>	206



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produsen dan Kapasitas Pabrik NaOH di Indonesia.....	4
Tabel 1.2 Produksi Natrium Hidroksida, 2017-2021	5
Tabel 1.3 Data Impor NaOH di Indonesia, 2017-2022	6
Tabel 1.4 Data Ekspor NaOH di Indonesia, 2017-2021	6
Tabel 1.5 Data Total Konsumsi NaOH, 2017-2021.....	7
Tabel 1.6 Proyeksi Produksi NaOH di Indonesia, 2022-2026	8
Tabel 1.7 Proyeksi Impor NaOH di Indonesia, 2022-2026	9
Tabel 1.8 Proyeksi Ekspor NaOH di Indonesia, 2022-2026.....	10
Tabel 1.9 Proyeksi Konsumsi NaOH di Indonesia, 2022-2026	11
Tabel 1.10 Proyeksi Supply dan Demand NaOH di Indonesia, 2017-2026.....	12
Tabel 1.11 Perbedaan Sel Merkuri, Diafragma dan Membran	23
Tabel 1.12 Kelebihan dan Kekurangan Sel Merkuri, Diafragma dan Membran ..	24
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung	26
Tabel 2.2 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung (Lanjutan)	27
Tabel 3.1 Standar Impuritas <i>Membrane Cells</i>	37
Tabel 3.2 Spesifikasi reaktor RATB	41
Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis	42
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Mixing tank</i>	43
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Crystallizer</i>	44
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Ion Exchange</i>	45
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Filter Press</i>	46
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Centrifuge</i>	46
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i>	47
Tabel 3.10 Spesifikasi <i>Vibrating screen</i>	48
Tabel 3.11 Spesifikasi Silo.....	48
Tabel 3.12 Spesifikasi Silo (Lanjutan).....	49
Tabel 3.13 Spesifikasi Tangki Konis	49
Tabel 3.14 Spesifikasi Tangki Konis (Lanjutan)	50
Tabel 3.15 Tangki <i>Column</i>	50

Tabel 3.16 Tangki <i>Spherical</i>	51
Tabel 3.17 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (01-03).....	51
Tabel 3.18 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (01-03) (Lanjutan).....	52
Tabel 3.19 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (04 dan 05)	52
Tabel 3.20 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (04 dan 05) (Lanjutan)	53
Tabel 3.21 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i>	53
Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa (01-03).....	54
Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (04-06).....	55
Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (07-09).....	56
Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (10-13).....	57
Tabel 3.26 Spesifikasi <i>Compressor</i>	58
Tabel 3.27 Spesifikasi <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	59
Tabel 3.28 Spesifikasi <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> (Lanjutan).....	60
Tabel 3.29 Spesifikasi <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	61
Tabel 3.30 Spesifikasi Umum Kondensor	62
Tabel 3.31 <i>Mechanical Design</i> Kondensor.....	62
Tabel 3.32 Spesifikasi Umum <i>Evaporator</i>	63
Tabel 3.33 Spesifikasi Bagian <i>Evaporator</i>	63
Tabel 3.34 Spesifikasi Bagian <i>Evaporator</i> (Lanjutan)	64
Tabel 3.35 Komposisi Bahan Masuk	65
Tabel 3.36 Neraca Massa Total.....	65
Tabel 3.37 Neraca Massa Silo.....	66
Tabel 3.38 Neraca Massa <i>Mixing Tank</i>	66
Tabel 3.39 Neraca Massa Reaktor RATB.....	67
Tabel 3.40 Neraca Massa <i>Filter Press</i>	68
Tabel 3.41 Neraca Massa <i>Ion Exchange</i>	69
Tabel 3.42 Neraca Massa Reaktor Elektrolisis	70
Tabel 3.43 Neraca Massa <i>Evaporator</i>	71
Tabel 3.44 Neraca Massa <i>Crystallizer</i>	71
Tabel 3.45 Neraca Massa <i>Centrifuge</i>	72
Tabel 3.46 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	72

Tabel 3.47 Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i>	73
Tabel 3.48 Neraca Massa Silo-02	73
Tabel 3.49 Neraca Panas Total.....	74
Tabel 3.51 Neraca panas <i>Mixing Tank</i>	75
Tabel 3.52 Neraca Panas Reaktor RATB.....	75
Tabel 3.53 Neraca Panas <i>Filter Press</i>	75
Tabel 3.54 Neraca Panas <i>Ion Exchange</i>	76
Tabel 3.55 Neraca Panas <i>Heater-01</i>	76
Tabel 3.56 Neraca Panas Reaktor Elektrolisis	76
Tabel 3.57 Neraca Panas <i>Cooler-01</i>	77
Tabel 3.58 Neraca Panas Pencampuran Aliran Yang Menuju Evaporator	77
Tabel 3.59 Neraca Panas <i>Evaporator</i>	77
Tabel 3.60 Neraca Panas <i>Crystallizer</i>	78
Tabel 3.61 Neraca Panas <i>Centrifuge</i>	78
Tabel 3.62 Neraca Panas <i>Heater-02</i>	78
Tabel 3.63 Neraca Panas <i>Rotary dryer</i>	79
Tabel 3.64 Neraca Panas <i>Cooling Screw Conveyor</i>	79
Tabel 3.65 Neraca Panas <i>Vibrating Screen</i>	79
Tabel 3.66 Neraca Panas <i>Compressor-01</i>	80
Tabel 3.67 Neraca Panas <i>Condensor</i>	80
Tabel 3.68 Neraca Panas <i>Cooler-02</i>	80
Tabel 3.69 Neraca Panas <i>Compressor</i>	81
Tabel 3.70 Neraca Panas <i>Cooler-03</i>	81
Tabel 3.71 Neraca Panas <i>Compressor-03</i>	81
Tabel 3.72 Neraca Panas <i>Cooler-04</i>	82
Tabel 3.73 Neraca Panas <i>Compressor-04</i>	82
Tabel 3.74 Neraca Panas <i>Cooler-05</i>	82
Tabel 4.1 Keterangan Gambar 4.2	91
Tabel 4.2 Keterangan Gambar 4.3	93
Tabel 4.3 Luas Lahan A,B, E, G dan H Pada Gambar 4.3.....	93
Tabel 4.4 Luas Total Tanah	94

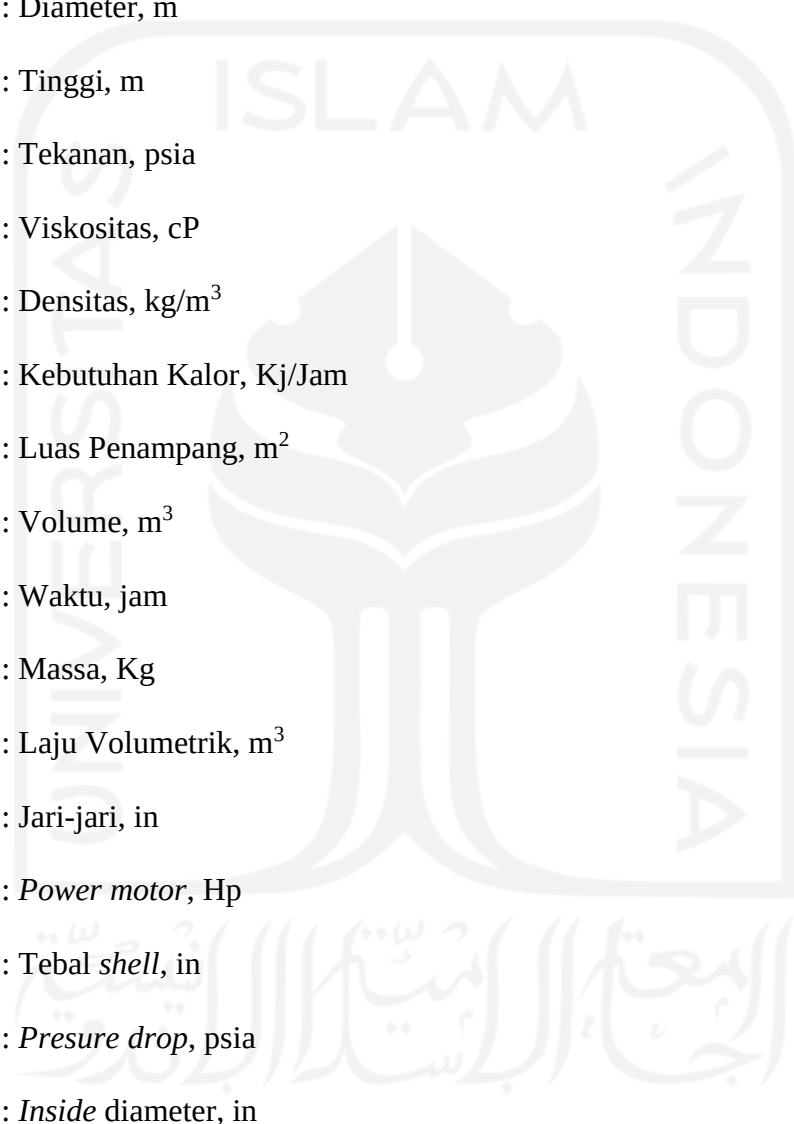
Tabel 4.5 Tugas Direktur Khusus	105
Tabel 4.6 Kepala Seksi Bagian Produksi	106
Tabel 4.7 Kepala Seksi Bagian Teknik	106
Tabel 4.8 Kepala Seksi Bagian Riset dan Mutu.....	107
Tabel 4.9 Kepala Seksi Bagian Keuangan	107
Tabel 4.10 Kepala Seksi Bagian Pemasaran	108
Tabel 4.11 Kepala Seksi Bagian Personalia.....	108
Tabel 4.12 Kepala Seksi Bagian K3 dan Lingkungan	109
Tabel 4.13 Jadwal Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	111
Tabel 4.14 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	111
Tabel 4.15 Jadwal <i>Shift</i>	112
Tabel 4.16 Gaji Karyawan	114
Tabel 4.17 Gaji Karyawan (Lanjutan)	115
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin	119
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler	121
Tabel 5.3 Kebutuhan Steam Untuk Heater	121
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Proses	122
Tabel 5.5 Kebutuhan Air Domestik	123
Tabel 5.6 Spesifikasi Bak Persegi.....	130
Tabel 5.7 Spesifikasi Bak Silinder	131
Tabel 5.8 Spesifikasi Tangki Utilitas	132
Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)	133
Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)	134
Tabel 5.11 Spesifikasi Kation Exchange dan Anion Exchange	135
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas	136
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	137
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	138
Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	139
Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	140
Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	141
Tabel 5.18 Spesifikasi Screening	142

Tabel 5.19 Spesifikasi Sand Filter	142
Tabel 5.20 Spesifikasi Cooling Tower.....	143
Tabel 5.21 Blower Udara	143
Tabel 5.22 Kebutuhan Listrik Alat Proses Utama	145
Tabel 5.24 Kebutuhan Listrik Alat Proses Utama (Lanjutan).....	146
Tabel 5.25 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	146
Tabel 5.26 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas (Lanjutan).....	147
Tabel 5.27 Kebutuhan Total Listrik.....	147
Tabel 5.28 Spesifikasi Compressor Udara Tekan.....	148
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat Tahun 1987-2018.....	153
Tabel 6.2 Indeks Harga Alat Tahun 1987-2018 (Lanjutan).....	154
Tabel 6.3 Proyeksi Indek Harga Alat Tahun 2019-2020	155
Tabel 6.4 Harga Alat Proses.....	156
Tabel 6.5 Harga Alat Proses (Lanjutan).....	157
Tabel 6.6 Harga Alat Utilitas	158
Tabel 6.7 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)	159
Tabel 6.8 Physical Plant Cost (PPC).....	160
Tabel 6.9 Direct Plant Cost (DPC).....	160
Tabel 6.10 Fixed Capital Investment (FCI)	161
Tabel 6.11 Working Capital Investment (WCI).....	162
Tabel 6.12 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	162
Tabel 6.13 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	163
Tabel 6.14 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	163
Tabel 6.15 Total Manufacturing Cost	163
Tabel 6.16 General Expense	164
Tabel 6.17 Total Production Cost	164
Tabel 6.18 Annual Fixed Cost (Fa).....	167
Tabel 6.19 Annual Regulated Expenses (Ra)	168
Tabel 6.20 Annual Variable Value (Va)	168
Tabel 6.21 Annual Sales Value (Sa)	168
Tabel 6.22 Analisa Kelayakan	170

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi Produksi NaOH di Indonesia, 2022-2026	8
Gambar 1.2 Proyeksi Impor NaOH di Indonesia, 2022-2026.....	9
Gambar 1.3 Proyeksi Ekspor NaOH di Indonesia, 2022-2026	10
Gambar 1.4 Proyeksi Konsumsi NaOH di Indonesia, 2022-2026	11
Gambar 1.5 Sel Merkuri 1.....	19
Gambar 1.6 Sel Merkuri 2.....	20
Gambar 1.7 Sel Membran	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	33
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	34
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik.....	84
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik	90
Gambar 4.3 Luas Lahan Pabrik.....	92
Gambar 4.4 Tata Letak Alat Proses	96
Gambar 4.5 Struktur Organisasi.....	101
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	129
Gambar 6.1 Grafik Hubungan Antara Tahun Dengan Indeks Harga.....	154
Gambar 6.2 Grafik Analisis Ekonomi.....	171
Gambar A.1 <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	187
Gambar A.2 <i>Torispherical Flanged and Dished Bottom</i>	190
Gambar A.3 <i>Lay-Out Pengaduk Pada Silinder Dished</i>	192
Gambar A.4 <i>Marine Propeller With 3 Blades</i>	192
Gambar B.1 Asahi Kasei's ML60NC	203

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



T	: <i>Temperature</i> , °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
T	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
Π	: Jari-jari, in
P	: <i>Power motor</i> , Hp
Ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP_T	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
Th	: Tebal <i>Head</i> , in
Re	: Bilangan Reynold
Di	: Diameter pengaduk, m

ZL	: Tinggi cairan, m
Wb	: Lebar <i>baffle</i> , m
Zi	: Jarak pengduk dari tangki, in
F	: <i>Allowable Stress</i> , psia
E	: Efisiensi pengelasan
Icr	: Jari-jari sudut dalam, in
W	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan putaran, rpm
Ud	: Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft ² °F
Uc	: Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft ² °F
Rd	: Faktor pengotor
Cp	: Kapasitas Panas, Btu/lb °F
K	: Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
JH	: <i>Heat transfer factor</i>
hi	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
ho	: <i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
LMTD	: <i>Long mean temperature different</i> , °F
k	: Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu
Wf	: Total <i>head</i> , in
ΔH	: Entalpi, KJ/Jam
Th	: Tebal <i>head</i> , in

ABSTRAK

Natrium hidroksida merupakan senyawa ionik dan bersifat basa kuat yang mampu menguraikan protein pada suhu lingkungan dan dapat menyebabkan luka bakar bila terpapar. Kebutuhan natrium hidroksida di Indonesia tidak hanya dipenuhi dari pabrik dalam negeri akan tetapi juga dari hasil impor. Pendirian pabrik natrium hidroksida dengan kapasitas 75.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di Banyuasin II, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Pabrik akan beroperasi selama 330 hari. Natrium hidroksida diproduksi menggunakan reaktor elektrolisis yang beroperasi pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Kemudian dilanjutkan dengan diuapkan kadar airnya menggunakan kadar kadar natrium hidroksida 99% dan terbentuk krisal $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan dilanjutkan pengayakan dengan ukuran 10 *mesh*. Untuk mencapai kapasitas 75.000 ton/tahun dibutuhkan natrium klorida sebanyak 9.676,73 kg/jam. Utilitas yang dibutuhkan yaitu 123.745,29 kg/jam air pendingin, 2.379,01 kg/jam air *boiler*, 7.062,60 kg/jam untuk *steam*, 19.665,51 kg/jam air proses, 12.866,56 kg/jam air domestik, 259.054.700,28 kWh listrik, dan 1837,35 kg/jam kg bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik natrium hidroksida memiliki tingkat resiko rendah (*low risk*). Hasil evaluasi pabrik natrium hidroksida ini menunjukkan modal tetap sebesar Rp 709.216.548.481,37; modal kerja sebesar Rp 227.558.599.472,97; keuntungan setelah pajak sebesar Rp 158.536.944.162,08; POT sebelum dan sesudah pajak sebesar 17,69% dan 13,8%; BEP sebesar 54,72%; *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,44% dan DCFR sebesar 20,87%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik natrium hidroksida secara ekonomi layak didirikan.

Kata kunci: Natrium Hidroksida, Natrium Klorida, Perancangan Pabrik, Reaktor Elektrolisis.

ABSTRACT

Sodium hydroxide is an ionic and strongly alkaline compound that is able to decompose proteins at ambient temperature and can cause burns when exposed. The need for sodium hydroxide in Indonesia is not only fulfilled from domestic factories but also from imported products. The establishment of a sodium hydroxide plant with a capacity of 75,000 tons / year is planned to be built in Banyuasin II, Banyuasin Regency, South Sumatra. The plant will operate for 330 days. Sodium hydroxide is manufactured using an electrolytic reactor operating at a temperature of 90°C and a pressure of 1 atm. Then continued by evaporating the water content using sodium hydroxide content of 99% and formed NaOH.H₂O krisal and continued sifting with a size of 10 mesh. To reach a capacity of 75,000 tons / year, 9,676.73 kg / hour of sodium chloride is needed. The utilities needed are 123,745.29 kg/hour of cooling water, 2,379.01 kg/hour of boiler water, 7,062.60 kg/hour for steam, 19,665.51 kg/hour of process water, 12,866.56 kg/hour of domestic water, 259,054,700.28 kWh of electricity, and 1837.35 kg/hour of fuel. The results of the analysis show that the sodium hydroxide plant has a low risk level. The results of the evaluation of this sodium hydroxide plant showed a fixed capital of RP 709,216,548,481.37; working capital of Rp 227,558,599,472.97; profit after tax of Rp 158,536,944,162.08; POT before and after tax of 17.69% and 13.8%; BEP of 54.72%; Shut Down Point (SDP) of 21.44% and DCFR of 20.87%. Based on the economic evaluation it can be concluded that the sodium hydroxide plant is economically feasible to establish.

Keywords: *Electrolysis Reactor, Plant Design, Sodium Chloride, Sodium Hydroxide.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin pesat, baik dari segi keanekaragamannya maupun jumlahnya. Hal ini mengakibatkan meningkatnya ketersediaan dan kebutuhan bahan baku. Tetapi semakin pesatnya industri kimia tidak sebanding dengan ketersediaan bahan baku maupun bahan lain yang menunjang proses pembuatan produk kimia tersebut. Hal ini berkaitan dengan faktor pendorong pembangunan industri kimia. Oleh karena itu, perlu ditingkatkan industri kimia untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam negeri dan sebagai salah satu bentuk usaha untuk mengurangi angka impor Indonesia. Salah satu produk yang dibutuhkan dalam industri kimia adalah natrium hidroksida.

Natrium hidroksida merupakan senyawa yang cukup penting bagi berjalan industri di Indonesia karena banyaknya industri yang menggunakan natrium hidroksida sebagai bahan baku utama maupun bahan baku tambahan dalam proses produksinya. Sebanyak 56% natrium hidroksida digunakan dalam industri, 25% diantaranya digunakan pada industri kertas dan sisanya dapat ditemukan pada industri tekstil, sabun, deterjen, dsb. Ditambah lagi dengan perkembangan industri di Indonesia yang dapat dilihat dari jenis

kanekaragaman dan kuantitasnya yang semakin banyak, kemungkinan besar industri-industri pengguna natrium hidroksida akan banyak bermunculan.

Selama pandemi virus korona yang melanda tanah air, ternyata memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap industri kimia termasuk industri sodium hidroksida. Selama lima tahun terakhir, jumlah produksi natrium hidroksida di Indonesia terus mengalami penurunan. Sedangkan konsumsi bahan kimia natrium hidroksida di Indonesia terus mengalami peningkatan.

Tingginya permintaan bahan kimia tersebut, membuat industri pemakai harus mengimpornya dengan jumlah yang besar. Apalagi kini didukung dengan sejumlah pelabuhan di tanah air yang semakin memadai yang dapat melakukan bongkar muat barang yang lebih cepat dan merata. Hal ini bisa menyebabkan harga produk impor sedikit lebih murah dibandingkan dengan produk lokal.

Kebanyakan industri-industri pemakai natrium hidroksida terutama yang letaknya cukup jauh dengan produsen utama natrium hidroksida seperti Sumatra dan Kalimantan lebih memilih untuk mengimpor natrium hidroksida ketimbang memilih menggunakan natrium hidroksida lokal. Hal ini disebabkan karena harga yang ditawarkan produk impor sedikit lebih murah dibandingkan dengan produk lokal. Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa Indonesia sampai saat ini masih melakukan impor natrium hidroksida. Oleh karena itu sangat penting untuk membangun pabrik natrium hidroksida pada daerah yang jauh dengan produsen utama natrium hidroksida saat ini.

1.1.2 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku utama pembuatan natrium hidroksida ini yaitu natrium klorida. Di Indonesia sendiri, terdapat beberapa produsen yang memproduksi natrium klorida untuk kebutuhan industri. Dua diantara yaitu PT.Cheetham garam Indonesia dengan kapasitas produksi 800.000 ton/tahun yang berlokasi di Cilegon dan PT.Garam dengan kapasitas produksi 500.000 ton/tahun yang berlokasi di Madura.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam perancangan suatu pabrik, kapasitas produksi mempunyai peran penting karena jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya minimal. Dalam penentuan kapasitas produksi ada beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan yaitu berdasarkan analisa *Supply* dan *Demand* yang meliputi prediksi data impor, data produksi, data ekspor, dan data konsumsi kebutuhan produk dimasa yang akan datang dengan menggunakan metode regresi linear. Pemilihan kapasitas produksi natrium hidroksida dapat ditinjau dari data-data sebagai berikut:

1.2.1 Analisa *Supply* dan *Demand* Natrium Hidroksida tahun 2017-2021

1. *Supply*

Supply (penawaran) yaitu meliputi data produksi dan impor dalam negeri.

a. Produsen dan Kapasitasnya

Di Indonesia, natrium hidroksida telah diproduksi sejak lama dan terdapat delapan perusahaan yang menerjuni bidang industri ini. Dari delapan perusahaan tersebut terdapat empat perusahaan yang tergabung

dalam Asosiasi Kimia Dasar Anorganik Indonesia (AKIDA). Perusahaan tersebut yaitu PT Asahimas Chemical, PT Sulfindo Adiusaha, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia dan PT Pindo Deli. Untuk lebih jelasnya, perusahaan natrium hidroksida yang beroperasi dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Produsen dan Kapasitas Pabrik NaOH di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas produksi (Ton/Tahun)
PT Asahimas Chemical	Cilegon	700.000
PT SulfindoAdiusaha	Serang	320.000
PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia	Mojokerto	14.600
PT Pabrik Kertas Indonesia (Pakerin)	Mojokerto	15.000
PT Pindo Deli Pulp And Paper Mills	Karawang	80.000
PT Soda Sumatera	Medan	6.400
PT Toba Pulp Lestari Tbk	Sumatera	60.000
PT Riau Andalan Pulp & Paper	Riau	110.000
Total		1.306.000

(Sumber: Bizteka, CCI, 2022)

b. Produksi Natrium Hidroksida Tahun 2017-2021

Produksi natrium hidroksida di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun terakhir ini mengalami penurunan. Penurunan produksi ini dikarenakan wabah virus korona melanda dunia sehingga diperkirakan ada kesulitan tersedianya bahan baku garam industri. Berikut produksi natrium hidroksida di Indonesia dalam lima tahun terakhir:

Tabel 1.2 Produksi Natrium Hidroksida, 2017-2021

Tahun	Produksi (Ton)	Pertumbuhan (%)
2017	571.514	--
2018	588.821	3,03
2019	423.707	-28,04
2020	448.658	5,89
2021	361.784	-19,36
Pertumbuhan rata-rata (%/tahun)		-9,62

(Sumber: Bizteka, CCI, 2022)

c. Impor Natrium Hidroksida Tahun 2017-2021

Walaupun natrium hidroksida sudah mampu diproduksi di dalam negeri akan tetapi penggunaan bahan kimia tersebut masih cukup besar. banyak dari pelaku industri harus mengimpor bahan kimia tersebut untuk memenuhi kebutuhan industri. Berdasarkan data badan pusat statistik, impor bahan kimia tersebut dalam lima tahun terakhir tumbuh rata-rata 53,99% pertahun. Hal ini menjadi sorotan bagi direktur jenderal industri kimia, farmasi dan tekstil (IKFT) kementerian perindustrian belum lama ini.

Informasi yang diperoleh dari para pelaku usaha dan importir bahan kimia lonjakan impor tersebut, karena ada beberapa industri pemakai yang lokasinya cukup jauh seperti di Sumatera, Kalimantan dan lain sebagainya. Disisi lain saat ini sejumlah pelabuhan di tanah air kini bisa disinggahi kapal besar untuk menurunkan barangnya, sehingga barang impor mudah masuk (Bizteka, 2022).

Tabel 1.3 Data Impor NaOH di Indonesia, 2017-2022

Tahun	Volume (Ton)	Pertumbuhan (%)	Nilai (US\$)	Pertumbuhan (%)
2017	74.039	--	42.410	--
2018	144.342	94,95	89.777	111,69
2019	283.137	96,16	74.914	-16,55
2020	317.926	12,29	65.222	-12,94
2021	357.870	12,56	77.617	19,00
Per rata-rata (%/tahun)		53,99		25,30

(Sumber: BPS, diolah Bizteka-CCI, 2022)

2. Demand

Demand (permintaan) meliputi jumlah dari nilai ekspor dan konsumsi dalam negeri.

a. Ekspor Natrium Hidroksida 2017-2021

Berbanding terbalik dengan impor, ekspor natrium hidroksida di Indonesia justru terus mengalami penurunan secara fluktuatif. Pada tahun 2017 ekspor natrium hidroksida dari Indonesia tercatat sebesar 233.081 ton dengan nilai US\$ 59.198 ribu. Tahun berikutnya (2018) ekspor naik menjadi 316.061 ton senilai US\$ 75.600 ribu.

Tabel 1.4 Data Ekspor NaOH di Indonesia, 2017-2021

Tahun	Volume (Ton)	Pertumbuhan (%)	Nilai (US\$)	Pertumbuhan (%)
2017	233.081	--	59.198	--
2018	316.061	35,60	75.600	27,71
2019	227.677	-27,96	40.819	-46,01
2020	243.877	8,87	31.731	-22,26
2021	102.199	-58,77	18.281	-42,39
Per rata-rata (%/tahun)		-10,57		-20,74

b. Konsumsi Natrium Hidroksida Tahun 2017-2021

Mengingat masih banyaknya industri pemakai natrium hidroksida yang tergabung dalam industri lainnya ini, maka konsumsinya masih cukup besar. Pada tahun 2017 lalu misalnya, konsumsinya tercatat sebesar 12.932 ton, yang kemudian meningkat pada tahun berikutnya sampai menjadi 151.305 ton pada tahun 2021, sebagaimana tercantum dalam tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.5 Data Total Konsumsi NaOH, 2017-2021

Tahun	Volume (Ton)					Total
	Industri Sabun mandi	Industri MSG	Industri VRSE	Industri Pulp	Lain-lain	
2017	81.642	84.741	100.726	132.432	12.932	412.472
2018	85.280	86.506	104.733	133.395	7.188	417.103
2019	82.089	88.656	110.591	142.565	55.266	479.167
2020	83.897	89.747	112.956	149.152	82.955	518.707
2021	88.281	91.757	116.494	169.620	151.305	617.455

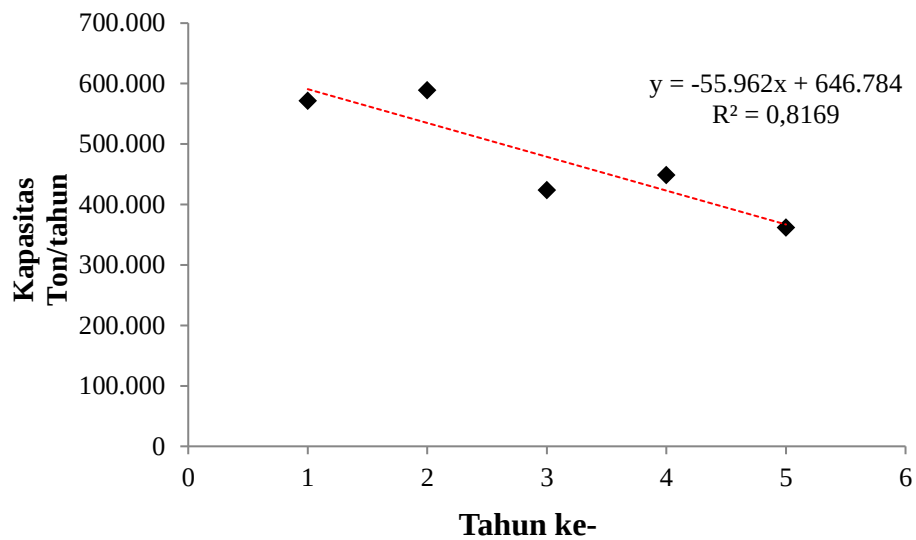
(Sumber: Bizteka, CCI, 2022)

1.2.2 Proyeksi Supply dan Demand Natrium Hidroksida Tahun 2022-2026

Dengan diketahuinya data *supply* dan *demand* natrium hidroksida maka dengan menggunakan regresi linear dapat diproyeksikan nilai *supply* dan *demand* NaOH untuk beberapa tahun kedepan sehingga kapasitas pabrik dapat ditentukan.

1. Supply

a. Proyeksi produksi natrium hidroksida tahun 2022-2026



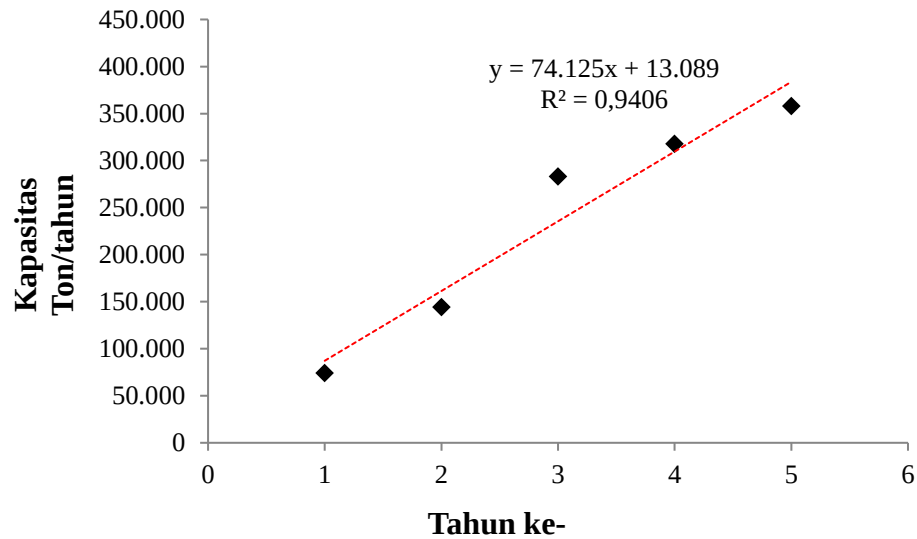
Gambar 1.1 Proyeksi Produksi NaOH di Indonesia, 2022-2026

Menggunakan regresi linear didapatkan persamaan garis lurus $y = -55.962x + 646.784$. Sehingga total produksi 5 tahun yang akan mendatang yaitu:

Tabel 1.6 Proyeksi Produksi NaOH di Indonesia, 2022-2026

Tahun	Tahun ke-	Volume (Ton)
2022	6	311.012
2023	7	255.050
2024	8	199.088
2025	9	143.126
2026	10	87.164

b. Proyeksi impor natrium hidroksida tahun 2022-2026



Gambar 1.2 Proyeksi Impor NaOH di Indonesia, 2022-2026

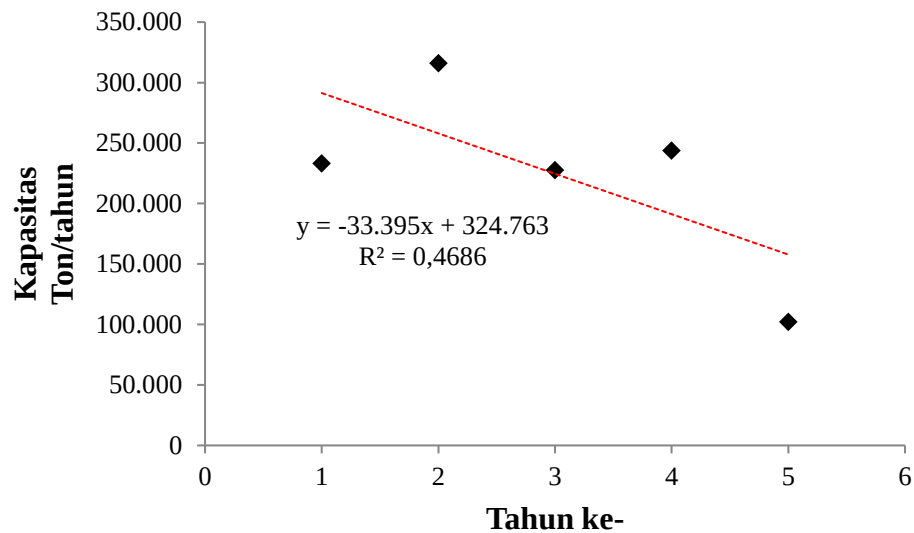
Menggunakan regresi linear didapatkan persamaan garis lurus $y = 74.125x + 13.089$. Sehingga total impor 5 tahun yang akan mendatang yaitu:

Tabel 1.7 Proyeksi Impor NaOH di Indonesia, 2022-2026

Tahun	Tahun ke-	Volume (Ton)
2022	6	457.827
2023	7	531.950
2024	8	606.073
2025	9	680.196
2026	10	754.319

2. Demand

a. Proyeksi ekspor natrium hidroksida tahun 2022-2026



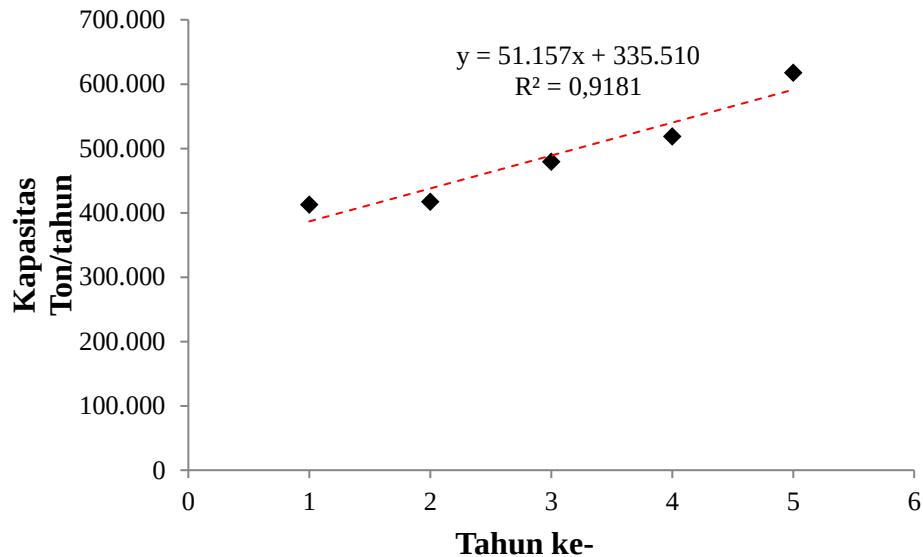
Gambar 1.3 Proyeksi Ekspor NaOH di Indonesia, 2022-2026

Menggunakan regresi linear didapatkan persamaan garis lurus $y = -33.395x + 324.763$. Sehingga total ekspor 5 tahun yang akan mendatang yaitu:

Tabel 1.8 Proyeksi Ekspor NaOH di Indonesia, 2022-2026

Tahun	Tahun ke-	Volume(Ton)
2022	6	124.393
2023	7	90.998
2024	8	57.603
2025	9	24.208
2026	10	-9.187

b. Proyeksi konsumsi natrium hidroksida tahun 2022-2026



Gambar 1.4 Proyeksi Konsumsi NaOH di Indonesia, 2022-2026

Menggunakan regresi linear didapatkan persamaan garis lurus $y = 51.157x + 335.510$. Sehingga total konsumsi natrium hidroksida lima tahun yang akan mendatang yaitu:

Tabel 1.9 Proyeksi Konsumsi NaOH di Indonesia, 2022-2026

Tahun	Tahun ke-	Volume (Ton)
2022	6	642.452
2023	7	693.609
2024	8	744.766
2025	9	795.923
2026	10	847.080

1.2.3 Perhitungan Kapasitas Pabrik NaOH Tahun 2026

Setelah dilakukan analisa *supply* dan *demand* NaOH selanjutnya dapat dilakukan langkah perhitungan kapasitas pabrik. Adapun perkembangan dan

perkiraan jumlah produksi, impor, ekspor, dan konsumsi NaOH dari tahun 2017-2026 tercantum pada tabel 1.10 berikut:

Tabel 1.10 Proyeksi *Supply* dan *Demand* NaOH di Indonesia, 2017-2026

Tahun	Volume (Ton)			
	Produksi	Impor	Ekspor	Konsumsi
2017	571.514	74.039	233.081	412.472
2018	588.821	144.342	316.061	417.103
2019	423.707	283.137	227.677	479.167
2020	448.658	317.926	243.877	518.707
2021	361.784	357.870	102.199	617.455
2022	311.012	457.827	124.393	642.452
2023	255.050	531.950	90.998	693.609
2024	199.088	606.073	57.603	744.766
2025	143.126	680.196	24.208	795.923
2026	87.164	754.319	-9.187	847.080

Dengan total kapasitas pabrik sebesar 1.306.000 ton per tahun, nyatanya produksi natrium hidroksida dalam lima tahun terakhir terus mengalami penurunan. Bahkan pada tahun 2021 saja jumlah produksi natrium hidroksida hanya mencapai 361.784 ton per tahun atau hanya sekitar 27% dari kapasitas pabrik. Jika kondisi ini terus terjadi, diperkirakan total produksi NaOH dalam negeri akan terus mengalami penurunan. Bahkan pada tahun 2026 diperkirakan total produksi NaOH hanya mencapai 87.164 ton per tahun.

Sedangkan konsumsi natrium hidroksida di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena industri-industri pemakai NaOH semakin banyak dan berkembang. Sampai tahun 2026, konsumsi NaOH diperkirakan akan terus meningkat hingga 847.080 ton/tahun.

Karena produksi NaOH yang semakin menurun dan 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. Pada tahun 2026, ukuran pasar global untuk natrium hidroksida diproyeksikan akan meningkat hingga mencapai 45.050 juta dollar dari 34.400 juta dollar pada tahun 2020 dengan CAGR sebesar 4,6% pada selama tahun 2021-2026. Dengan keadaan seperti itu, total ekspor NaOH harus meningkat.

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 2026 diperkirakan total ekspor NaOH akan mencapai 754.319 ton/tahun. Belum lagi harga impor natrium hidroksida dapat lebih murah dibandingkan dengan produk lokal sehingga industri-industri pemakai natrium hidroksida khususnya di daerah Sumatera dan Kalimantan lebih memilih mengimpor. Hal inilah yang menyebabkan impor natrium hidroksida sulit dibendung.

Dari berbagai uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2026, Indonesia akan kekurangan *supply* NaOH sedangkan *demand* 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 dari NaCl ini.

Pabrik akan didirikan pada tahun 2026 sehingga dibutuhkan data perkiraan impor NaOH pada tahun 2026. Menggunakan regresi linear didapatkan impor

NaOH pada tahun 2026 yaitu 754.319 ton per tahun. Kapasitas pabrik akan diambil sebesar 10% dari peluang kapasitas sehingga:

$$754.319 \times 10\% = 75.431,9 \approx 75.000 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan stoikiometri sederhana, untuk memproduksi NaOH sebesar 75.000 ton/tahun maka dibutuhkan NaCl sebesar 109.687,50 ton/tahun $\approx$ 110.000 ton/tahun atau hanya sekitar 5% dari total produksi dan 2,75% dari total kebutuhan NaCl dalam negeri.

Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik Natrium hidroksida diatas maka pabrik ini akan didirikan dengan kapasitas sebesar 75.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

Natrium hidroksida juga dikenal sebagai sodium hidroksida, soda api, dan *caustic soda* merupakan senyawa anorganik dengan rumus NaOH. Senyawa ini merupakan senyawa ionik dan bersifat basa kuat yang mampu menguraikan protein pada suhu lingkungan dan dapat menyebabkan luka bakar bila terpapar. Seperti larutan alkali lainnya, senyawa ini terasa licin bila mengalami kontak dengan kulit akibat proses saponikasi yang terjadi antara NaOH dan minyak alami pada kulit. Senyawa ini sangat mudah larut dalam air dan menghasilkan sejumlah panas ke lingkungan bila dilarutkan karena reaksi pelarutan natrium hidroksida dalam air merupakan reaksi eksotermis. Selain itu senyawa ini juga sangat mudah menyerap kelembaban dan karbon monoksida di udara. Dengan sifat-sifat

tersebut, natrium hidroksida banyak dimanfaatkan dalam industri tekstil, kertas, sabun, dsb (O'Brien, 2004).

1.3.1 Sejarah Produksi Natrium Hidroksida

Proses klor-alkali merupakan proses elektrolisis larutan garam (NaCl) jenuh yang menghasilkan larutan NaOH , gas Cl_2 dan gas H_2 . Elektrolisis larutan garam menghasilkan gas klorin pada anoda dan gas hidrogen bersamaan dengan larutan natrium hidroksida pada katoda. Jika gas klorin dan natrium hidroksida merupakan produk yang diinginkan maka rancangan sel harus dibuat sedemikian rupa agar klorin dan larutan hidroksida tidak bercampur (O'Brien, 2004).

Terdapat tiga jenis rancangan sel yang paling banyak digunakan pada industri yaitu:

1. Sel Diafragma (1890)

Pada tahun 1800-an, dikembangkan suatu metode untuk memproduksi natrium hidroksida dan klorin yaitu pembuatan natrium hidroksida dan klorin dari larutan garam secara elektrolisis. Akan tetapi terdapat permasalahan utama selama proses elektrolisis larutan garam tersebut yaitu sulitnya memisahkan klorin yang dihasilkan di anoda dengan natrium hidroksida yang dihasilkan di katoda. Natrium hidroksida dan klorin dapat bereaksi membentuk natrium hipoklorit (NaClO), dan reaksi lebih lanjutnya menghasilkan natrium klorat (NaClO_3) pada temperatur operasi diatas 400°C . untuk mencegah hal tersebut, maka ruangan antara katoda dan anoda

dipisahkan menggunakan sekat yang disebut diafragma, sehingga sel ini dinamakan sel diafragma (O'Brien, 2004).

Sel diafragma juga mencegah bercampurnya gas hidrogen dan gas klor, karena kedua gas tersebut dapat menyebabkan terjadinya ledakan apabila bercampur. Sel diafragma terbuat dari suatu selaput berpori yang dapat dilalui ion-ion, namun tetap dapat menahan percampuran produk.

Pada sel diafragma yang lama, anoda yang digunakan terbuat dari grafit dan katodanya berupa kotak baja dengan sisi yang berpori. Jika elektoda yang digunakan dari grafit, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Diafragma terbuat dari bahan yang mempunyai sifat permeabilitas, contohnya adalah *asbes* atau *fluoro carbon* yang ditempatkan pada selaput berpori. Umumnya diafragma yang digunakan terbuat dari asbes, tetapi penggunaan asbes sebagai diafragma memiliki kekurangan mudah tersumbat. Hal tersebut dapat dilihat dari penurunan voltase, oleh karena itu diafragma harus diganti secara berkala. Selain itu asbes juga merupakan bahan beracun yang dapat menyebabkan kanker paru-paru, asbestosis, dan tumor ganas pada paru-paru. Hal tersebut sangat berbahaya apabila tercemar ke lingkungan.

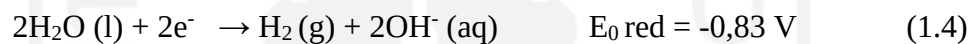
Sel diafragma yang menggunakan anoda terbuat dari titanium yang dilapisi *platinum*, *ruthenium*, *iridium* jarang menyebabkan diafragma tersumbat sehingga sel dapat beroperasi selama 12-24 tanpa pergantian diafragma. Pada pertengahan 1980-an, dikembangkan diafragma yang bebas dari asbes, yaitu polimer *fluorocarbon*, terutama PTFE

(*politetrafluoroetilena*). Dengan harapan bahwa diafragma yang dikembangkan tersebut dapat memperpanjang umur pemakaian diafragma dan dapat mengatasi keberatan para pencinta lingkungan mengenai adanya kemungkinan asbestos yang masuk ke lingkungan (O'Brien, 2004).

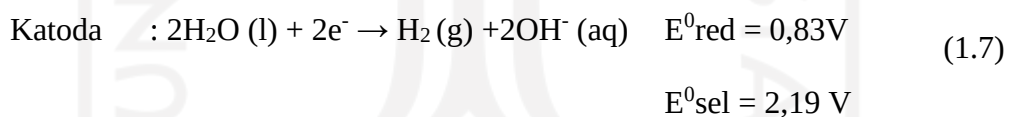
Reaksi utama terjadi pada anoda dengan reaksi:



Dan reaksi pada katoda:



Dari harga potensial diatas, reaksi keseluruhan yang terjadi di katoda dan anoda yaitu:



Pada sel diafragma, hasil dari ruangan katoda merupakan suatu campuran, yaitu 10-12% NaOH dan 14-16% NaCl (aq). larutan ini perlu dipekatkan terlebih dahulu, biasanya sampai 50% dan ini menelan banyak energi. Untuk menghasilkan 1 ton natrium hidroksida 50%, air yang harus diuapkan bisa mencapai sekitar 2600 kg. Ion klorida yang masih tertinggal sedikit terkadang tidak dapat diterima bagi industri. Sodium klorat juga merupakan masalah jika natrium hidroksida itu hendak digunakan pada

pembuatan gliserin, sodium sulfat, sodium hidrosulfat, dan bahan kimia lainnya (O'Brien, 2004).

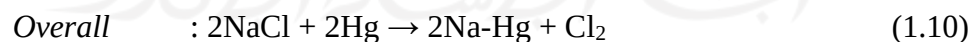
Larutan dari ruangan katoda dipekatkan dengan menguapkan air agar konsentrasi NaOH bertambah dan pemurnian NaOH dilakukan dengan pengkristalan NaCl (s). Hasil akhir dalam proses klor-alkali tersebut adalah 50% NaOH (aq) dengan sekitar 1% NaCl berupa pengotoran. Cl₂ (g) dapat mengandung sekitar 1,5% O₂ (g) disebabkan proses oksidasi (O'Brien, 2004).

2. Sel Merkuri (1892)

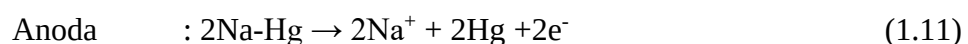
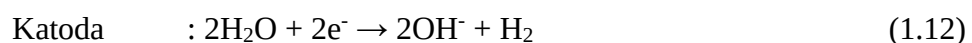
Proses elektrolisis dalam industri alkali yang menghasilkan NaOH (aq) dengan kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan sel diafragma adalah sel merkuri. Dalam elektrolisis tersebut, anoda terbuat dari grafit atau titanium, tetapi katodanya berupa kolam aliran raksa (merkuri) sel merkuri terdiri dari dua unit utama yaitu *electrolyzer* dan *decomposer* atau *denuder* (O'Brien, 2004).

Adapun reaksi di setiap unit utama sel merkuri yaitu:

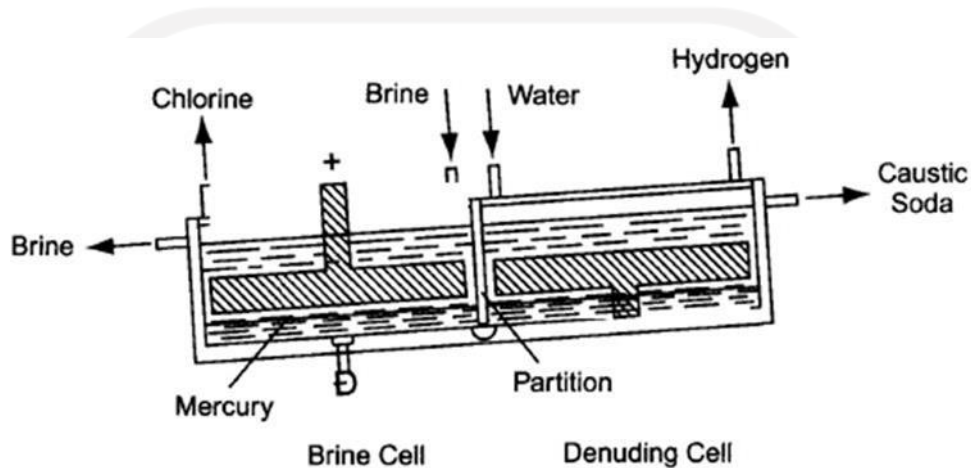
a. Unit *Electrolizer*



b. Unit *Decomposer*



Proses keseluruhan meliputi aliran larutan garam jenuh yang melalui *elongated*. Sedikit miring antara aliran *co-current* yang dangkal dengan rangkaian elektroda (*graphite* atau metal). Permukaan bawahnya dekat dengan permukaan merkuri dan sejajar dengannya (O'Brien, 2004).



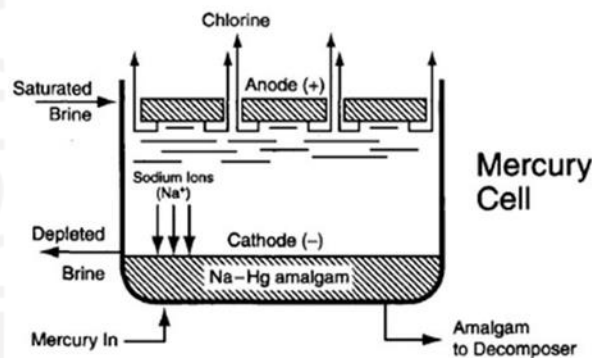
Gambar 1.5 Sel Merkuri 1

Selama elektrolisis, gas klorin dilepaskan di anoda sedangkan ion natrium dilepaskan di permukaan katoda merkuri untuk membentuk *amalgam* natrium dengan konsentrasi rendah (0,1-0,3%wt). Dengan demikian ion natrium hampir seluruhnya dicegah untuk bereaksi dengan elektrolit berair atau dengan klorin terlarut untuk membentuk kembali natrium klorida. Amalgam bereaksi dengan air dalam *decomposer* untuk membentuk kaustik pekat murni (O'Brien, 2004).

Dengan adanya katalis dalam reaktor terpisah yang dikenal sebagai *denuder*. Maka potensial sel reversibel -3,16V. Jika anodanya adalah DSA maka kelebihan muatan yang terkait dengan reaksi elektroda akan sangat rendah. Tegangan normal sel sekitar -4,50V dan tegangan tambahan

diperlukan untuk menggerakkan arus melalui celah Hg-DSA, elektroda dan sambungan sel dan busbar.

Hg (l) yang dihasilkan kemudian dikembalikan lagi ke dalam sel elektrolisis. Bila untuk proses tersebut digunakan air dalam jumlah yang tepat, maka hasilnya ialah NaOH 50% dengan kandungan garam yang sangat rendah (30 ppm).



Gambar 1.6 Sel Merkuri 2

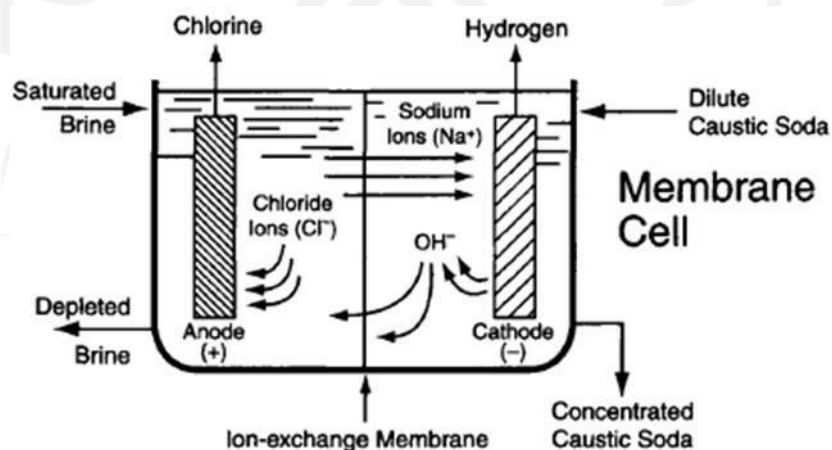
c. Sel Membran (1970)

Di dalam sel membran, ruangan antara anoda dan katoda dipisahkan oleh membran semipermeabel. Pada sel diafragma, migrasi ion dikendalikan oleh laju aliran cairan yang melewati diafragma dan diatur dengan kontrol tingkat cairan yang hati-hati di antara ruangan. Sel membran memisahkan ruangan antara katoda dan anoda dengan lembaran plastik aktif dan berpori. Membran ini memungkinkan ion natrium melewatinya dan ion hidroksil tidak dapat melewatinya (Austin, 1945).

Proses elektrolisis larutan garam menggunakan sel membran merupakan teknologi paling modern dalam industri klor-alkali. Bahan untuk membuat

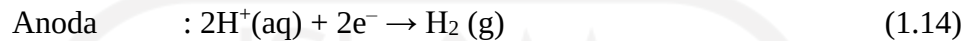
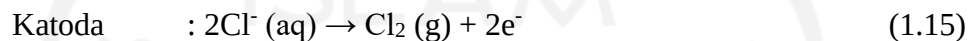
membran polimer terus dikembangkan lebih lanjut. *Du pont* mengembangkan polimer dari asam *perfluorosuldonat* (*nafion*) dan *Ashai* mengembangkan suatu membran berlapis banyak yang menggunakan polimer asam *perfluorosulfonat* yang dilapisi dengan asam *perfluorokarboksilat* pada satu sisi yang lain. Untuk memberikan kekuatan mekanik, membran pada umumnya diperkuat menggunakan serat PTFE (*polytetrafluoroethylene*) (Austin, 1945).

Dalam sel membran tersebut, ruang anoda dan ruang katoda dipisahkan oleh suatu membran yang dapat dilalui oleh kation (ion positif) disebut juga membran penukar ion. Membran penukar ion tersebut memiliki peranan penting menjadi media yang memungkinkan terjadinya perpindahan ion-ion sodium (Na^+) dari ruang anoda ke ruang katoda. Namun membran tersebut mencegah mengalirnya ion Cl^- ke ruang katoda dan mencegah sebagian besar ion OH^- ke ruang anoda sehingga soda kaustik yang dihasilkan tidak bercampur dengan larutan garam.



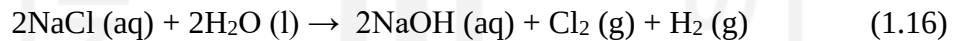
Gambar 1.7 Sel Membran

Pada anoda, ion-ion klorida (Cl^-) dalam larutan garam (NaCl) mengalami oksidasi menjadi gas klorin (Cl_2), sedangkan pada katoda ion-ion hydrogen (H^+) dalam air mengalami reduksi menjadi gas hidrogen (H_2). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selanjutnya, ion-ion natrium (Na^+) yang berpindah dari anoda ke katoda bereaksi dengan ion-ion hidroksida (OH^-) menghasilkan natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 32-35%. Untuk mencapai konsentrasi natrium hidroksida 50%, larutan natrium hidroksida yang diproduksi harus dipekatkan dengan penguapan (terkonsentrasi di *vaporizer*) (O'Brien, 2004).

Reaksi elektrolisis larutan garam (NaCl) secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:



Karena gas klorin (Cl_2) bersifat korosif, anoda harus dibuat dari logam yang tidak reaktif seperti titanium, sementara katoda dapat dibuat dari nikel (O'Brien, 2004).

1.4 Pemilihan Proses

Dari uraian singkat tentang metode pembuatan natrium hidroksida dari natrium klorida menggunakan sel elektrolisis diatas, dapat dilihat perbedaan dari ketiga metode tersebut yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.11 Perbedaan Sel Merkuri, Diafragma dan Membran

Jenis sel	Parameter				
	Konsentrasi natrium hidroksida yang dihasilkan	Tingkat pencemaran lingkungan	Kemurnian natrium hidroksida	Kualitas masukan bahan baku	Penggunaan energi listrik (kWh/ton)
Merkuri	50%	Tinggi	Tinggi, hanya mengandung < 30 ppm NaCl	Harus dimurnikan terlebih dahulu dengan kemurnian yang lebih rendah dari masukan sel membran	3100
Diafragma	12%	Tinggi	Mengandung 1,0-1,5% berat NaCl	Harus dimurnikan terlebih dahulu dengan kemurnian yang lebih rendah dari masukan sel membran	2700
Membran	30-32%	Rendah	Tinggi, hanya mengandung < 50 ppm NaCl.	Harus dimurnikan terlebih dahulu. Kemurnian garam harus > 97%	2200-2500

Dari perbedaan diantara ketiga metode tersebut dapat disimpulkan kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode tercantum pada tabel berikut:

Tabel 1.12 Kelebihan dan Kekurangan Sel Merkuri, Diafragma dan Membran

Proses	Kelebihan	Kelemahan
Sel difragma	Bahan baku NaCl yang dapat digunakan lebih melimpah karena tingkat kemurniannya relatif lebih rendah dan konsumsi energi listriknya tidak terlalu tinggi	Konsentrasi natrium hidroksida yang dihasilkan cukup rendah dan bahan abses pada sel diafragma dapat menyebabkan tingkat pencemaran lingkungan yang tinggi
Sel merkuri	Konsentrasi NaOH yang dihasilkan cukup tinggi dengan kandungan NaCl yang sangat kecil dan bahan baku garam yang digunakan lebih melimpah karena relatif lebih kecil.	Penggunaan energi listrik sangat tinggi dan merkuri merupakan logam berat yang sangat berbahaya jika tercemar dilingkungan
Sel membrane	Tidak menggunakan bahan yang berbahaya seperti abses dan merkuri, penggunaan listrik yang relatif lebih rendah dan konsentrasi NaOH yang dihasilkan juga tinggi dengan kandungan NaCl yang kecil.	Bahan baku garam yang digunakan harus dalam kemurnian yang tinggi sehingga membutuhkan langkah pemurnian yang lebih banyak.

Dengan beberapa pertimbangan, maka proses yang akan dipilih yaitu elektrolisis sel membran dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Proses membran tidak menggunakan bahan yang sangat beracun seperti merkuri dan asbes.
- b. Penggunaan listrik yang lebih hemat dibandingkan 2 proses lainnya.
- c. Kemurnian dari produk akhir yang dihasilkan dengan metode sel membran sangat tinggi karena hanya mengandung < 50 ppm NaCl.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Sifat Fisis	Produk			Bahan Baku		Bahan Pendukung	
	Natrium hidroksida	Clorine	Hidrogen	Natrium klorida	Air	Sodium karbonat	Barium klorida
Rumus molekul	NaOH	Cl ₂	H ₂	NaCl	H ₂ O	Na ₂ CO ₃	BaCl ₂
Berat molekul, g/mol	40,00	71	2,02	58,50	18,02	105,99	208,25
<i>Specific gravity</i>	2,13	2,49	0,00133	1,19	1,00	2,54	3,9
Titik didih, °C	1.388,00	-34,05	-253	1.413,00	100,00	1600	1560
Titik lebur, °C	318,00	-100,98	-240,15	966,00	0,00	856	963
Densitas g/cm ³	2,13	2,5	0,00133	2,17	1,02	2,53	3,856
Viskositas cP	78,00	N/A	N/A	418,55	0,82	N/A	N/A
Kemurnian, %berat	99,50	100	100	98,00	100	100	100
Kelarutan , g/100g air	100	7,41	N/A	36,00	Pelarut	21,25	37,5

Tabel 2.2 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung (Lanjutan)

Sifat Fisis	Produk			Bahan Baku		Bahan Pendukung	
	Natrium hidroksida	Clorine	Hidrogen	Natrium klorida	Air	Sodium karbonat	Barium klorida
Fase	<i>Solid</i>	Liquid	Gas	<i>Solid</i>	<i>Liquid</i>	<i>Liquid</i>	<i>Liquid</i>
Sifat Kimia	<ul style="list-style-type: none"> • Korosif • Hidroskopis • Bereaksi dengan asam 	<ul style="list-style-type: none"> • Bening dan tak berbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak berwarna, berbau dan berasa 	<ul style="list-style-type: none"> • Berwarna putih 	<ul style="list-style-type: none"> • Bening • Tidak berbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Bau menyedapkan • Beracun • Oksidator kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak berwarna • Tidak berbau

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu kegiatan yang dilakukan guna menjaga dan memperoleh kualitas produk yang sesuai dengan standar kualitas mutu yang telah ditentukan sebelumnya. Pengendalian kualitas pada pabrik natrium hidroksida ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku yaitu untuk menjaga kualitas bahan baku agar sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Kriteria bahan baku tersebut ditentukan berdasarkan spesifikasi dan standar dari proses selanjutnya. Hal ini dilakukan agar didapatkan reaksi yang sesuai sehingga menghasilkan mutu produk yang sesuai.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses

Selama proses produksi berlangsung, perlu diadakan pengendalian dan pengawasan terhadap alat proses demi menjaga kelancaran selama proses produksi berlangsung. Mekanisme yang digunakan untuk melakukan pengendalian dan pengawasan selama proses produksi berlangsung yaitu dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room* yang berkerja dengan cara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Bila penyimpangan terjadi maka akan memberikan sinyal atau tanda berupa nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Kondisi ini otomatis terjadi apabila terdapat perbedaan terhadap kondisi operasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Kondisi operasi tersebut dapat berupa *flow rate* bahan baku atau produk, *level*

control maupun *temperature*. Apabila kondisi ini terjadi maka harus dilakukan upaya untuk mengembalikan kondisi operasi baik secara manual maupun otomatis agar kembali sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Alat-alat *control* yang digunakan untuk mengamati kondisi operasi selama proses produksi yaitu:

a. *Level Controller (LC)*

Merupakan alat yang berfungsi sebagai pengendali volume cairan dalam tangki (*vessel*). Alat ini dipasang pada dinding tangki dan akan mendeteksi ketinggian cairan apakah sudah sesuai dengan kondisi yang ditetapkan atau tidak. Jika tidak sesuai maka akan memberikan isyarat berupa nyala lampu dan bunyi alarm.

b. *Level indicator control (LIC)*

Berfungsi untuk menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan.

c. *Temperature Controller (TC)*

Merupakan instrumentasi yang berfungsi untuk mengamati temperatur suatu alat apakah sudah sesuai dengan *set point* atau tidak. Jika tidak sesuai maka informasi yang didapatkan akan diteruskan menuju *Flow Rate Controller* untuk aliran *steam* maupun *cooling water* dari *heat exchanger* untuk kemudian ditindak lanjuti.

d. *Temperature indicator (TI)*

Berfungsi untuk mengetahui temperature operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Adapun jenis *temperature indicator* antara lain yaitu termometer dan termokopel

e. *Flow Rate Controller (FC)*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur besarnya aliran dalam pipa. Aliran dalam pipa akan disesuaikan dengan mengatur bukaan pada *valve* agar aliran masuk maupun keluar dapat sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan sebelumnya.

f. *Pressure Controller (PC)*

Merupakan instrumentasi yang berfungsi untuk mengamati tekanan operasi suatu alat. Jika mengalami perubahan tekanan, PC akan otomatis memberikan isyarat berupa suara dan nyala lampu.

g. *Pressure indicator (PI)*

Berfungsi untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *pressure indicator* antara lain yaitu *pressure gauge*.

h. *Weight Controller (WC)*

Alat ini bertugas untuk menunjukkan nilai berat bahan dalam penampung. Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung.

2.2.3 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu dibutuhkan untuk memaksimalkan waktu yang digunakan selama proses sehingga kegiatan produksi dapat sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan.

2.2.4 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan rancangan maka perlu dilakukan pengawasan dan pengujian terhadap produk yang telah dihasilkan. Untuk mengetahui bahwa produk yang dihasilkan sesuai standar maka diperlukan laboratorium atau menggunakan alat kontrol. Pengendalian kualitas ini mengawasi produk yang akan dipindahkan dari *storage tank* ke *container*.



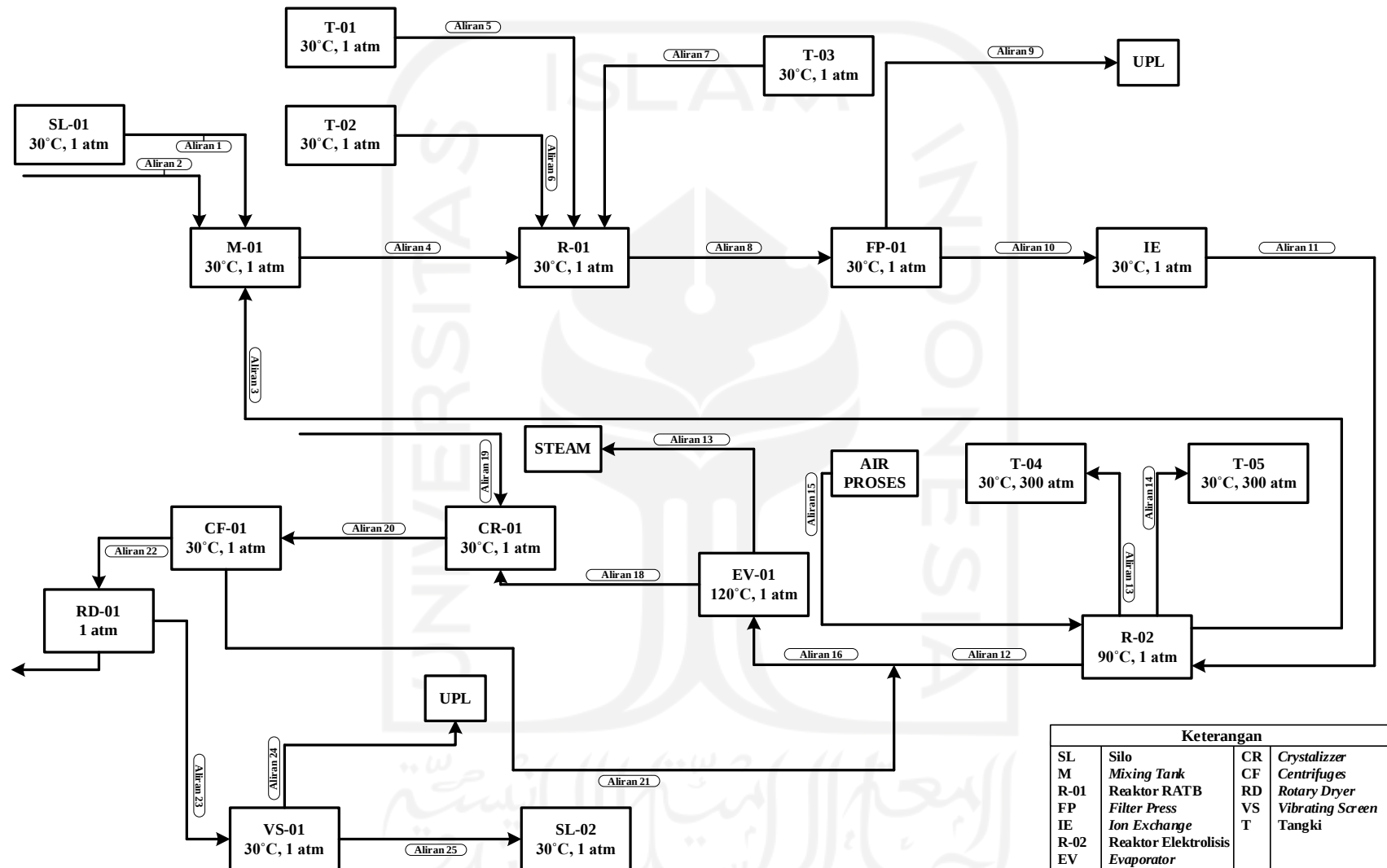
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material

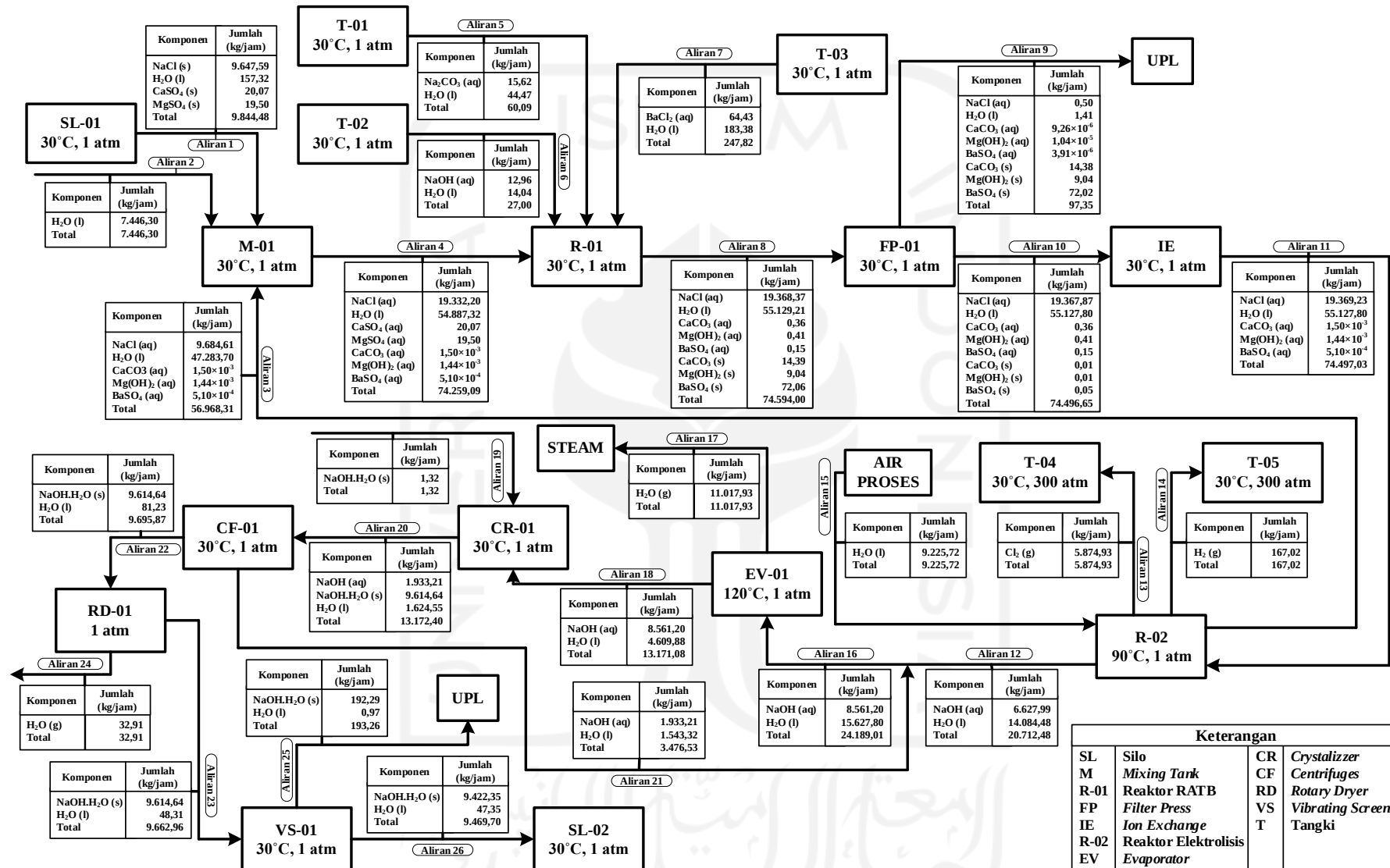
Aliran proses dan material berisi tentang penyusunan aliran proses dan material pada unit produksi berdasarkan uraian proses (*flow process*) dan analisa perhitungan bahan. Pada penyusunan aliran proses dan material dilengkapi dengan diagram alir proses yang sudah berisi dengan data kuantitatif (temperatur, tekanan, jumlah bahan, dan lain-lain).

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Untuk menghasilkan kualitas produk natrium hidroksida yang berkualitas dan sesuai dengan yang diinginkan maka diperlukan perancangan proses dalam merancang pabrik tersebut. Pemilihan proses yang tepat sangat memengaruhi hasil akhir dari sebuah produk.

3.2 Uraian Proses

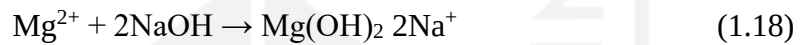
Dalam perancangan pabrik natrium hidroksida dari natrium klorida ini, unit prosesnya dibagi menjadi 3 kelompok proses yaitu:

- a) Proses *Brine Purification*
- b) Proses *Brine Electrolysis*
- c) Proses *product purification*

3.2.1 Proses *Brine Purification*

Bahan baku NaCl yang digunakan berbentuk Kristal putih dan memiliki kemurnian 98% dengan pengotor Ca^+ sebanyak 600 ppm dan Mg^+ sebanyak 400 ppm. NaCl akan disimpan dalam silo (SL-01) dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C . NaCl yang telah disimpan dalam SL-01 akan diumpankan menuju *mixing tank* (M-01) menggunakan *screw conveyor* (SC-01) dan diangkat menggunakan *bucket elevator* (BE-02). Dalam *Mixing tank* (M-01), NaCl dalam bentuk padatan akan dilarutkan menggunakan air proses dan aliran *recycle* dari larutan NaCl yang tidak bereaksi pada reaktor elektrolisis (R-02). Konsentrasi keluaran NaCl (aq) pada M-01 yaitu sebesar 26% wt. Setelah NaCl larut, larutan NaCl tersebut (*brine*) akan diumpankan menggunakan pompa menuju reaktor. Fungsi reaktor ini yaitu untuk mereaksikan pengotor – pengotor (Impuritas) yang masih terkandung dalam *brine* dengan Na_2CO_3 (aq) 26%,

NaOH (aq) 48% dan BaCl₂ (aq) 26%. Reaktor yang digunakan yaitu reaktor tangki alir berpengaduk (RATB). Impuritas utama dalam larutan *brine* ini yaitu ion kalsium, ion magnesium dan ion sulfat. dengan mereaksikan larutan *brine* dengan larutan Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂ maka akan terbentuk endapan kalsium karbonat (CaCO₃), magnesium hidroksida (Mg(OH)₂), dan barium sulfat (BaSO₄). Reaksi yang terjadi pada (R-01) yaitu sebagai berikut:



Larutan *brine* dengan impuritas berupa endapan CaCO₃, Mg(OH)₂ dan BaSO₄ akan diumpankan menuju *filter press* (FP-01) menggunakan pompa untuk dipisahkan antara larutan *brine* dengan impuritas tersebut. Fitrat Keluaran dari FP-01 yaitu larutan *brine* dengan konsentrasi impuritas sebesar 1 ppm akan diumpankan menuju *ion exchange* (IE-01) sedangkan impuritas (*cake*) akan dibuang menuju UPL. Larutan *brine* akan diumpankan menuju IE-01 menggunakan pompa . fungsi dari IE-01 yaitu untuk memperkecil konsentrasi ion Ca²⁺, Mg²⁺ dan SO₄²⁻ hingga ppb (*part per billion*) (O'Brien, 2004).

Berikut merupakan standar jumlah pengotor yang diperbolehkan untuk masuk kedalam proses *membrane electrolyzer*:

Tabel 3.1 Standar Impuritas *Membrane Cells*

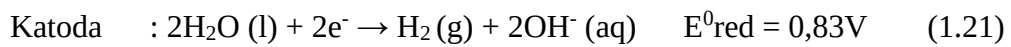
<i>Impurities</i>	<i>Unit</i>	<i>Upper limit</i>
Ca + Mg	Ppb	20
Ba	Ppb	5
Cu	Ppm	1
Fe	Ppm	1
<i>Heavy metals</i>	Ppm	0,1
Cr	Ppm	1
Mn	Ppm	0,1
Ni	Ppm	0,01
Al	Ppm	0,1
ClO ₃	g/L	20
SO ₄	g/L	6

3.2.2 Proses *Brine Electrolysis*

Setelah proses *brine purification*. Larutan *brine* akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (H-01) hingga suhu 90°C. Setelah dipanaskan larutan *brine* tersebut akan diumpankan menuju Reaktor *membrane electrolyzer* (R-02). Larutan *brine* akan masuk menuju ruang anoda pada *membrane electrolyzer*. *Membrane electrolyzer* yang digunakan yaitu produk reaktor elektrolisis buatan *asahi kasei's* tipe ML60. Kondisi operasi pada R-02 yaitu tekanan 1 atm dan suhu 90°C dengan konversi sebesar 50% (Patent google, EP0427972A1).

Pada anoda, ion-ion klorida yang terkandung dalam larutan *brine* akan teroksidasi menjadi gas klorin (Cl₂) sedangkan pada katoda, ion-ion hidrogen dalam air akan tereduksi menjadi gas hidrogen (H₂). *Cell voltage* pada elektrolisa ini yaitu 2,5-4 volt dengan *current density* 5 A/in² (O'Brien, 2004).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



$$E^{\text{sel}} = 2,19 \text{ V}$$

Gas hidrogen dan klorin yang terbentuk akan keluar pada bagian atas *membrane electrolyzer*. Ion-ion natrium pada larutan *brine* akan berpindah melewati sekat menuju ruang katode sedangkan ion-ion klorin tidak dapat melewatinya. Ion-ion natrium yang telah melewati sekat akan bereaksi lebih lanjut dengan ion-ion hidroksida dalam air sehingga membentuk larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi 32- 35% (O'Brien, 2004).

Larutan *brine* yang tidak terkonversi berkonsentrasi 17%wt akan diumpankan kembali menuju M-01 menggunakan pompa dan digunakan sebagai pelarut untuk padatan NaCl (Patent google, EP0427972A1).

3.2.3 Proses *product purification*

Konsentrasi larutan NaOH keluaran R-02 yaitu sebesar 32%wt. Larutan tersebut akan diumpankan menggunakan pompa menuju *evaporator* (EV-01) untuk dipekatkan hingga konsentrasi 50%wt. Akan tetapi sebelum masuk EV-01, Aliran larutan NaOH 32%wt akan digabungkan dengan aliran *recycle* larutan NaOH tepat jenuh dari *centrifuge* (CF-01) sehingga konsentrasi umpan masuk larutan NaOH menuju EV-01 menjadi 35,4%wt. Pada EV-01 akan terjadi proses pengupan pelarut pada larutan NaOH 35,4%wt hingga konsentrasi Larutan meningkat menjadi 65% (O'Brien, 2004). Jenis evaporator yang digunakan yaitu *long tube evaporator* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 120°C.

Larutan NaOH 65%wt kemudian akan diumpankan menuju *crystalizer* (CR-01) menggunakan pompa. Fungsi dari CR-01 yaitu untuk membentuk kristal NaOH dengan ukuran sebesar 10 mesh. Tipe *crystalizer* yang digunakan yaitu *Stirrer tank crystalizer* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C (Perry 7th edition). Adapun *crystal* yang terbentuk yaitu *sodium hydroxide monohydrate* (NaOH.H₂O).

Kristal yang terbentuk dan larutan NaOH yang tidak terkonversi menjadi kristal kemudian akan diumpankan menuju CF-01 untuk dipisahkan antara padatan kristal dan larutan NaOH. Tipe *centrifuge* yang digunakan yaitu *Helical conveyor centrifuge* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C. Filtrat keluaran CF-01 yaitu berupa larutan NaOH tepat jenuh akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (H-02) hingga bersuhu 90°C lalu diumpankan kembali menuju aliran NaOH 32%wt keluaran dari R-02 sedangkan cake berupa kristal NaOH.H₂O akan diumpankan menuju *rotary dryer* (RD-01) menggunakan *screw conveyor*. Fungsi dari RD-01 yaitu untuk mengurangi kadar air pada kristal dengan cara mengkontakkan kristal dengan udara panas dan kering.

Kristal NaOH.H₂O keluaran RD-01 mempunyai kadar air sebesar 0,5% lalu akan diumpankan menuju *vibrating screener* (VS-01) untuk menyeragamkan ukuran partikel kristal dengan ukuran sebesar 10 mesh. Kristal NaOH.H₂O yang tertahan pada VS-01 akan diumpankan menuju penampungan dan akan digunakan untuk kebutuhan pabrik seperti pada pemurnian air maupun digunakan sebagai umpan pada R-01. Sedangkan kristal NaOH.H₂O yang lolos

pada VS-01 akan diumpakan menuju silo (SL-02) Sembari didinginkan menggunakan *cooling screw conveyor* (CSC-01) dan *bucket elevator* (BE-02). Produk yang dihasilkan yaitu kristal $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan kadar 99,5%wt , kadar air sebesar 0,5%wt dan ukuran kristal sebesar 10 mesh.



3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3.2 Spesifikasi reaktor RATB

Reaktor -01	
Parameter	Jenis dan Ukuran
Spesifikasi umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan pengotor pada NaCl (aq) dengan Na ₂ CO ₃ (aq), NaOH (aq), dan BaCl ₂ (aq)
Jenis	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode operasi	Kontinyu
Jumlah	1 Buah
Kapasitas maksimum	14,24 m ³
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Non isothermal</i>
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan material	
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
OD shell	2,29 m
Tebal shell	0,25 in
Tinggi total	4,30 m
Jenis head	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Spesifikasi khusus	
Jenis pengaduk	<i>Marine Propeller With 3 Blade</i>
Diameter pengaduk	0,76 m
Kecepatan pengaduk	125,00 rpm
Power pengaduk	3,00 Hp
Jumlah baffle	4 buah
Lebar baffle	0,08 m

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis

Reaktor -02	
Parameter	Jenis dan ukuran
Spesifikasi umum	
Kode	R-02
Fungsi	Mereaksikan larutan NaCl dengan H ₂ O untuk menghasilkan NaOH
Jenis	Reaktor elektrolisis dari <i>Asahi kasei's tipe ML60</i>
Mode operasi	Kontinyu
Jumlah <i>cell</i>	185 Buah
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Isotermal</i>
Suhu	90°C
Tekanan	1 atm
Dimensi dan material	
Jenis katoda	Titanium
Jenis anoda	Titanium
Jenis membrane	<i>Aciplex</i>
Tinggi	1,67 m
Lebar	3,86 m
Panjang 1 <i>cell</i>	0,08 m
Panjang total	14,80 m
Ukuran elektroda	5,10 m ²
Mechanical design	
Tegangan	3,19 V
<i>Current density</i>	5,00 kA/m ²
Arus listrik	4.667,07 kA
Daya listrik	14,89 MW
Jenis pemanas	<i>Electric</i>
Energi listrik pemanas	45.946.965,69 kJ
Daya listrik pemanas	13,41 MW
Daya listrik total	28,30 MW

3.3.2 Alat Pendukung

Tabel 3.4 Spesifikasi *Mixing tank*

Mixing Tank-01	
Kode	M-01
Fungsi	Melarutkan NaCl (s) dengan air proses dan aliran <i>recycle</i> dari R-02
Jenis	Tangki silinder dengan pengaduk
Mode operasi	Kontinyu
Jumlah	1 buah
Kapasitas maksimum	13,98 m ³
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Non isothermal</i>
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
OD <i>shell</i>	2,59 m
Tebal <i>shell</i>	0,25 in
Tinggi total	3,62 m
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Spesifikasi khusus	
Jenis pengaduk	<i>Marine Propeller With 3 Blade</i>
Diameter pengaduk	0,86 m
Kecepatan pengaduk	125,00 rpm
Power pengaduk	7,50 Hp
Jumlah <i>baffle</i>	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	0,09 m

Tabel 3.5 Spesifikasi *Crystallizer*

<i>Crystallizer-01</i>	
Kode	CR-01
Fungsi	Membentuk kristal NaOH.H ₂ O dari larutan NaOH 50%wt
Jenis	<i>Strirer Tank Crystallizer</i>
Mode operasi	<i>semi batch</i>
Waktu tinggal	1 jam
Jumlah	1 buah
Kapasitas maksimum	12,43 m ³
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Non isothermal</i>
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan material	
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
OD <i>shell</i>	2,13 m
Tebal <i>shell</i>	0,38 in
Tinggi <i>total</i>	3,79 m
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Jenis <i>bottom</i>	<i>Conis</i>
Spesifikasi khusus	
Jenis pengaduk	<i>Marine Propeller With 3 Blade</i>
Diameter pengaduk	1,06 m
Kecepatan pengaduk	84,00 rpm
Power pengaduk	7,50 Hp
Jenis pendingin	<i>Coil</i>
<i>Ud</i>	1.438,10 W/m ² .°K
Luas area transfer panas	416,57 ft ²
<i>NPS</i>	2,50 in
<i>Schedule number</i>	40
Panjang total	168,62 m
Jumlah lilitan	37 lilitan
Tinggi tumpukan koil	1,32 m

3.3.3 Spesifikasi Alat Pemisah

Tabel 3.6 Spesifikasi *Ion Exchange*

Parameter	<i>Kation Exchange-01</i>	<i>Anion Exchange-01</i>
Kode	IE-01	IE-02
Fungsi	Mengurangi konsentrasi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada larutan NaCl	Mengurangi konsentrasi ion SO_4^{2-} pada larutan NaCl
Jenis	Tangki Silinder dengan <i>fixed Bed</i>	Tangki silinder dengan <i>fixed bed</i>
Mode operasi	Kontinyu	Kontinyu
Jumlah	2 buah	2 buah
Jenis resin	<i>Sodium polystyrene sulfonate</i>	<i>Polystyrene-based benzyl trimetil amonium (type 1)</i>
Kapasitas resin	1,20 eq/L resin	1,00 eq/L resin
Waktu <i>cycle</i>	168,00 jam	168,00 jam
Waktu regenerasi	15,54 menit	15,45 menit
<i>Spesific flow rate</i>	41,89 Bv/h	34,87 Bv/h
Kondisi operasi		
Kondisi proses	<i>Non isothermal</i>	<i>Non isothermal</i>
Tekanan	1 atm	1 atm
Konstruksi dan material		
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
<i>OD shell</i>	1,02 m	1,22 m
Tebal <i>shell</i>	0,19 in	0,19 n
Tinggi total	3,10 m	3,39 m
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Volume <i>bed</i>	1,47 m ³	1,76 m ³
Tinggi <i>bed</i> total	1,87 m	1,86

Tabel 3.7 Spesifikasi *Filter Press*

Parameter	<i>Filter Press-01</i>
Kode	FP-01
Fungsi	Memisahkan padatan hasil dari R-01 dengan larutan NaCl
Material	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kondisi operasi	
<i>Kondisi proses</i>	<i>non isothermal</i>
Tekanan masuk	4 atm
Tekanan keluar	1 atm
Spesifikasi	
Kapasitas	95,75 kg/jam
Luas area filtrasi	3,70 m ³
Jumlah <i>plate and frame</i>	11, buah

Tabel 3.8 Spesifikasi *Centrifuge*

Parameter	<i>Centrifuge-01</i>
Kode	CF-01
Fungsi	Memisahkan kristal NaOH.H ₂ O hasil dari CR-01 dengan filtrate
Jenis	<i>Helical Conveyor Centrifuge</i>
Material	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi	
Kapasitas	4,26 ton/jam
Diameter <i>bowl</i>	0,61 in
Panjang <i>bowl</i>	1,83 m
Laju putar motor	37,50 rpm
Daya motor	0,13 Hp

Tabel 3.9 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Parameter	<i>Rotary Dryer-01</i>
Kode	RD-01
Fungsi	Mengeringkan kristal NaOH.H ₂ O keluaran CF-01
Jenis	Drum berputar
Arah aliran	<i>Counter current</i>
Jumlah	1 buah
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu kristal masuk	30,00°C
Suhu kristal keluar	41,34°C
Suhu udara masuk	80,00°C
Suhu udara keluar	43,34°C
Tekanan	1,00 atm
Spesifikasi	
Diameter	1,07 m
Panjang	4,30 m
Tebal <i>shell</i>	0,19 in
Kemiringan	4°
Jumlah <i>flight</i>	12 buah
Kecepatan putar	10,00 rpm
Daya motor	40,00 Hp
Waktu tinggal	6,09 menit

Tabel 3.10 Spesifikasi *Vibrating screen*

Parameter	<i>Vibrating Screen-01</i>
Kode	VS-01
Fungsi	Menyeragamkan ukuran produk sebesar 10 mesh
Jenis	<i>Vibrating Screen</i>
Material	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi	
Ukuran <i>Screen</i>	10 mesh
Luas <i>Screen</i>	7,70 m ²
Panjang <i>Screen</i>	3,92 m
Lebar <i>Screen</i>	1,96 m

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan

a. Tangki Penyimpanan Padatan

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo

Parameter	Silo-01	Silo-02
Kode	SL-01	SL-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku Kristal NaCl	Menyimpan produk utama Kristal NaOH.H ₂ O
Lama penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Padat	Padat
Jenis tangki	Silinder tegak dengan <i>Conical Bottom</i> dan <i>Flat Head</i>	Silinder tegak dengan <i>Conical Bottom</i> dan <i>Flat Head</i>
Kondisi Operasi		
Suhu	30,00°C	30,00°C
Tekanan	1,00 atm	1,00 atm
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Spesifikasi		
Volume Tangki	918,74 m ³	901,14 m ³
Diameter	8,15 m	8,10 m

Tabel 3.12 Spesifikasi Silo (Lanjutan)

Parameter	Silo-01	Silo-02
Tinggi	18,89 m	18,79 m
Tebal <i>shell</i>	0,44 in	0,31 in
Jenis <i>head</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Jenis <i>bottom</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>
Tebal <i>head</i>	0,6250 in	0,50 in

b. Tangki Penyimpanan Cairan

Tabel 3.13 Spesifikasi Tangki Konis

Parameter	Tangki-01	Tangki-02	Tangki-03
Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku larutan Na ₂ CO ₃ 26%	Menyimpan bahan baku larutan NaOH 48%	Menyimpan bahan baku larutan BaCl ₂ 26%
Tipe	Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>	Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>	Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Fasa	Cair	Cair	Cair
kapasitas maksimum	106,70 m ³	25,01 m ³	240,07 m ³
Waktu tinggal	30 hari	30 hari	30 hari
Kondisi operasi			
Suhu	30,00°C	30,00°C	30,00°C
Tekanan	1,00 atm	1,00 atm	1,00 atm
Spesifikasi			
Jenis <i>head</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>

Tabel 3.14 Spesifikasi Tangki Konis (Lanjutan)

Parameter	Tangki-01	Tangki-02	Tangki-03
Jenis <i>bottom</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Tinggi	4,47 m	1,99 m	5,52 m
Diameter	6,10 m	4,57 m	9,14 m
tebal <i>shell</i>	0,19 in	0,19 in	0,19 in
tebal <i>head</i>	0,88 in	0,88 in	0,88 in
tebal <i>bottom</i>	0,38 in	0,31 in	0,38 in
<i>Number of courses</i>	2	1	2

Tabel 3.15 Tangki *Column*

Parameter	Tangki-04
Kode	T-04
Fungsi	Menyimpan produk samping Cl_2 (l)
Jenis	Tangki silinder dengan <i>torispherical head & bottom</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Orientasi	<i>Vertical</i>
Fase	Cair
Waktu tinggal	10 hari
Kapasitas maksimum	533,47 m ³
Jumlah	5 buah
Kondisi operasi	
Suhu	30,00°C
Tekanan	11,55 atm
Spesifikasi	
Tinggi total	20,86 m
<i>OD</i>	6,10 m
Tebal <i>shell</i>	1,38 in
Jenis <i>head & bottom</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
tebal <i>head & bottom</i>	1,75 in

c. Tangki Penyimpanan Gas

Tabel 3.16 Tangki *Spherical*

Parameter	Tangki-05
Kode	T-05
Fungsi	Menyimpan produk samping gas H_2
Jenis	<i>Spherical tank</i>
Bahan konstruksi	<i>ASTM A723 grade 1 class 2</i>
Fase	Gas
Waktu tinggal	10 hari
Kapasitas maksimum	490,43 m ³
Jumlah	4 buah
Kondisi operasi	
Suhu	30,00°C
Tekanan	300,00 atm
Spesifikasi	
Diameter	9,79 m
Tebal tangki	0,22 m

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Alat Transportasi Padatan

Tabel 3.17 Spesifikasi *Screw Conveyor* (01-03)

Parameter	SCREW CONVEYOR-01	SCREW CONVEYOR-02	SCREW CONVEYOR-03
Kode	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut NaCl (s) dari SL-01 menuju BE-01	Mengangkut kristal NaOH.H ₂ O dan filtrat dari CR-01 menuju CF-01	Mengangkut kristal NaOH.H ₂ O dari CF-01 menuju RD-01
Tipe	<i>Horizontal screw conveyor</i>	<i>Horizontal closed screw conveyor</i>	<i>Horizontal screw conveyor</i>

Tabel 3.18 Spesifikasi *Screw Conveyor* (01-03) (Lanjutan)

Parameter	SCREW CONVEYOR-01	SCREW CONVEYOR-02	SCREW CONVEYOR-03
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Laju alir massa masuk	11,61 ton/jam	15,95 ton/jam	11,75 ton/jam
Kapasitas maksimal	15,00 ton	20,00 ton	15,00 ton
Kondisi operasi			
Suhu	30,00°C	30,00°C	30,00° C
Tekanan	1,00 atm	1,00 atm	1,00 atm
Dimensi dan power			
Panjang	15,00 ft	15,00 ft	15,00 ft
Diameter <i>flight</i>	10,00 in	12,00 in	10,00 in
Kecepatan	80,00 rpm	60,00 rpm	80,00 rpm
Power motor	0,33 Hp	0,50 Hp	0,33 Hp

Tabel 3.19 Spesifikasi *Screw Conveyor* (04 dan 05)

Parameter	SCREW CONVEYOR-04	SCREW CONVEYOR-05
Kode	SC-04	SC-05
Fungsi	Mengangkut kristal NaOH.H ₂ O dari CF-01 menuju RD-01	Mengangkut kristal NaOH.H ₂ O dari SR-01 menuju BE-01
Tipe	<i>Horizontal closed screw conveyor</i>	<i>Horizontal screw conveyor</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Laju alir massa masuk	11,60 ton/jam	11,36 ton/jam
Kapasitas maksimal	15,00 ton	15,00 ton
Kondisi operasi		
Suhu	30,00°C	30,00°C
Tekanan	1,00 atm	1,00 atm
Dimensi dan power		

Tabel 3.20 Spesifikasi *Screw Conveyor* (04 dan 05) (Lanjutan)

Parameter	SCREW CONVEYOR-04	SCREW CONVEYOR-05
Panjang	15,00 ft	15,00 ft
Diameter <i>flight</i>	10,00 in	10,00 in
Kecepatan	80,00 rpm	80,00 rpm
Power motor	0,33 Hp	0,33 Hp

Tabel 3.21 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Parameter	BUCKET ELEVATOR-01	BUCKET ELEVATOR-02
Kode	BE-01	BE-02
Fungsi	Mengangkut NaCl (s) dari SC-01 menuju M-01	Mengangkut kristal NaOH.H ₂ O dari SC-05 menuju SL-02
Jenis	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Laju alir massa	9,68 ton/jam	9,47 ton/jam
Kapasitas maksimum	14,00 ton/jam	14,00 ton/jam
Dimensi dan power		
Panjang <i>bucket</i>	6,00 in	6,00 in
Lebar <i>bucket</i>	4,00 in	4,00 in
Tinggi <i>bucket</i>	4,50 in	4,50 in
Jumlah <i>bucket</i>	31buah	107 buah
Tinggi elevator	6,55 m	22,55 m
Diameter <i>pulley (Head)</i>	20,00 in	20,00 in
Diameter <i>pulley (Tail)</i>	14,00 in	14,00 in
Kecepatan <i>bucket</i>	186,62 ft/menit	182,63 ft/menit
Rpm <i>shaft</i>	35,67 rpm	34,90 rpm
Power motor	5,00 Hp	15,00 Hp

b. Alat Transportasi Cairan

Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa (01-03)

Parameter	POMPA-01	POMPA-02	POMPA-03
Kode	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Memompa larutan NaCl dari M-01 menuju R-01	Memompa larutan NaCl dari R-01 menuju FP-01	Memompa larutan NaCl dari FP-01 menuju IE-01
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>
Kapasitas	323,61 gpm	324,07 gpm	324,63 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	2,04 cP	2,04 cP	2,04 cP
Suhu fluida	29,79°C	30,00°C	30,00°C
<i>Head pump</i>	4,15 m	0,07 m	3,19 m
Spesifikasi pipa			
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	6,00 in	6,00 in	6,00 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	6,63 in	6,63 in	6,63 in
<i>ID</i>	6,06 in	6,06 in	6,06 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	82,00%	80,00%	81,00%
Daya motor	2,00 Hp	0,05 Hp	2,00 Hp

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (04-06)

Parameter	POMPA-04	POMPA-05	POMPA-06
Kode	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Memompa larutan NaCl dari IE-01 menuju IE-02	Memompa larutan NaCl dari IE-01 menuju R-02	Memompa larutan NaCl <i>Recycle</i> dari R-02 menuju M-01
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Mix flow</i>
Kapasitas	324,63 gpm	324,63 gpm	272,56 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	2,04 cP	2,04 cP	0,41 cP
Suhu fluida	30,00°C	30,00°C	90,00°C
<i>Head pump</i>	3,48 m	1,77 m	5,53 m
Spesifikasi pipa			
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	6,00 in	6,00 in	6,00 in
<i>Sch.No</i>	40	40	80
<i>OD</i>	6,63 in	6,63 in	6,63 in
<i>ID</i>	6,06 in	6,06 in	5,76 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	81,00%	80,00%	82,00%
Daya motor	2,00 Hp	1,00 Hp	3,00 Hp

Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (07-09)

Parameter	POMPA-07	POMPA-08	POMPA-09
Kode	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Memompa larutan NaOH dari R-02 menuju Evaporator EV-01	Memompa filtrat keluaran CF-01 menuju aliran 12	Memompa larutan Na ₂ CO ₃ dari T-01 menuju R-01
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Mix flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Radial flow</i>
Kapasitas	97,11 gpm	17,85 gpm	0,24 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	1,35 cP	0,85 cP	5,50 cP
Suhu fluida	90,00°C	30,00°C	30,00°C
<i>Head pump</i>	7,39 m	0,08 m	4,52 m
Spesifikasi pipa			
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	4,00 in	1,50 in	0,25 in
<i>Sch.No</i>	80	40	80
<i>OD</i>	4,50 in	1,90 in	0,54 in
<i>ID</i>	3,83 in	1,61 in	0,30 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	80,00%	80,00%	80,00%
Daya motor	1,50 Hp	0,05 Hp	0,05 Hp

Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (10-13)

Parameter	POMPA-10	POMPA-11	POMPA-12	POMPA-13
Kode	P-10	P-11	P-12	P-13
Fungsi	Memompa larutan NaOH dari T-01 menuju R-01	Memompa larutan BaCl ₂ dari T-01 menuju R-01	Memompa air menuju M-01	Memompa air menuju R-02
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis impeller	<i>Radial flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>
Kapasitas	0,093 gpm	1,00 gpm	37,81 gpm	46,84 gpm
Kondisi operasi				
Viskositas fluida	46,51 cP	1,22 cP	0,82 cP	0,82 cP
Suhu fluida	30,00°C	30,00°C	30,00°C	90,00°C
Head pump	5,33 m	1,46 m	5,56 m	1,77 m
Spesifikasi pipa				
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
IPS	0,25 in	0,38 in	2,50 in	2,50 in
Sch.No	80	40	40	40
OD	0,54 in	0,68 in	2,88 in	2,88 in
ID	0,30 in	0,50 in	2,47 in	2,47 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
Daya motor	0,05 Hp	0,05 Hp	0,75 Hp	0,17 Hp

b. Alat Transportasi Gas

Tabel 3.26 Spesifikasi *Compressor*

Parameter	<i>Compressor-01</i>	<i>Compressor-02</i>	<i>Compressor-03</i>	<i>Compressor-04</i>
Kode	C-01	C-02	C-03	C-04
Fungsi	Menaikan tekanan gas Cl ₂ dari R-02	Menaikan tekanan gas H ₂ dari CL-02	Menaikan tekanan gas H ₂ dari CL-03	Menaikan tekanan gas H ₂ dari CL-04
Jenis	<i>Sentrifugal multistage</i>	<i>Sentrifugal multistage</i>	<i>Sentrifugal multistage</i>	<i>Sentrifugal multistage</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304J</i>
Kapasitas	2.425,44 m ³ /jam	2.024,54 m ³ /jam	259,98 m ³ /jam	40,52 m ³ /jam
Kondisi operasi				
Tekanan masuk	1,00 atm	1,00 atm	7,79 atm	49,97 atm
Tekanan keluar	10,50 atm	8,00 atm	50,00 atm	300,00 atm
Suhu masuk	90,00°C	30,00°C	30,00°C	30,00°C
Suhu keluar	115,59°C	136,59°C	123,77°C	119,94°C
Spesifikasi				
Jumlah <i>stage</i>	2	2	2	2
Rasio kompresi	3,24	2,83	2,53	2,45
Power motor	1,31 Hp	9,90 Hp	9,69 Hp	9,84 Hp

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heat Exchanger

Tabel 3.27 Spesifikasi *Double Pipe Heat Exchanger*

Parameter	HEATER - 02	COOLER-02	COOLER-03
Kode	H-02	CL-02	CL-03
Fungsi	Memaskan larutan NaOH 32% dari suhu 30°C menjadi 90°C	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 90°C menjadi 30°C	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 136,58°C menjadi 30°C
Jenis	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Arah aliran	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>
Jumlah hairpin	2 buah	2 buah	3 buah
Luas transfer panas	37,01 ft ²	33,65 ft ²	52,00 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0010 /0,001 h.ft. °F/btu	0,0018/0,001 h.ft. °F/btu	0,0019/0,001 h.ft. °F/btu
Mechanical design			
Annulus			
Fluida	<i>Steam (g)</i>	<i>Air (l)</i>	<i>H₂ (g)</i>
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>	<i>Cold fluid</i>	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	378,36 kg/jam	1342,58 kg/jam	164,15 kg/jam
Outer pipe, IPS	3,00 in	3,00 in	3,00 in
Inner pipe, IPS	2,00 in	2,00 in	2,00 in
Flow area	2,93 in ²	2,93 in ²	2,93 in ²
Panjang	15,00 ft	15,00 ft	15,00 ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	9,52/10,00 psi	0,13/10,00 psi	3,12/10,00 psi
Tube			
Fluida	<i>NaOH (aq) 3,8%</i>	<i>H₂ (g)</i>	<i>Air (l)</i>
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>	<i>Hot fluid</i>	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	3503,45 kg/jam	164,15 kg/jam	2391,23 kg/jam
IPS	2,00 in	2,00 in	2,00 in
Schedule No	40	40	40
OD	2,38 in	2,38 in	2,38 in
ID	2,07 in	2,07 in	2,07 in
Flow area	3,35 in ²	3,35 in ²	3,35 in ²
Surface area	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,13/10,00 psi	3,34/10,00 psi	0,10/10,00 psi

Tabel 3.28 Spesifikasi *Double Pipe Heat Exchanger* (Lanjutan)

Parameter	COOLER-04	COOLER-05
Kode	CL-04	CL-05
Fungsi	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 123.77°C menjadi 30°C	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 119.94°C menjadi 30°C
Jenis	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Arah aliran	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>
Jumlah <i>hairpin</i>	3 buah	4 buah
Luas transfer panas	54,09 ft ²	56,27 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0014/0,001 h.ft. °F/btu	0,0017/0,001 h.ft. °F/btu
Mechanical design		
Annulus		
Fluida	H ₂ (g)	H ₂ (g)
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	164,15 kg/jam	164,15 kg/jam
<i>Outer pipe, IPS</i>	3,00 in	3,00 in
<i>Inner pipe, IPS</i>	2,00 in	2,00 in
<i>Flow area</i>	2,93 in ²	2,93 in ²
Panjang	15,00 ft	12,00 ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,50/10,00 psi	0,09/10,00 psi
Tube		
Fluida	Air (l)	Air (l)
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	2102,31 kg/jam	2102,31 kg/jam
<i>IPS</i>	2,00 in	2,00 in
<i>Schedule No</i>	40	40
<i>OD</i>	2,38 in	2,38 in
<i>ID</i>	2,07 in	2,07 in
<i>Flow area</i>	3,35 in ²	3,35 in ²
<i>Surface area</i>	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,08/10,00 psi	0,09/10,00 psi

Tabel 3.29 Spesifikasi *Shell and Tube Heat Exchanger*

Parameter	HEATER-01	COOLER-01
Kode	H-01	CL-02
Fungsi	Memanaskan umpan R-02 dari suhu 30°C menjadi 90°C	Mendinginkan umpan <i>recycle</i> dari R-02 menuju M-01 dari suhu 90°C menjadi 30°C
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Arah aliran	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>
Luas transfer panas	981,50 ft ²	3.448,60 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0031/0,003 h.ft. °F/btu	0,0031/0,003 h.ft. °F/btu
Mechanical design		
Shell		
Fluida	Steam (g)	NaCl (aq) 17%
Jenis Fluida	<i>Hot fluid</i>	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	6.684,24 kg/jam	55.989,74 kg/jam
<i>Passes</i>	1	4
<i>ID</i>	21,25 in	33,00 in
Jenis <i>baffle</i>	<i>Baffle segmen tunggal</i>	<i>Baffle segmen tunggal</i>
<i>Baffle cut</i>	25 %	25%
Jumlah <i>baffle</i>	37 buah	32 buah
Jarak antar <i>baffle</i>	6,38 in	8,91 in
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,0018 /10,00 psi	3,3704/10,00 psi
Tube		
Fluida	NaCl (aq) 26%	Air (l)
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	73.217,35 kg/jam	63.421,17 kg/jam
<i>Lay out</i>	<i>Triangular pitch</i>	<i>Triangular pitch</i>
<i>BWG</i>	10	16
<i>Passes</i>	2	8
<i>Pitch</i>	1,00 in	1,00 in
Panjang <i>tube</i>	20,00 ft	24,00 ft
<i>OD</i>	0,75 in	0,75 in
<i>ID</i>	0,48 in	0,62 in
<i>Flow area</i>	0,18 in ²	0,30 in ²
<i>Surface area</i>	0,20 ft ² /ft	0,20 ft ² /ft
Jumlah <i>tube</i>	250 buah	732 buah
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	5,0218/10,00 psi	8,9717/10,00 psi

b. Kondensor

Tabel 3.30 Spesifikasi Umum Kondensor

Parameter	CONDENSOR-01
Kode	CD-01
Fungsi	Mengembunkan dan mendinginkan gas Cl ₂ dari suhu 115,58°C menjadi 30°C
Jenis	Shell and tube
Bahan konstruksi	High alloy steel SA-167 grade 3 type 304
Arah aliran	Counter current
Luas transfer panas	1.799,68 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0030/0,003 h.ft.°F/btu

Tabel 3.31 Mechanical Design Kondensor

Mechanical design			
Shell		Tube	
Fluida	Cl ₂ (g)	Fluida	Air (l)
Jenis Fluida	Hot fluid	Jenis fluida	Cold fluid
Laju alir massa	5.774,01 kg/jam	Laju alir massa	8.539,59 kg/jam
Passes	4	Lay out	Triangular pitch
ID	25,00 in	BWG	15
Jenis baffle	Baffle segmen tunggal	Passes	8
Baffle cut	25%	Pitch	1,00 in
Jumlah baffle	52 buah	Panjang tube	24,00 ft
Jarak antar baffle	5,50 in	OD	0,75 in
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,0059/10,00 psi	ID	0,56 in
		Flow area	0,25 in ²
		Surface area	0,20 ft ² /ft
		Jumlah tube	382 buah
		$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	1,4745 /10,00 psi

c. *Evaporator*

Tabel 3.32 Spesifikasi Umum *Evaporator*

Parameter	EVAPORATOR-01
Kode	EV-01
Fungsi	Memekatkan NaOH (aq) 34.5% menjadi 65%
Jenis evaporator	<i>Long tube vertical evaporator</i>
Number of effect	<i>Single effect</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Arah aliran	<i>Climbing counter current</i>
Jumlah	1 Buah
Luas transfer panas	513,52 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0031/0,003 h.ft. °F/btu
Tinggi total	10,26 m

Tabel 3.33 Spesifikasi Bagian *Evaporator*

Bagian dan dimensi			
Deflektor (Pemisah Uap)		Heat Exchanger	
Parameter	Jenis dan ukuran	Parameter	Jenis dan ukuran
Jenis shell	<i>Cylindrical</i>	Jenis shell	<i>Cylindrical</i>
Jenis head	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>	Jenis bottom	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Jenis bottom	Kerucut terpancung	OD shell	14,00 in
OD shell	84,00 in	Tebal shell	0,38 in
Tebal shell	0,31 in	Tebal bottom	0,31 in
Volume total	8,78 m ³	Volume total	0,65 m ³
Tinggi	2,82 m	Tinggi	7,44 m
Operation condition and mechanical design of heat exchanger			
Shell		Tube	
Fluida	<i>Steam (g)</i>	Fluida	NaOH (aq) 27.3%
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>	Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	1.982,51 kg/jam	Laju alir massa	23.860,14 kg/jam
Suhu masuk	180,00°C	Suhu masuk	90,00°C

Tabel 3.34 Spesifikasi Bagian *Evaporator* (Lanjutan)

<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Suhu keluar	100,00°C	Suhu keluar	120,00°C
Tekanan	1,00 atm	Tekanan	1,00 atm
<i>Passes</i>	1	<i>Lay out</i>	<i>Triangular pitch</i>
<i>ID</i>	13,25 in	<i>BWG</i>	12
Jenis <i>baffle</i>	<i>Baffle</i> segmen tunggal	<i>Passes</i>	1
<i>Baffle cut</i>	25%	<i>Pitch</i>	1,00 in
Jumlah <i>baffle</i>	21 buah	Panjang <i>tube</i>	24,00 ft
Jarak antar <i>baffle</i>	13,25 in	<i>OD</i>	0,75 in
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,0005/10,00 psi	<i>ID</i>	0,53 in
		<i>Flow area</i>	0,22 in ²
		<i>Surface area</i>	0,20 ft ² /ft
		<i>Jumlah tube</i>	109 buah
		$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	1,7755/10,00 psi

3.4 Neraca Massa

Pra-Rancang pabrik pembuatan natrium hidrosida dari natrium klorida berkapasitas sebesar 75.000 ton/tahun berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

- Operasi = 330 hari
- Basis waktu = 1 jam
- Satuan massa = kg/jam
- NaOH yang dihasilkan dalam bentuk hidrat yaitu NaOH.H₂O

Tabel 3.35 Komposisi Bahan Masuk

Kandungan	Presentasi (% wt)	Jumlah (kg/jam)
NaCl (s)	98,00	9.647,59
H ₂ O (l)	1,60	157,32
CaSO ₄ (s)	0,20	20,07
MgSO ₄ (s)	0,20	19,50
Total	100,00	9.844,48

(Sumber: PT. Cheetham Garam Indonesia)

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.36 Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Aliran 1	9.844,48	Aliran 9	97,35
Aliran 2	7.446,30	Resin-Na jenuh (s)	5,57
Aliran 4	60,09	Resin-Cl jenuh (s)	9,75
Aliran 5	27,00	Aliran 13	5.874,93
Aliran 6	247,82	Aliran 14	167,02
Resin-Na (s)	5,67	Aliran 18	11.017,93
Resin-Cl (s)	10,03	Aliran 24	32,91
Aliran 15	9.225,72	Aliran 25	193,26
Aliran 19	1,32	Aliran 26	9.469,70
Total	26.868,41	Total	26.868,41

3.4.2 Neraca Massa Tiap Alat

a. Silo (SL-01)

Tabel 3.37 Neraca Massa Silo

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
		(Aliran 1)	
NaCl (s)	9.647,59	NaCl (s)	9.647,59
H ₂ O (l)	157,32	H ₂ O (l)	157,32
CaSO ₄ (s)	20,07	CaSO ₄ (s)	20,07
MgSO ₄ (s)	19,50	MgSO ₄ (s)	19,50
Total	9.844,48	Total	9.844,48

b. *Mixing Tank* (M-01)

Tabel 3.38 Neraca Massa *Mixing Tank*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 1)		(Aliran 4)	
NaCl (s)	9.647,59	NaCl (aq)	19.332,20
H ₂ O (l)	157,32	H ₂ O (l)	54.887,32
CaSO ₄ (s)	20,07	CaSO ₄ (aq)	20,07
MgSO ₄ (s)	19,50	MgSO ₄ (aq)	19,50
Sub total	9.844,48	CaCO ₃ (aq)	1,50×10 ⁻³
(Aliran 2)		Mg(OH) ₂ (aq)	1,44×10 ⁻³
H ₂ O (l)	7.446,30	BaSO ₄ (aq)	5,10×10 ⁻⁴
Sub total	7.446,30	Sub total	74.259,09
(Aliran 3)			
NaCl (aq)	9.684,61		
H ₂ O (l)	47.283,70		
CaCO ₃ (aq)	1,50×10 ⁻³		
Mg(OH) ₂ (aq)	1,44×10 ⁻³		
BaSO ₄ (aq)	5,10×10 ⁻⁴		
Sub total	56.968,31		
Total	74.259,09	Total	74.259,09

c. Reaktor (R-01)

Tabel 3.39 Neraca Massa Reaktor RATB

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 4)		(Aliran 8)	
NaCl (aq)	19.332,20	NaCl (aq)	19.368,37
H ₂ O (l)	54.887,32	H ₂ O (l)	55.129,21
CaSO ₄ (aq)	20,07	CaCO ₃ (aq)	0,36
MgSO ₄ (aq)	19,50	Mg(OH) ₂ (aq)	0,41
CaCO ₃ (aq)	1,50×10-3	BaSO ₄ (aq)	0,15
Mg(OH) ₂ (aq)	1,44×10-3	CaCO ₃ (s)	14,39
BaSO ₄ (aq)	5,10×10-4	Mg(OH) ₂ (s)	9,04
Sub total	19.332,20	BaSO ₄ (s)	72,06
(Aliran 5)		Sub total	74.594,00
Na ₂ CO ₃ (aq)	15,62		
H ₂ O (l)	44,47		
Sub total	60,09		
(Aliran 6)			
NaOH (aq)	12,96		
H ₂ O (l)	14,04		
Sub total	27,00		
(Aliran 7)			
BaCl ₂ (aq)	64,43		
H ₂ O (l)	183,38		
Sub total	247,82		
Total	74.594,00	Total	74.594,00

d. *Filter Press* (FP-01)

Tabel 3.40 Neraca Massa *Filter Press*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 8)		(Aliran 9)	
NaCl (aq)	19.368,37	NaCl (aq)	0,50
H ₂ O (l)	55.129,21	H ₂ O (l)	1,41
CaCO ₃ (aq)	0,36	CaCO ₃ (aq)	$9,26 \times 10^{-6}$
Mg(OH) ₂ (aq)	0,41	Mg(OH) ₂ (aq)	$1,04 \times 10^{-5}$
BaSO ₄ (aq)	0,15	BaSO ₄ (aq)	$3,91 \times 10^{-6}$
CaCO ₃ (s)	14,39	CaCO ₃ (s)	14,38
Mg(OH) ₂ (s)	9,04	Mg(OH) ₂ (s)	9,04
BaSO ₄ (s)	72,06	BaSO ₄ (s)	72,02
Sub total	74.594,00	Sub total	97,35
		(Aliran 10)	
		NaCl (aq)	19.367,87
		H ₂ O (l)	55.127,80
		CaCO ₃ (aq)	0,36
		Mg(OH) ₂ (aq)	0,41
		BaSO ₄ (aq)	0,15
		CaCO ₃ (s)	0,01
		Mg(OH) ₂ (s)	0,01
		BaSO ₄ (s)	0,05
		Sub total	74.496,65
Total	74.594,00	Total	74.594,00

e. *Ion Exchange (IE-01)*

Tabel 3.41 Neraca Massa *Ion Exchange*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 10)		(Aliran 11)	
NaCl (aq)	19.367,87	NaCl (aq)	19.369,23
H ₂ O (l)	55.127,80	H ₂ O (l)	55.127,80
CaCO ₃ (aq)	0,36	CaCO ₃ (aq)	$1,50 \times 10^{-3}$
Mg(OH) ₂ (aq)	0,41	Mg(OH) ₂ (aq)	$1,44 \times 10^{-3}$
BaSO ₄ (aq)	0,15	BaSO ₄ (aq)	$5,10 \times 10^{-4}$
CaCO ₃ (s)	0,01	Sub total	74.497,03
Mg(OH) ₂ (s)	0,01	(Resin kation jenuh)	
BaSO ₄ (s)	0,05	Resin-Na jenuh (s)	5,57
Sub total	74.496,65	Sub total	5,57
(Resin kation belum jenuh)		(Resin anion jenuh)	
Resin-Na (s)	5,67	Resin-Cl jenuh (s)	9,75
Sub total	5,67	Sub total	9,75
(Resin anion belum jenuh)			
Resin-Cl (s)	10,03		
Sub total	10,03		
Total	74.512,34	Total	74.512,34

f. Reaktor Elektrolisis (R-02)

Tabel 3.42 Neraca Massa Reaktor Elektrolisis

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 11)		(Aliran 3)	
NaCl (aq)	19.369,23	NaCl (aq)	9.684,61
H ₂ O (l)	55.127,80	H ₂ O (l)	47.283,70
CaCO ₃ (aq)	$1,50 \times 10^{-3}$	CaCO ₃ (aq)	$1,50 \times 10^{-3}$
Mg(OH) ₂ (aq)	$1,44 \times 10^{-3}$	Mg(OH) ₂ (aq)	$1,44 \times 10^{-3}$
BaSO ₄ (aq)	$5,10 \times 10^{-4}$	BaSO ₄ (aq)	$5,10 \times 10^{-4}$
Sub total	74.497,03	Sub total	56.968,31
(Aliran 15)		(Aliran 12)	
H ₂ O (l)	9.225,72	NaOH (aq)	6.627,99
Sub total	9.225,72	H ₂ O (l)	14.084,48
		Sub total	20.712,48
		(Aliran 13)	
		Cl ₂ (g)	5.874,93
		Sub total	5.874,93
		(Aliran 14)	
		H ₂ (g)	167,02
		Sub total	167,02
Total	83.722,74	Total	83.722,74

g. *Evaporator* (EV-01)

Tabel 3.43 Neraca Massa *Evaporator*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 16)		(Aliran 17)	
NaOH (aq)	8.561,20	H ₂ O (g)	11.017,93
H ₂ O (l)	15.627,80	Sub total	11.017,93
Sub total	24.189,01	(Aliran 18)	
		NaOH (aq)	8.561,20
		H ₂ O (l)	4.609,88
		Sub total	13.171,08
Total	24.189,01	Total	24.189,01

h. *Crystallizer* (CR-01)

Tabel 3.44 Neraca Massa *Crystallizer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 18)		(Aliran 20)	
NaOH (aq)	8.561,20	NaOH (aq)	1.933,21
H ₂ O (l)	4.609,88	NaOH.H ₂ O (s)	9.614,64
Sub total	13.171,08	H ₂ O (l)	1.624,55
(Aliran 19)		Sub total	13.172,40
NaOH.H ₂ O (s)	1,32		
Sub total	1,32		
Total	13.172,40	Total	13.172,40

i. *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3.45 Neraca Massa *Centrifuge*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 20)		(Aliran 21)	
NaOH (aq)	1.933,21	NaOH.H ₂ O (s)	1.933,21
NaOH.H ₂ O (s)	9.614,64	H ₂ O (l)	1.543,32
H ₂ O (l)	1.624,55	Sub total	3.476,53
Sub total	13.172,40	(Aliran 22)	
		NaOH (aq)	9.614,64
		H ₂ O (l)	81,23
		Sub total	9.695,87
Total	13.172,40	Total	13.172,40

j. *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 3.46 Neraca Massa *Rotary Dryer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 22)		(Aliran 23)	
NaOH.H ₂ O (s)	9.614,64	NaOH.H ₂ O (s)	9.614,64
H ₂ O (l)	81,23	H ₂ O (l)	48,31
Sub total	9.695,87	Sub total	9.662,96
		(Aliran 24)	
		H ₂ O (g)	32,91
		Sub total	32,91
Total	9.695,87	Total	9.695,87

k. *Vibrating Screen* (VS-01)

Tabel 3.47 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 23)		(Aliran 25)	
NaOH.H ₂ O (s)	9.614,64	NaOH.H ₂ O (s)	192,29
H ₂ O (l)	48,31	H ₂ O (l)	0,97
Sub total	9.662,96	Sub total	193,26
		(Aliran 26)	
		NaOH.H ₂ O (s)	9.422,35
		H ₂ O (l)	47,35
		Sub total	9.469,70
Total	9.662,96	Total	9.662,96

l. Silo (SL-02)

Tabel 3.48 Neraca Massa Silo-02

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 25)			
NaOH.H ₂ O (s)	9.422,35	NaOH.H ₂ O (s)	9.422,35
H ₂ O (l)	47,35	H ₂ O (l)	47,35
Sub total	9.469,70	Sub total	9.469,70
Total	9.469,70	Total	9.469,70

3.5 Neraca Panas

Perhitungan neraca panas menggunakan $T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3.49 Neraca Panas Total

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁	74.377,48	Q ₅	623.131,88
Q ₃	156.953,12	Q ₁₂	306,88
Q ₆	1.019,11	Q ₁₆	9,02
Q ₇	437,08	Q ₁₇	15,79
Q ₈	3.984,26	Q ₂₀	2.849.922,38
Q ₉	53.164,72	Q ₂₇	46.402.625,71
Q ₁₃	8,41	Q ₂₉	12.212.140,71
Q ₁₄	6,84	Q ₃₄	1.967.801,90
Q ₁₈	18.457.300,85	Q ₃₅	4.706.267,94
Q ₂₁	2.523.594,30	Q ₃₆	833.349,23
Q ₂₂	45.946.965,69	Q ₄₀	3.514.870,71
Q ₂₈	0,00	Q ₄₄	117.225,92
Q ₃₂	5.639.465,78	Q ₄₇	678.588,74
Q ₃₇	6,50	Q ₄₉	110.363,02
Q ₃₈	0,00	Q ₅₀	623.131,88
Q ₄₃	759.204,54	Q ₅₁	47.515,37
Q ₄₅	788.258,03	Q ₅₆	969,70
Q ₅₂	73.627,51	Q ₅₇	30.961,89
Q ₅₄	0,00	Q ₆₀	1.644.479,06
Q ₅₅	1.417.814,38	Q ₆₅	143.721,54
Q ₅₈	0,00	Q ₇₀	255.978,69
Q ₆₁	255.978,69	Q ₇₄	225.170,28
Q ₆₃	0,00	Q ₇₅	11.921,24
Q ₆₆	225.170,28		
Q ₆₈	0,00		
Q ₇₁	215.816,67		
Q ₇₃	0,00		
Total	76.593.154,26	Total	76.593.154,26

3.5.2 Neraca Panas Tiap Alat

a. *Mixing Tank* (M-01)

Tabel 3.50 Neraca panas *Mixing Tank*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁	74.377,48	Q ₄	1.246.056,28
Q ₂	1.637.857,57	Q ₅	623.131,88
Q ₃	156.953,12		
Total	1.869.188,16	Total	1.869.188,16

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3.51 Neraca Panas Reaktor RATB

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₄	1.246.056,28	Q ₁₀	1.304.661,46
Q ₆	1.019,11		
Q ₇	437,08		
Q ₈	3.984,26		
Q ₉	53.164,72		
Total	1.304.661,46	Total	1.304.661,46

c. *Filter Press* (FP-01)

Tabel 3.52 Neraca Panas *Filter Press*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁₀	1.304.661,46	Q ₁₁	1.304.354,58
		Q ₁₂	306,88
Total	1.304.661,46	Total	1.304.661,46

d. *Ion Exchange* (IE-01 dan IE-02)

Tabel 3.53 Neraca Panas *Ion Exchange*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁₁	1.304.354,58	Q ₁₅	1.304.345,03
Q ₁₃	8,41	Q ₁₆	9,02
Q ₁₄	6,84	Q ₁₇	15,79
Total	1.304.369,83	Total	1.304.369,83

e. *Heater* (H-01)

Tabel 3.54 Neraca Panas *Heater-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁₅	1.304.345,03	Q ₁₉	16.911.723,50
Q ₁₈	18.457.300,85	Q ₂₀	2.849.922,38
Total	19.761.645,88	Total	19.761.645,88

f. *Reaktor* (R-02)

Tabel 3.55 Neraca Panas *Reaktor Elektrolisis*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₁₉	16.911.723,50	Q ₂₃	13.849.998,28
Q ₂₁	2.523.594,30	Q ₂₄	4.790.017,67
Q ₂₂	45.946.965,69	Q ₂₅	183.999,06
		Q ₂₆	155.642,77
		Q ₂₇	46.402.625,71
Total	64.259.160,86	Total	65.382.283,48

g. *Cooler (CL-01)*

Tabel 3.56 Neraca Panas *Cooler-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₂₃	13.849.998,28	Q ₂	1.637.857,57
Q ₂₈	0,00	Q ₂₉	12.212.140,71
Total	13.849.998,28	Total	13.849.998,28

h. *Pencampuran Aliran Yang Menuju Evaporator*

Tabel 3.57 Neraca Panas *Pencampuran Aliran Yang Menuju Evaporator*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₂₄	4.790.017,67	Q ₃₁	5.485.579,44
Q ₃₀	695.561,77		
Total	5.485.579,44	Total	5.485.579,44

i. *Evaporator (EV-01)*

Tabel 3.58 Neraca Panas *Evaporator*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₃₁	5.485.579,44	Q ₃₃	3.617.626,15
Q ₃₂	5.639.465,78	Q ₃₄	1.967.801,90
		Q ₃₅	4.706.267,94
		Q ₃₆	833.349,23
Total	11.125.045,22	Total	11.125.045,22

j. *Crystallizer* (CR-01)

Tabel 3.59 Neraca Panas *Crystallizer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₃₃	3.617.626,15	Q ₃₉	102.761,95
Q ₃₇	6,50	Q ₄₀	3.514.870,71
Q ₃₈	0,00		
Total	3.617.632,66	Total	3.617.632,66

k. *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3.60 Neraca Panas *Centrifuge*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₃₉	102.761,95	Q ₄₁	49.178,80
		Q ₄₂	53.583,15
Total	102.761,95	Total	102.761,95

l. *Heater* (H-02)

Tabel 3.61 Neraca Panas *Heater-02*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₄₂	53.583,15	Q ₃₀	695.561,77
Q ₄₃	759.204,54	Q ₄₄	117.225,92
Total	812.787,69	Total	812.787,69

m. *Rotary dryer (RD-01)*

Tabel 3.62 Neraca Panas *Rotary dryer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₄₁	49.178,80	Q ₄₆	158.848,09
Q ₄₅	788.258,03	Q ₄₇	678.588,74
Total	837.436,83	Total	837.436,83

n. *Cooling Screw Conveyor (CSC-01)*

Tabel 3.63 Neraca Panas *Cooling Screw Conveyor*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₄₆	158.848,09	Q ₄₈	48.485,07
		Q ₄₉	110.363,02
Total	158.848,09	Total	158.848,09

o. *Vibrating Screen (VS-01)*

Tabel 3.64 Neraca Panas *Vibrating Screen*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₄₈	48.485,07	Q ₅₀	47.515,37
		Q ₅₁	969,70
Total	48.485,07	Total	48.485,07

p. *Compressor (C-01)*

Tabel 3.65 Neraca Panas *Compressor-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₂₅	183.999,06	Q ₅₃	257.626,57
Q ₅₂	73.627,51		
Total	257.626,57	Total	257.626,57

q. *Condensor (CD-01)*

Tabel 3.66 Neraca Panas *Condensor*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₅₃	257.626,57	Q ₅₆	30.961,89
Q ₅₄	0,00	Q ₅₇	1.644.479,06
Q ₅₅	1.417.814,38		
Total	1.675.440,95	Total	1.675.440,95

r. *Cooler (CL-02)*

Tabel 3.67 Neraca Panas *Cooler-02*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₂₆	155.642,77	Q ₅₉	11.921,24
Q ₅₈	0,00	Q ₆₀	143.721,54
Total	155.642,77	Total	155.642,77

s. *Compressor (C-02)*

Tabel 3.68 Neraca Panas *Compressor*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (Kj/jam)	Komponen	Panas (Kj/jam)
Q ₅₉	11.921,24	Q ₆₂	267.899,93
Q ₆₁	255.978,69		
Total	267.899,93	Total	267.899,93

t. *Cooler (CL-03)*

Tabel 3.69 Neraca Panas *Cooler-03*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₆₂	267.899,93	Q ₆₄	11.921,24
Q ₆₃	0,00	Q ₆₅	255.978,69
Total	267.899,93	Total	267.899,93

u. *Compressor (C-03)*

Tabel 3.70 Neraca Panas *Compressor-03*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₆₄	11.921,24	Q ₆₇	237.091,51
Q ₆₆	225.170,28		
Total	237.091,51	Total	237.091,51

v. *Cooler (CL-04)*

Tabel 3.71 Neraca Panas *Cooler-04*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₆₇	237.091,51	Q ₆₉	11.921,24
Q ₆₈	0,00	Q ₇₀	225.170,28
Total	237.091,51	Total	237.091,51

w. *Compressor (C-04)*

Tabel 3.72 Neraca Panas *Compressor-04*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₆₉	11.921,24	Q ₇₂	227.737,91
Q ₇₁	215.816,67		
Total	227.737,91	Total	227.737,91

x. *Cooler (CL-05)*

Tabel 3.73 Neraca Panas *Cooler-05*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kJ/jam)	Komponen	Panas (kJ/jam)
Q ₇₂	227.737,91	Q ₇₄	11.921,24
Q ₇₃	0,00	Q ₇₅	215.816,67
Total	227.737,91	Total	227.737,91

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan operasi suatu pabrik dan pengembangannya dimasa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dapat menekan biaya transportasi dan produksi seminimal mungkin serta memiliki prospek yang baik untuk terus dikembangkan. Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik yang sesuai merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan suatu pabrik.

Tujuan utama dari pendirian pabrik NaOH ini yaitu untuk memenuhi kebutuhan NaOH dalam negeri khususnya di daerah Sumatera. Kebanyakan industri pengguna NaOH di Sumatera lebih memilih untuk mengimpor NaOH dari pada membelinya secara langsung dari dalam negeri. Hal tersebut dikarenakan pelabuhan di tanah air yang semakin memadai sehingga biaya pengiriman barang impor menjadi lebih murah. Karena nilai jual NaOH impor lebih murah ditambah biaya pengiriman yang murah menyebabkan total biaya yang harus dikeluarkan untuk mengimpor NaOH sedikit lebih murah dibandingkan membeli langsung dari dalam negeri yang sebagian besar produksinya berada di pulau Jawa (Bizteka, CCI, 2022). Berdasarkan hal tersebut maka pabrik akan didirikan di pulau Sumatera.

Untuk lokasi pabrik yang lebih spesifik, pendirian pabrik direncanakan akan berlokasi di Desa Marga Sungsang, Kecamatan Banyuasin II, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik

Adapun pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan berikut:

4.1.1 Faktor-Faktor Utama Penentu Lokasi Pabrik

Faktor Utama merupakan faktor yang secara langsung memengaruhi kegiatan produksi maupun distribusi dari suatu pabrik. Adapun faktor utama yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu:

a. Sumber Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan natrium hidroksida ini yaitu natrium klorida. Di Indonesia sendiri, terdapat beberapa produsen yang memproduksi natrium klorida untuk kebutuhan industri. Dua diantara yaitu PT.Cheetham garam Indonesia dengan kapasitas produksi 800.000 ton/tahun yang berlokasi di Cilegon dan PT.Garam dengan kapasitas produksi 500.000 ton/tahun yang

berlokasi di Madura. Lokasi pabrik dipilih di Palembang karena lokasinya yang lebih dekat dengan produsen besar NaCl dibandingkan daerah industri di Sumatera lainnya sehingga hal tersebut dapat memangkas waktu dan biaya pengiriman bahan baku.

b. Pemasaran

Lokasi pabrik terletak pada kawasan industri Tanjung Labu Api-Api, Palembang. Kawasan tersebut cukup strategis karena belum terdapat pabrik yang memproduksi NaOH dan juga terdapat banyak industri yang menggunakan NaOH sebagai bahan baku seperti industri pembuatan kertas, detergen, pengolahan air dan lain-lain.

c. Utilitas

Kebutuhan utilitas seperti air, listrik, dan bahan bakar di sekitar lokasi pabrik sangat mudah didapatkan karena sangat dekat dengan muara sungai Musi dan juga dekat dengan Pertamina dan PLTU. Hal ini dapat menekan biaya operasional untuk utilitas seminimal mungkin sehingga akan sangat menguntungkan.

d. Transportasi

Untuk sarana transportasi darat, disekitar lokasi pabrik sudah terdapat banyak jalan-jalan yang layak pakai. Didekat lokasi pabrik juga sedang dibangun jalan tol besar yang menghubungkan kota Palembang dengan daerah Tanjung Api-Api. Jalan tol tersebut merupakan bagian dari jalan tol trans Sumatera yang menghubungkan provinsi-provinsi yang ada di Sumatera (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPPIP, 2016). Dengan

adanya jalan tol tersebut maka kegiatan distribusi maupun kegiatan pendukung lainnya dapat berjalan dengan baik dan mudah.

Untuk transportasi laut, di dekat lokasi pabrik terdapat pelabuhan Tanjung Labu Api-API yang menghubungkan beberapa daerah di Indonesia. Selain itu di daerah tersebut juga sedang dibangun pelabuhan internasional Tanjung Carat (kpbu.kemenkeu, 2016). Dengan adanya pelabuhan internasional tersebut maka memungkinkan distribusi produk baik skala internasional maupun nasional.

Untuk transportasi udara terdapat Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II yang terletak di kota Palembang. Jarak antara lokasi pabrik dengan bandara tidak terlalu jauh yaitu hanya berjarak sekitar 50 km.

e. Tenaga kerja

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja yang dibutuhkan mudah untuk didapatkan, baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil yang siap pakai, karena dari tahun ke tahun tenaga kerja semakin meningkat.

f. Keadaan iklim dan geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang sangat stabil karena sangat jarang terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsong maupun banjir besar. Lokasi pabrik berada di dataran rendah dengan permukaan datar serta beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20–30°C.

4.1.2 Faktor–Faktor Penunjang Penentu Lokasi Pabrik

Walaupun faktor penunjang lokasi pabrik tidak secara sepenuhnya berpengaruh pada proses industri, namun faktor penunjang lokasi pabrik akan sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi. Adapun faktor–faktor penunjang penentu lokasi pabrik yaitu:

a. Perluasan Area Pabrik

Pertimbangan yang perlu dipertimbangkan pada awal pendirian pabrik yaitu penambahan lahan dan bangunan di masa yang akan datang. Perluasan ini diperlukan jika suatu pabrik ingin melakukan ekspansi dengan meningkatkan kapasitas produksi pabrik, menambah peralatan maupun menambah fasilitas pendukung lainnya. Oleh kerananya diperlukan sejumlah area khusus yang diperlukan sebagai media untuk melakukan ekspansi pada pabrik dimasa yang akan mendatang. lokasi pabrik yang dipilih bukanlah daerah yang padat dan masih tergolong baru sebagai daerah industri. Masih terdapat banyak lahan kosong yang diperlukan jika suatu saat pabrik ingin melakukan ekspansi.

b. Perijinan

Lokasi pabrik yang dipilih berada dikawasan industri Tanjung Api–Api. Hal ini bertujuan untuk mempermudah perijinan pendirian pabrik. tata letak pabrik juga merupakan hal penting yang perlu diperhatikan selama proses pendirian pabrik.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Untuk memperlancar aktivitas industri maka diperlukan prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya. Demikian juga dengan ketersediaan fasilitas sosial seperti sarana ibadah, kesehatan, pendidikan, hiburan, bank dan perumahan dapat memengaruhi kelancaran dalam proses produksi. Lokasi yang dipilih bukanlah daerah pedalaman karena hanya berjarak sekitar 45 km dari pusat kota Palembang. Oleh karena itu ketersediaan prasarana dan fasilitas sosial dapat terjamin.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Lay-out*)

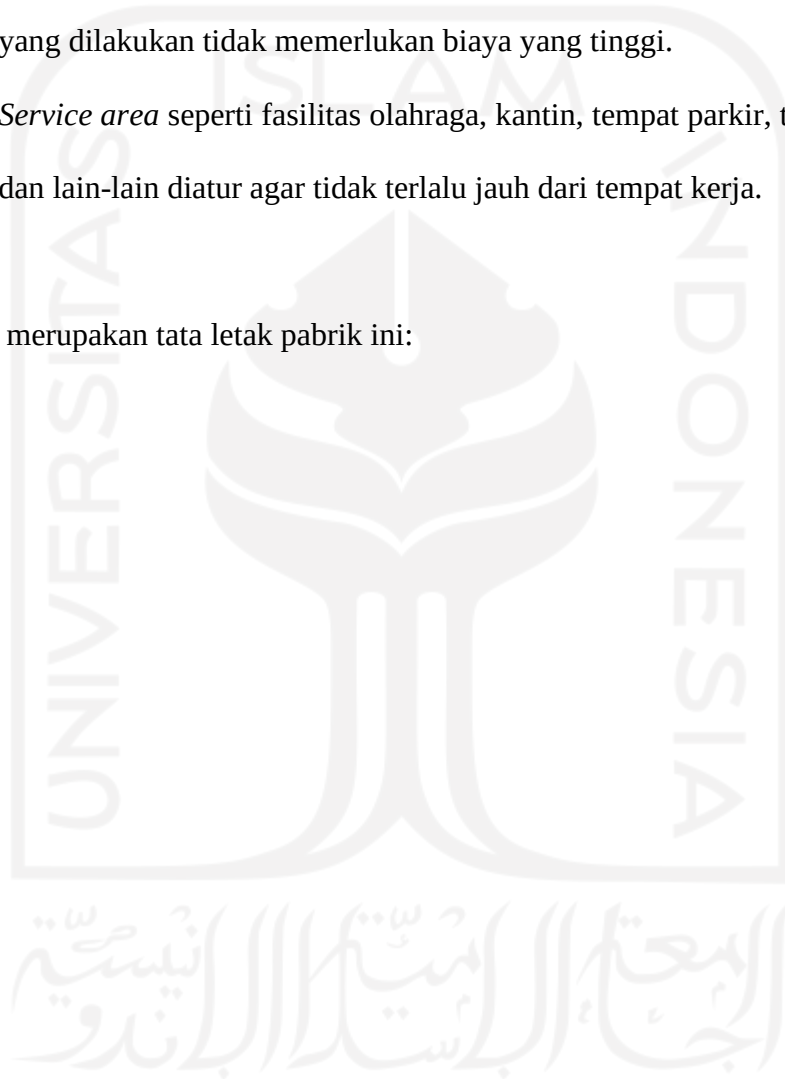
Tata letak pabrik merupakan suatu rangkaian dalam mengatur perangkat maupun fasilitas dalam pabrik secara optimal. Tata letak sangat memengaruhi efisiensi, kelancaran, dan keselamatan kerja para karyawan. Rangkaian tata letak pabrik yang tepat dapat menjamin keselamatan kerja dan meningkatkan efisiensi serta kelancaran operasional pabrik.

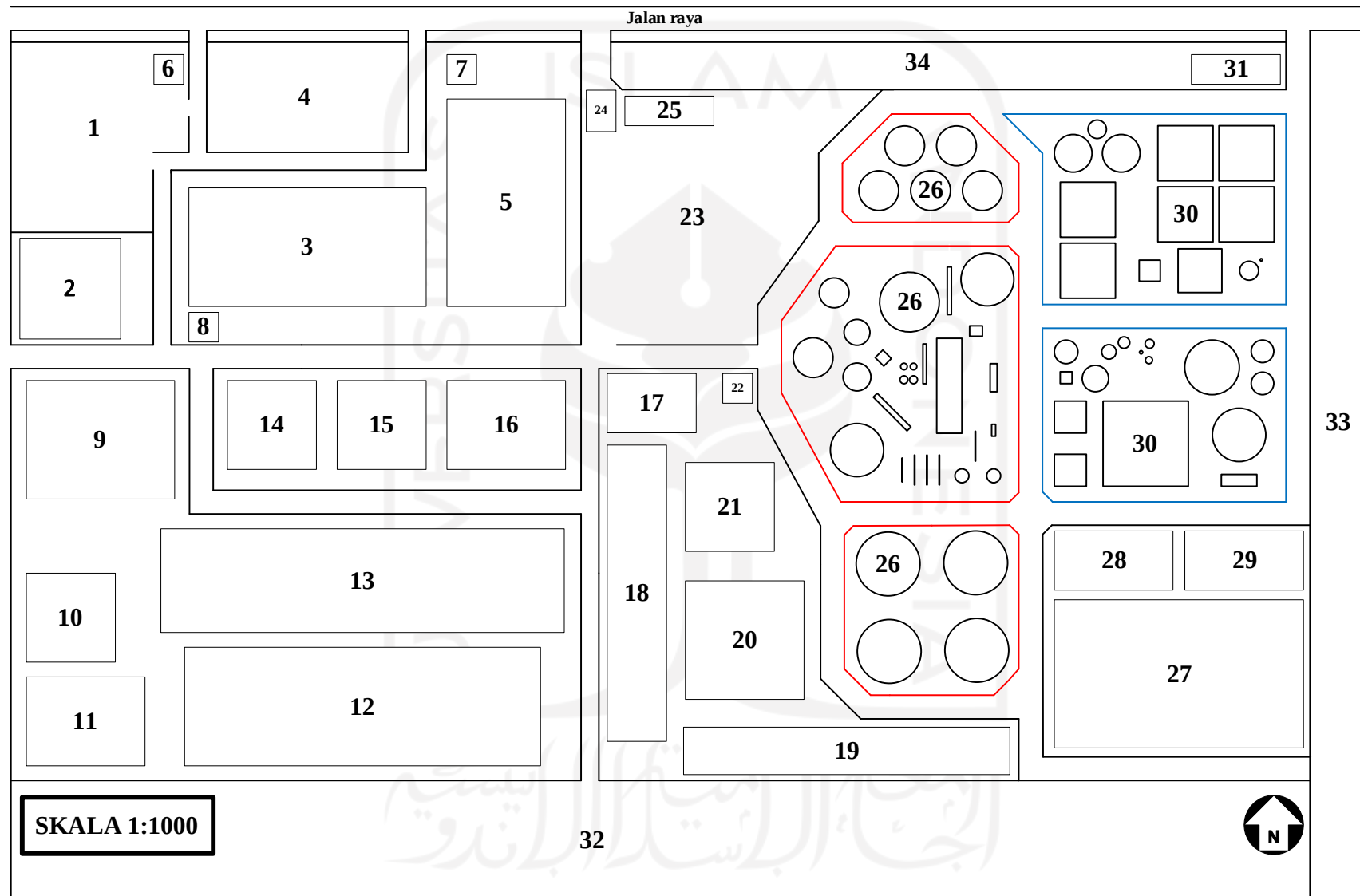
Faktor yang diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik telah disebutkan oleh (Peters dan Timmerhaus, 1991) diantaranya adalah:

- a. Pengoptimalan waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, distribusi produk, transportasi peralatan, dan mobilitas karyawan dalam area pabrik.
- b. Pemanfaatan area pabrik agar efisien dan efektif.
- c. Urutan proses produksi.
- d. Pengembangan lokasi baru atau kemungkinan perluasan lokasi pabrik.
- e. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku. Pemeliharaan dan perbaikan.

- f. Keamanan dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- g. Konstruksi yang memenuhi syarat.
- h. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan pertimbangan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses/mesin sehingga perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- i. *Service area* seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, tempat ibadah dan lain-lain diatur agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Berikut merupakan tata letak pabrik ini:

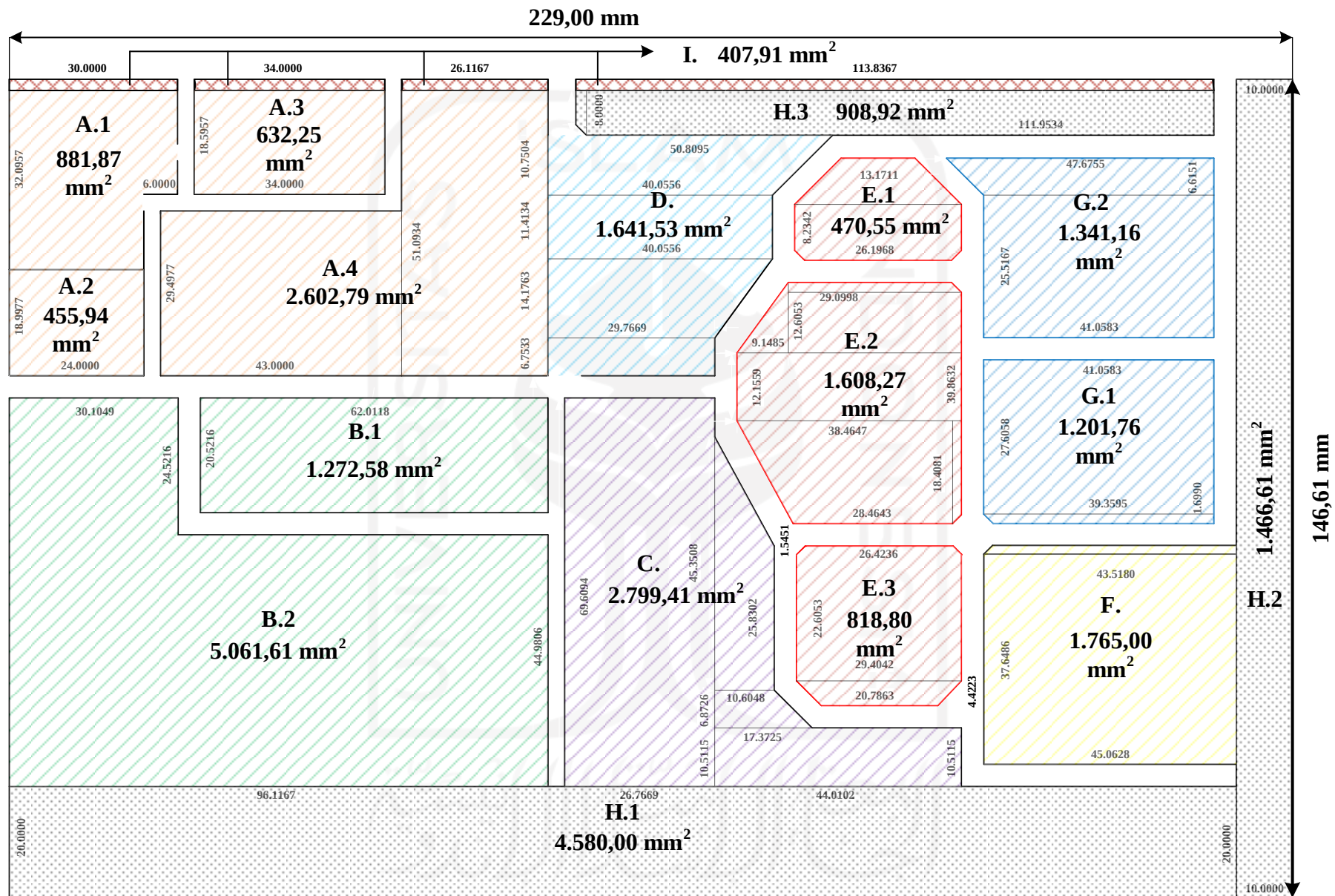




Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

Tabel 4.1 Keterangan Gambar 4.2

No	Keterangan	Luas (m ²)
1	Lahan parkir umum	881,87
2	Bangunan aula	289,00
3	Bangunan Kantor utama	800,00
4	Lahan taman 1	632,00
5	Bangunan Kantor teknik dan produksi	700,00
6	Bangunan Pos keamanan 1	25,00
7	Bangunan Pos keamanan 2	25,00
8	Bangunan Pos keamanan 3	25,00
9	Bangunan minimarket	500,00
10	Bangunan perpustakaan	225,00
11	Bangunan Fasilitas olahraga	300,00
12	Bangunan Perumahan/mess	1.200,00
13	Lahan taman 2	1.190,00
14	Bangunan kantin	225,00
15	Bangunan poliklinik	225,00
16	Bangunan masjid	300,00
17	Bangunan laboratorium	150,00
18	Lahan taman 3	500,00
19	Bangunan Gudang alat	440,00
20	Bangunan bengkel	400,00
21	Bangunan Ruang kendali proses	225,00
22	Bangunan Pos keamanan 4	25,00
23	Lahan parkir truk	1.641,53
24	Bangunan Jembatan timbang	35,00
25	Bangunan Pos keamanan 5	75,00
26	Bangunan Alat produksi	1.564,71
27	Bangunan Unit pengolahan limbah	1.050,00
28	Bangunan Unit pemadam kebakaran	200,00
29	Bangunan Ruang kendali utilitas	200,00
30	Bangunan Alat utilitas	1.059,00
31	Bangunan Pos keamanan 6	75,00
32	Lahan perluasan 1	4.580,00
33	Lahan perluasan 2	1.466,15
34	Lahan perluasan 3	908,92
Luas total bangunan		10.337,71
Luas lahan taman, parkir dan perluasan		11.800,47



Gambar 4.3 Luas Lahan Pabrik

Tabel 4.2 Keterangan Gambar 4.3

Keterangan	
A. (Daerah Perkantoran)	
A.1	Lahan parkir umum
A.2	Lahan aula
A.3	Lahan taman 1
A.4	Lahan kantor utama dan kantor
B. (Daerah perumahan dan fasilitas pendukung)	
B.1	Lahan Kantin, poliklinik dan masjid
B.2	Lahan minimarket, fasilitas olahraga, perpustakaan, Taman 2, dan mess
C. (Daerah bengkel, garasi, laboratorium dan ruang kendali proses)	
D. (Daerah parkir truk)	
E. (Area proses)	
E.1	Lahan tangki Cl ₂
1E.2	Lahan produksi utama
E.3	Lahan tangki H ₂
F. (Daerah pengolahan limbah, pemadam kebakaran dan ruang kendali utilitas)	
G. (Daerah utilitas)	
G.1	Lahan utilitas utama
G.1	Lahan pengolahan steam, air pendingin dan generator
H. (Daerah perluasan)	
H.1	Lahan perluasan 1
H.2	Lahan perluasan 2
H.3	Lahan perluasan 3
I. (Daerah drainase)	

Tabel 4.3 Luas Lahan A,B, E, G dan H Pada Gambar 4.3

A	Luas (m ²)	B	Luas (m ²)	E	Luas (m ²)	G	Luas (m ²)	H	Luas (m ²)
A.1	881,87	B.1	1.272,58	E.1	470,55	G.1	1.201,76	H.1	4.580,00
A.2	455,94	B.2	5.061,61	E.2	1.608,27	G.2	1.341,16	H.2	1.466,61
A.3	632,25			E.3	818,80			H.3	908,92
A.4	2.602,79								
4.572,85		6.334,19		2.897,62		2.542,92		6.955,53	

Tabel 4.4 Luas Total Tanah

Keterangan	Luas (m ²)
A	4.572,85
B	6.334,19
C	2799,41
D	1.641,53
E	2.897,62
F	1.765,00
G	2.542,92
H	6.955,53
I	407,91
Jalan	3.656,73
Luas total tanah	33.573,69

4.3 Tata Letak Alat Proses

Pengaturan tata letak proses yang dirangkai secara tepat agar dapat menghasilkan proses yang efisien sehingga menguntungkan pabrik. Adapun pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu:

a. Laju Alir Bahan Baku Berserta Produk

Ketepatan dalam penentuan laju alir bahan baku dan produk akan memengaruhi keuntungan ekonomis pabrik. selain itu hal ini berguna untuk menunjang keamanan dan kelancaran selama proses produksi berlangsung.

b. Aliran Udara

Untuk menghindari terjadinya stagnasi udara atau penumpukan bahan kimia yang berbahaya maka arah hembusan udara dan kelancaran sirkulasi udara perlu diperhatikan. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan keselamatan para pekerja.

c. Pencahayaan

Pencahayaan pada lokasi pabrik harus memadai. Hal ini bertujuan memberikan visualisasi yang baik di setiap sudut pabrik khususnya pada tempat-tempat yang berbahaya dan beresiko tinggi.

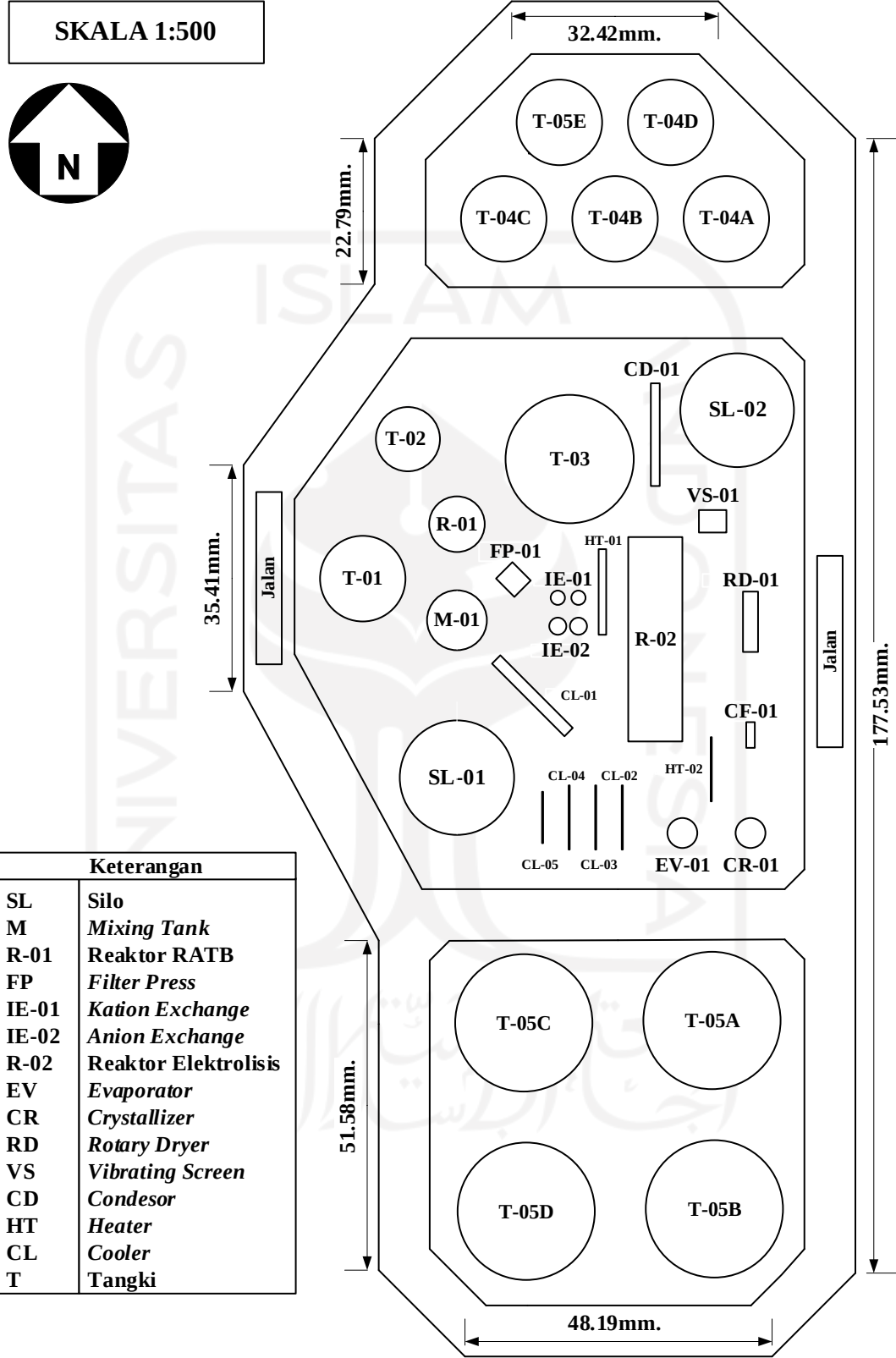
d. Lalu Lintas

Lalu lintas yang dimaksud yaitu lalu lintas yang digunakan untuk menuju alat proses. Untuk menjaga keselamatan dan keamanan maka perlu diterapkannya peraturan-peraturan bagi setiap karyawan dan pengunjung yang menggunakan sarana lalu lintas tersebut. Adapun lalu lintas ini diperuntukan untuk karyawan maupun teknisi untuk mengontrol, mengawasi, dan mengatur setiap alat proses yang ada.

e. Jarak Antar Proses

Pemberian jarak antar proses perlu diperhatikan karena hal ini bertujuan untuk mengantisipasi apabila terjadi ledakan maupun kebakaran pada salah satu alat proses sehingga tidak menyambar ke alat proses lainnya.

Berikut merupakan tata letak alat proses:



Gambar 4.4 Tata Letak Alat Proses

4.4 Perawatan

Untuk mencapai target spesifikasi yang diinginkan maka harus terdapat pemeliharaan dan perbaikan sarana dan fasilitas pabrik yang ada. Dengan melakukan pemeliharaan dan perbaikan secara teratur akan menjamin proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

Terdapat beberapa jenis perawatan yang perlu diperhatikan yaitu perawatan preventif dan perawatan periodik. Perawatan preventis merupakan perawatan yang dilakukan setiap hari guna menjaga kebersihan lingkungan pabrik dan alat sehingga dapat menghindari kerusakan alat dan terciptanya lingkungan yang bersih. Adapun perawatan periodik yaitu perawatan yang dilakukan sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan di buku petunjuk. Penjadwalan dibuat agar alat-alat mendapatkan perawatan yang baik secara bergantian sehingga meminimalisir kerusakan.

Prosedur dalam melakukan perawatan pada alat-alat proses harus dilakukan dengan tepat. Penjadwalan perawatan yang dilakukan pada setiap alat perlu diperhatikan dengan baik. Adapun perawatan mesin pada setiap alat meliputi:

a. *Over Head* 1 x 1 Tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan yang meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, dan perbaikan alat hingga seperti kondisi semula.

b. Repairing

Merupakan kegiatan *maintenance* yang hanya memperhatikan beberapa bagian pada suatu alat. Biasanya *repairing* ini dilakukan setelah pemeriksaan.

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi *maintenance* meliputi:

a. Umur Alat

Semakin tua alat maka kemungkinan kerusakan akan semakin sering sehingga perawatan harus dilakukan lebih sering yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan Baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas dan tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan dapat menyebabkan kerusakan alat.

c. Tenaga Manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih, dan berpengalaman akan mengurangi kemungkinan *human error*. Sehingga kegiatan *maintenance* dapat berjalan dengan cermat.

4.5 Manajemen Perusahaan

4.5.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan dan mengelola suatu perusahaan maka diperlukan bentuk perusahaan yang jelas. Pabrik natrium hidroksida ini akan didirikan dengan bentuk perseroan terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan salah satu jenis badan usaha yang dilindungi hukum dengan modal bersumber dari hasil penjualan saham. Saham merupakan surat berharga yang dikeluarkan oleh suatu

perusahaan. Besarnya kepemilikan perusahaan berbentuk PT sangat bergantung terhadap seberapa besar kepemilikan saham dari suatu individu maupun kelompok. Saham dapat diperjualbelikan secara langsung sehingga perubahan organisasi ataupun perubahan kepemilikan dapat berlangsung tanpa harus membubarkan dan mendirikan perusahaan kembali.

Pada umumnya perusahaan besar menggunakan bentuk perseroan terbatas. Asosiasi pemegang saham diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Adapun alasan dipilihnya bentuk perseroan terbatas ini yaitu:

- a. Berbentuk badan hukum sehingga terjamin eksistensinya walaupun terjadi pergantian kepemilikan.
- b. Mudah mendapatkan modal.
- c. Tanggung jawab pemegang saham terpisah dengan kegiatan produksi. Kegiatan produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan sehingga kelancaran produksi dapat terjamin.
- d. Kekayaan perusahaan terpisah dengan kekayaan pribadi
- e. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan merupakan para pemegang perusahaan sedangkan pengurus perusahaan terdiri dari direksi dan staff yang diawasi secara langsung oleh dewan komisaris.
- f. Lapangan usaha lebih luas.

4.5.2 Struktur Organisasi

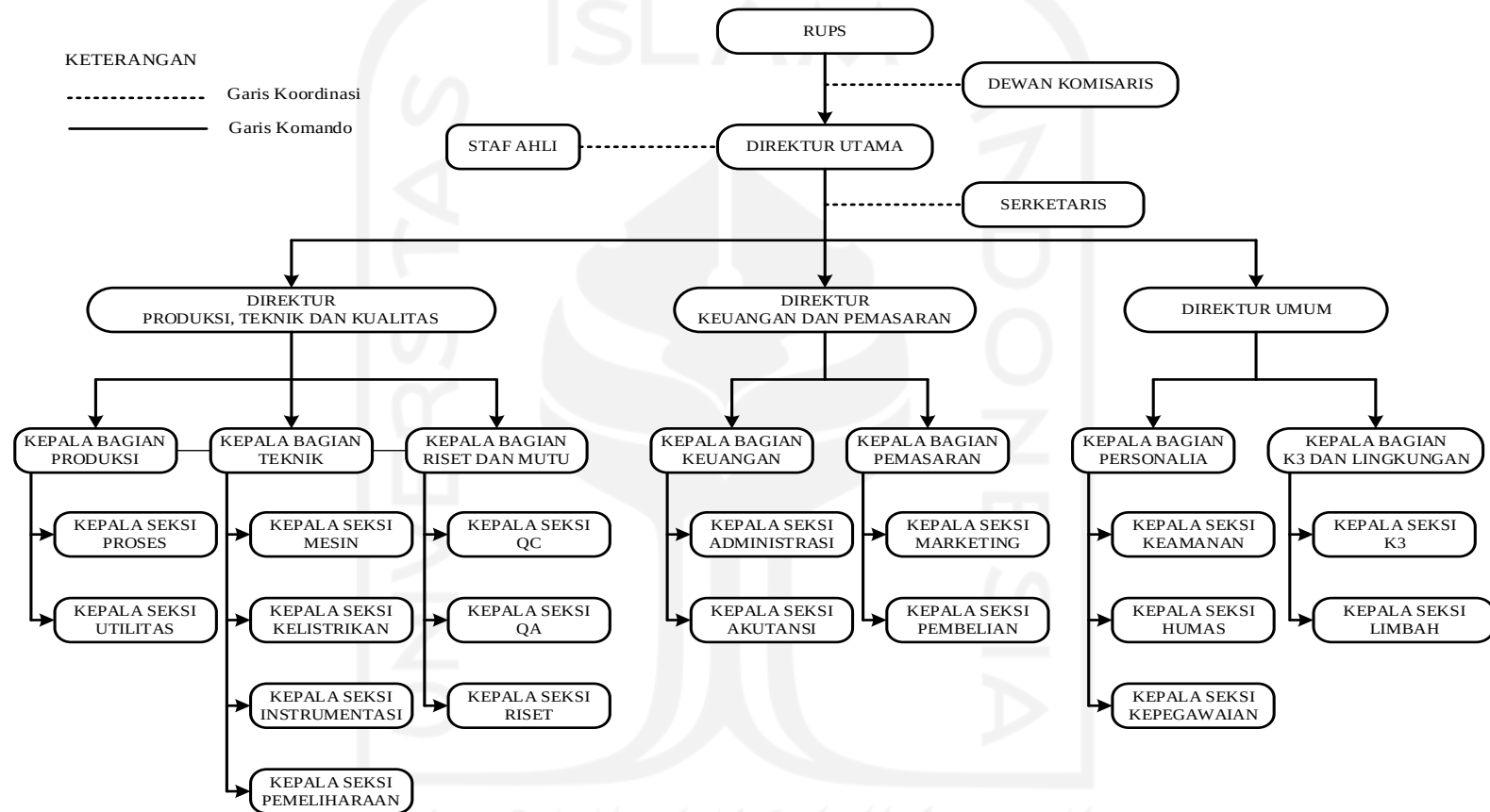
Suatu perusahaan akan dikelola oleh asosiasi atau sekelompok orang yang bekerja sama dalam mencapai tujuan yang sama. Untuk mencapai tujuan tersebut maka diperlukan struktur organisasi yang baik dan terstruktur sehingga tanggung jawab dan pembagian tugas dapat berlangsung dengan jelas tanpa adanya tumpang tindih. Berdasarkan Pola hubungan kerja dan wewenang serta tanggung jawab, struktur organisasi dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Bentuk struktur organisasi garis
- b. Bentuk struktur organisasi fungsional
- c. Bentuk struktur organisasi garis dan staf
- d. Bentuk struktur organisasi fungsional dan staf

Bentuk struktur organisasi yang direncanakan pada pabrik natrium hidrosida ini yaitu struktur organisasi garis dan staf. Hal ini didasarkan atas beberapa pertimbangan berikut:

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi yang bagaimanapun besar dan kompleks susunan organisasi tersebut.
2. Adanya kesatuan dalam pimpinan dan perintah karena terdapat pembagian kewenangan dan kekuasaan serta tugas yang jelas dari pimpinan, staf, dan pelaksana sehingga koordinasi mudah dilaksanakan.
3. Pengambilan yang cepat oleh pimpinan.
4. Bakat dan kemampuan karyawan yang berbeda-beda dapat dikembangkan ke arah spesialisasinya.

STRUKTUR ORGANISAS PERUSAHAAN



Gambar 4.5 Struktur Organisasi

4.5.3 Tugas dan Wewenang

Adapun jenjang kepemimpinan pada perusahaan ini meliputi:

- a. Rapat umum pemegang saham (RUPS)
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur utama
- d. Direktur khusus
- e. Kepala bagian
- f. Kepala seksi
- g. Karyawan dan operator

Adapun tugas-tugas dari setiap jenjang kepemimpinan yaitu:

- a. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

Pemegang saham merupakan sekelompok orang yang telah membeli saham dan menjadi pemilik dari perusahaan dengan bagian kepemilikan atau kekuasaan bergantung dari jumlah saham yang dimiliki. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan ini berada pada rapat umum pemegang saham (RUPS).

Dalam RUPS tersebut para pemegang saham mempunyai wewenang untuk:

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untuk rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris.

Dewan komisaris merupakan tangan kanan dari pemilik saham dan bertanggung jawab dalam setiap pelaksanaan tugas dari para pemilik saham. Adapun tugas-tugas dari dewan komisaris yaitu:

1. Memberikan nasihat terkait kebijakan direksi dalam menjalankan program perusahaan.
2. Mengawasi pelaksanaan strategis untuk memenuhi harapan para pemegang saham dan pemangku kepentingan lainnya.
3. Mengontrol kebijakan perusahaan, kinerja, sampai proses pengambilan keputusan.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan orang yang berwenang dalam merumuskan dan menetapkan suatu kebijakan dan program umum perusahaan atau organisasi sesuai dengan batas wewenang yang diberikan oleh suatu badan pengurus atau badan pimpinan serupa seperti dewan komisaris. Dalam posisinya dalam pengurus perusahaan, direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dan bertanggung jawab penuh kepada dewan komisaris. Adapun tugas dari direktur utama yaitu sebagai berikut:

1. Menyusun dan menerapkan visi, misi, serta menentukan arah perusahaan.
2. Menyusun strategi bisnis dan membuat rencana perusahaan.
3. Melakukan evaluasi perusahaan.
4. Melakukan rapat rutindengan para jajaran perusahaan untuk memastikan keputusan yang telah diambil telah berjalan dengan baik.

5. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
6. Mengawasi situasi kompetisi bisnis secara keseluruhan.

d. Staf Ahli

Staf ahli memiliki tugas memberi masukan, baik berupa saran, nasehat, maupun pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan.

e. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan, dan pekerjaan lain untuk membantu direktur umum dalam menangani administrasi perusahaan.

f. Direktur Khusus

Direktur khusus merupakan pihak yang bertugas dalam membantu direktur utama dengan memberikan masukan dan pertimbangan terhadap permasalahan perusahaan dalam bidang tertentu. Direktur khusus terdiri dari:

1. Direktur proses, teknik dan kualitas
2. Direktur keuangan dan pemasaran
3. Direktur umum.

Adapun tugas dari masing-masing direktur khusus yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5 Tugas Direktur Khusus

Jabatan	Tugas
Direktur produksi, teknik dan kualitas	1. Melaksanakan analisa, evaluasi, kajian, dan telaah terhadap kinerja produksi dan hasil produksi perusahaan.
	2. Memberikan pertimbangan, pandangan, dan pendapat terkait kebijakan bidang proses, teknik dan kualitas produk perusahaan.
Direktur perusahaan bidang keuangan dan pemasaran	1. Melaksanakan analisa, evaluasi, kajian, dan telaah terhadap keuangan dan pemasaran perusahaan.
	2. Memberikan pertimbangan, pandangan, dan pendapat terkait kebijakan keuangan dan pemasaran perusahaan.
Direktur umum	1. Melaksanakan analisa, evaluasi, kajian, dan telaah terkait ketenagakerjaan, keselamatan kerja, dan lingkungan pabrik.
	2. Memberikan pertimbangan, pandangan, dan pendapat terkait kebijakan ketenagakerjaan, keselamatan kerja, dan lingkungan pabrik.

g. Kepala Bagian dan Kepala Seksi

Kepala bagian mempunyai tanggung jawab kepada direktur khusus yang menaunginya dalam mengatur dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam bidang tertentu dengan garis-garis yang telah diberikan oleh pimpinan perusahaan. Sedangkan kepala seksi memiliki tugas melaksanakan pekerjaan dalam ruang lingkup tertentu sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan oleh kepala bagian masing-masing.

Kepala bagian dibagi menjadi :

1. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab terhadap proses produksi dengan memastikan kelancaran proses dari awal sampai akhir. Kepala bagian produksi membawahi:

Tabel 4.6 Kepala Seksi Bagian Produksi

Jabatan	Tugas
Kepala seksi proses	Bertugas untuk melaksanakan seluruh kegiatan produksi pada alat utama.
Kepala seksi utilitas	Bertugas dalam pemeliharaan sarana utilitas dan menjamin kebutuhan utilitas seperti bahan bakar, listrik dan air.

2. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab terhadap kondisi dan perawatan alat produksi serta instrumentasi penunjang lainnya. Kepala bagian teknik membawahi:

Tabel 4.7 Kepala Seksi Bagian Teknik

Jabatan	Tugas
Kepala seksi mesin	Bertugas untuk mengatur seluruh mesin produksi dan mengevaluasi kinerja dari setiap mesin produksi.
Kepala seksi kelistrikan	Bertugas untuk mengatur kelistrikan dan menjamin kelancaran kelistrikan.
Kepala seksi pemeliharaan	Bertugas melakukan pemeliharaan dan maintenance terhadap setiap alat produksi pabrik.

3. Kepala Bagian Riset dan Mutu

Bertanggung jawab pada pengembangan produk dan pengawasan mutu bahan baku, produk, dan limbah buangan. Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu membawahi:

Tabel 4.8 Kepala Seksi Bagian Riset dan Mutu

Jabatan	Tugas
Kepala seksi <i>quality control</i>	Bertugas untuk melakukan pengontrolan terhadap kualitas produk selama proses berlangsung dan mengevaluasi jika terdapat ketidaksesuaian terhadap standar yang telah ditentukan.
Kepala seksi <i>quality assurance</i>	Bertugas untuk membuat perencanaan, prosedur, dan spesifikasi/standar proses dan produk sebelum proses berlangsung.
Kepala seksi riset	Bertugas untuk mengembangkan produk, tahapan, maupun proses produksi.

4. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap terhadap kegiatan yang berkaitan dengan penyedia informasi keuangan perusahaan. Kepala bagian keuangan membawahi:

Tabel 4.9 Kepala Seksi Bagian Keuangan

Jabatan	Tugas
Kepala seksi administrasi	Bertugas untuk menyediakan informasi keuangan untuk keperluan pihak manajemen atau pihak internal perusahaan.
Kepala seksi akuntansi	Bertugas untuk menyajikan informasi keuangan perusahaan bagi pihak di luar perusahaan (pihak eksternal).

5. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi:

Tabel 4.10 Kepala Seksi Bagian Pemasaran

Jabatan	Tugas
Kepala seksi marketing	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi. 2. Mengatur distribusi barang dari gudang.
Kepala seksi pembelian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pembelian bahan baku, peralatan maupun alat-alat pendukung lainnya yang dibutuhkan perusahaan. 2. Menganalisa harga dan mutu bahan baku, maupun peralatan yang akan dibeli.

6. Kepala Bagian Personalia

Bertanggung jawab dalam mengkoordinir kegiatan pabrik yang bersifat umum, seperti perawatan kesehatan, transportasi, kebersihan dan sarana pelayanan lainnya. Selain itu kepala bagian personalia bertanggung jawab atas ketertiban dan keamanan lingkungan pabrik dan hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan pabrik. Kepala bagian personalia membawahi:

Tabel 4.11 Kepala Seksi Bagian Personalia

Jabatan	Tugas
Kepala seksi ketenagakerjaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bertugas untuk menjaga keharmonisan antar karyawan dan mengatur seluruh kegiatan yang berkaitan dengan ketenagakerjaan.
Kepala seksi keamanan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjaga ketertiban dan keamanan perusahaan. 2. Mengawasi dan memeriksa orang-orang yang masuk maupun keluar dari lingkungan pabrik. 3. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan internal perusahaan.
Kepala seksi humas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bertugas mengatur hubungan eksternal perusahaan dan menyelenggarakan kegiatan sosial perusahaan.

7. Kepala Bagian K3 dan Lingkungan

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja para karyawan dan kelestarian lingkungan di sekitar pabrik. Kepala bagian K3 dan lingkungan membawahi:

Tabel 4.12 Kepala Seksi Bagian K3 dan Lingkungan

Jabatan	Tugas
Kepala seksi K3	<ol style="list-style-type: none">1. Menyelenggarakan pelayanan kesehatan pada karyawan2. Melakukan tindakan awal pencegahan jika terjadi kecelakaan kerja maupun hal-hal yang tidak diinginkan lainnya.3. Melakukan penyediaan alat-alat keselamatan kerja
Kepala seksi pengolahan limbah	<ol style="list-style-type: none">4. Mengatur dan mengawasi setiap proses pengolahan limbah.5. Bekerja sama dengan seksi QA dalam melakukan pengawasan terhadap kadar limbah buangan.

4.5.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap yaitu karyawan yang dipekerjakan tanpa adanya batasan waktu. Karyawan tetap akan diangkat dan diberhentikan melalui surat keputusan (SK) direksi dan mendapatkan upah bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa surat keputusan (SK) dari direksi dan akan mendapatkan upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan yaitu karyawan yang dipekerjakan sementara waktu dan diperkerjakan bila diperlukan saja. Karyawan ini akan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.5.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik natrium hidroksida ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari selain hari libur akan digunakan untuk melakukan perbaikan (*maintenance*) dan *shutdown*. Dalam kegiatan operasionalnya, jam karyawan digolongkan menjadi dua golongan yaitu:

a. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan non shift merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Adapun yang termaksud dalam golongan karyawan non shift yaitu direktur, staff ahli, kepala bagian, kepala seksi, dan bagian administrasi. *Karyawan non-shift* akan bekerja selama 34 jam kerja selama satu minggu dengan perincian:

Tabel 4.13 Jadwal Kerja Karyawan *Non-Shift*

Hari	Jam
Senin–kamis	Pukul 08.00 – 12.00 (Jam Kerja) Pukul 12.00 – 13.00 (Jam Istirahat) Pukul 13.00 – 16.00 (Jam Kerja)
Jum'at	Pukul 08.00 – 11.30 (Jam Kerja) Pukul 11.30 – 13.30 (Jam Istirahat) Pukul 13.30 – 16.00 (Jam Kerja)

b. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang secara langsung menangani kegiatan proses produksi dan kegiatan pendukung lainnya seperti keselamatan, keamanan dan kelancaran produksi. Adapun yang termaksud dalam golongan karyawan *shift* yaitu operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan bagian keamanan. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam tiga shift dengan pengaturan sebagai berikut:

Tabel 4.14 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

No shift	Jam
1	07.00 – 15.00 (<i>Shift Pagi</i>)
2	15.00 – 23.00 (<i>Shift Siang</i>)
3	23.00 – 07.00 (<i>Shift Malam</i>)

Para pekerja *shift* akan bekerja selama 8 jam per hari dengan 3 kali pergantian *shift* setiap harinya. Karyawan *shift* akan dibagi menjadi 4 regu (A,B,C,D). dalam satu hari, 3 tim akan mendapatkan giliran *shift* sedangkan 1 tim lainnya akan mendapatkan jatah libur. Untuk hari minggu dan libur hari besar, karyawan yang mendapatkan jatah *shift* tidak akan diliburkan akan tetapi

semua karyawan akan mendapatkan jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya.

Adapun jadwal *shift* karyawan tercantum pada tabel 4.15 berikut:

Tabel 4.15 Jadwal *Shift*

Tanggal	Regu			
	A	B	C	D
1	P	S	M	L
2	L	P	S	M
3	M	L	P	S
4	S	M	L	P
5	P	S	M	L
6	L	P	S	M
7	M	L	P	S
8	S	M	L	P
9	P	S	M	L
10	L	P	S	M
11	M	L	P	S
12	S	M	L	P
13	P	S	M	L
14	L	P	S	M
15	M	L	P	S
16	S	M	L	P
17	P	S	M	L
18	L	P	S	M
19	M	L	P	S
20	S	M	L	P
21	P	S	M	L
22	L	P	S	M
23	M	L	P	S
24	S	M	L	P
25	P	S	M	L
26	L	P	S	M
27	M	L	P	S
28	S	M	L	P
29	P	S	M	L
30	L	P	S	M
31	M	L	P	S

(Keterangan: P= *Shift* pagi, S= *Shift* siang, M= *Shift* malam, L= Libur)

4.5.6 Penggolongan Jabatan dan Gaji Karyawan

a. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

Setiap jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi dan pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawabnya masing-masing. Adapun jenjang pendidikan yang dibutuhkan yaitu minimal lulusan sekolah menengah pertama (SMP) hingga Magister (S-2).

b. Penggolongan Gaji

Sistem gaji pada perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Gaji Bulanan

Gaji bulanan diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji disesuaikan dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya disesuaikan dengan peraturan perusahaan.

Adapun besarnya penggolongan gaji menurut jabatan tercantum pada tabel 4.16-4.17 berikut:

Tabel 4.16 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/Orang/Bulan (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)
1	Dewan Komisaris	3	S2	40.000.000,00	1.440.000.000,00
2	Direktur Utama	1	S2	35.000.000,00	420.000.000,00
3	Direktur Produksi Teknik Dan Kualitas	1	S2	32.000.000,00	384.000.000,00
4	Direktur Keuangan Dan Pemasaran	1	S2	32.000.000,00	384.000.000,00
5	Direktur Umum	1	S2	32.000.000,00	384.000.000,00
6	Staf Ahli	2	S2	28.000.000,00	672.000.000,00
7	Serkertaris	3	S2	27.000.000,00	972.000.000,00
8	Ka. Bag. Produksi	1	S2	26.500.000,00	318.000.000,00
9	Ka. Bag. Teknik	1	S2	26.000.000,00	312.000.000,00
10	Ka. Bag. Riset Dan Mutu	1	S2	25.000.000,00	300.000.000,00
11	Ka. Bag. Keuangan	1	S2	23.500.000,00	282.000.000,00
12	Ka. Bag. Pemasaran	1	S2	23.500.000,00	282.000.000,00
13	Ka. Bag. Personalia	1	S2	23.500.000,00	282.000.000,00
14	Ka. Bag. K3 Dan Lingkungan	1	S2	24.000.000,00	288.000.000,00
15	Ka. Sek. Proses	1	S1	20.000.000,00	240.000.000,00
16	Ka. Sek. Utilitas	1	S1	19.000.000,00	228.000.000,00
17	Ka. Sek. Mesin	1	S1	20.000.000,00	240.000.000,00
18	Ka. Sek. Kelistrikan	1	S1	20.000.000,00	240.000.000,00
19	Ka. Sek. Instrumentasi	1	S1	18.000.000,00	216.000.000,00
20	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	S1	19.000.000,00	228.000.000,00
21	Ka. Sek. QC	1	S1	18.000.000,00	216.000.000,00
22	Ka. Sek. QA	1	S1	18.000.000,00	216.000.000,00
23	Ka. Sek. Riset	1	S1	18.000.000,00	216.000.000,00
24	Ka. Sek. Administrasi	1	S1	17.000.000,00	204.000.000,00
25	Ka. Sek. Akutansi	1	S1	17.000.000,00	204.000.000,00
26	Ka. Sek. Marketing	1	S1	16.000.000,00	192.000.000,00
27	Ka. Sek. Pembelian	1	S1	16.000.000,00	192.000.000,00
28	Ka. Sek. Keamanan	1	S1	15.000.000,00	180.000.000,00
29	Ka. Sek. Humas	1	S1	15.000.000,00	180.000.000,00
30	Ka. Sek. Kepegawaian	1	S1	15.000.000,00	180.000.000,00
31	Ka. Sek. K3	1	S1	15.500.000,00	186.000.000,00
32	Ka. Sek. Limbah	1	S1	16.000.000,00	192.000.000,00
33	Karyawan Proses	12	S1/D3	11.000.000,00	1.584.000.000,00
34	Karyawan Utilitas	10	S1/D3	11.000.000,00	1.320.000.000,00
35	Karyawan Mesin	15	S1/D3	11.000.000,00	1.980.000.000,00
36	Karyawan Kelistrikan	15	S1/D3	11.000.000,00	1.980.000.000,00

Tabel 4.17 Gaji Karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/Orang/Bulan (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)
37	Karyawan Instrumentasi	8	S1/D3	9.500.000,00	912.000.000,00
38	Karyawan Pemeliharaan	10	S1/D3	9.500.000,00	1.140.000.000,00
39	Karyawan QC	8	S1/D3	8.500.000,00	816.000.000,00
40	Karyawan QA	8	S1/D3	8.500.000,00	816.000.000,00
41	Karyawan Riset	8	S1/D3	8.500.000,00	816.000.000,00
42	Karyawan Adminitrasi	12	S1/D3	7.500.000,00	1.080.000.000,00
43	Karyawan Akutansi	8	S1/D3	7.500.000,00	720.000.000,00
44	Karyawan Marketing	6	S1/D3	7.500.000,00	540.000.000,00
45	Karyawan Pembelian	6	S1/D3	7.500.000,00	540.000.000,00
46	Karyawan Keamanan	6	S1/D3	7.500.000,00	540.000.000,00
47	Karyawan Humas	8	S1/D3	7.500.000,00	720.000.000,00
48	Karyawan Kepegawaian	10	S1/D3	7.500.000,00	900.000.000,00
49	Karyawan K3	8	S1/D3	7.500.000,00	720.000.000,00
50	Karyawan Pengolahan Limbah	10	S1/D3	7.500.000,00	900.000.000,00
51	Dokter	4	S1	12.000.000,00	576.000.000,00
52	Perawat	8	S1/D3	6.850.000,00	657.600.000,00
53	Operator	120	S1/D3	6.000.000,00	8.640.000.000,00
54	Salpam	10	SMA/K	5.000.000,00	600.000.000,00
55	Supir	6	SMA/K	4.500.000,00	324.000.000,00
56	<i>Cleaning Service</i>	20	SMA/K	4.350.000,00	1.044.000.000,00
Total		370		905.200.000,00	40.335.600.000,00

4.5.7 Fasilitas dan Kesejahteraan Sosial Karyawan

Untuk meningkatkan produktifitas karyawan maka kondisi jasmani maupun rohani dari karyawan harus dalam kondisi yang baik. Hal tersebut dapat dicapai dengan menyediakan beberapa fasilitas pendukung yang memadai dan menjamin kesejahteraan sosial bagi setiap karyawannya sehingga moral kerja karyawan tetap terjaga. Sehubungan dengan hal itu, maka perusahaan harus menyediakan beberapa fasilitas yang bermanfaat bagi karyawan dalam

menjalankan aktifitasnya sehari-hari. Adapun fasilitas dan kesejahteraan sosial yang diberikan perusahaan yaitu:

a. Tunjangan

1. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

b. Cuti

1. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja Dalam satu tahun.
2. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

c. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk tiap tahunnya.

d. Pengobatan

1. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja yang ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

2. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

e. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan RP. 1.000.00,00 per bulan.

Fasilitas untuk memudahkan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik meliputi:

1. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
2. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan.
3. Sarana peribadatan.
4. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helm*, *safety shoes* dan kacamata, serta alat-alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, dan sarung tangan tahan api.
5. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedik.

BAB V

UTILITAS

Demi kelancaran suatu proses produksi maka diperlukan sarana penunjang yang berperan sebagai sarana pendukung proses pada suatu pabrik. sarana pendukung biasa disebut sebagai unit utilitas. Unit utilitas memainkan peran penting dalam berjalannya suatu proses produksi karena merupakan unit yang membantu dengan menyuplai segala kebutuhan penunjang pabrik dari tahap awal proses hingga akhir. Adapun unit penyedia utilitas meliputi:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*).
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam Generation System*).
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plan System*).
4. Unit penyedia udara instrumen (*Instrument Air System*).
5. Unit penyedia bahan bakar.
6. Unit pengolahan limbah.

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu industri biasanya menggunakan air yang bersumber dari sumur, sungai, danau maupun laut. Dalam perancangan pabrik sodium hidroksida ini sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Musi. Penggunaan air sungai paling memungkinkan karena lokasi pemilihan pabrik sangat dekat dengan sungai

dibandingkan dengan sumber air lainnya. Selain itu terdapat beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber penyedia air yaitu:

- a. Pengolahan air sungai lebih mudah dibandingkan dengan proses pengolahan sumber air lainnya.
- b. Biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan sumber air lainnya.
- c. Air sungai memiliki kontinuitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sumber air lainnya sehingga kemungkinan kekurangan sumber air dapat dihindari.

Terdapat beberapa jenis air yang digunakan pada pabrik ini yaitu:

- a. Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Adapun total kebutuhan air pendingin tercantum pada tabel 5.1-5.2 berikut:

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Alat	Kode	Jumlah (kg/Jam)
1	<i>Cooler-01</i>	CL-01	63.421,17
2	<i>Crystallizer</i>	CR-01	20.688,84
3	<i>Condensor</i>	CD-01	8.539,59
4	<i>Cooler-02</i>	CL-02	1.342,58
5	<i>Cooler-03</i>	CL-03	2.391,23
6	<i>Cooler-04</i>	CL-04	2.102,31
7	<i>Cooler-05</i>	CL-05	2.016,03
8	<i>Cooling Screw Conveyor</i>	CSC-01	2.619,34
Jumlah			103.121,07

Demi menjamin ketersediaan air pendingin maka perancangan dibuat *over design* sebesar 20% sehingga menjadi 123.745,29 kg/jam. Untuk menghemat penggunaan air pendingin maka aliran air pendingin yang telah digunakan akan di-*recycle* kembali. Air pendingin yang telah digunakan akan memiliki suhu yang lebih panas dari sebelumnya karena adanya perpindahan panas. Oleh karena itu aliran air terlebih dahulu akan didinginkan pada *cooling tower* sebelum digunakan kembali. Selama proses pendingin kembali dalam *cooling tower*, akan terjadi kehilangan massa air yang disebabkan oleh air yang menguap, *blowdown*, dan *drift loss*. Untuk mengganti air yang hilang maka diperlu air tambahan (*make-up water*) untuk menutup kehilangan air sehingga neraca panas dapat dipertahankan. Pada pabrik ini diperlukan *make-up water* pendingin sebanyak 5.972,75 kg/jam selama *cycle* berlangsung.

Direncanakan jumlah *cycle* air pendingin sebanyak 4 *cycle*. Setelah masa *cycle* air pendingin selesai, air pendingin sisa *cycle* akan masuk unit pengolahan limbah dan digantikan dengan air pendingin baru yang telah diolah sebelumnya.

b. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik ini dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan *Boiler*

No	Alat	Kode	Jumlah (kg/Jam)
1	<i>Evaporator</i>	EV-01	1.982,51
Total			1.982,51

Uap air (*steam*) yang dihasilkan dari *evaporator* (EV-01) akan digunakan sebagai media pemanas untuk *heater*-01 (H-01) dan *heater*-02 (H-02). Total *steam* yang dihasilkan EV-01 yaitu 10.565,98 kg/jam. Adapun kebutuhan *steam* untuk H-01 dan H-02 yaitu:

Tabel 5.3 Kebutuhan *Steam* Untuk *Heater*

No	Alat	Kode	Jumlah (kg/Jam)
1	<i>Heater</i> -01	H-01	6.684,24
2	<i>Heater</i> -02	H-02	378,36
Jumlah			7.062,60

Sehingga alat yang membutuhkan *steam* dari air umpan *boiler* hanyalah EV-01. Demi menjamin ketersediaan air umpan *boiler* maka perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 2.379,01 kg/jam. Sama seperti air pendingin, *steam* yang telah terkondensasi setelah digunakan akan di-*recycle* dan digunakan kembali sebagai air umpan *boiler*. Air umpan boiler akan dijadikan *steam* menggunakan *boiler*. Dalam *boiler* juga terjadi kehilangan massa air yang disebabkan *steam trap* dan *blowdown*. Untuk mengganti massa air yang hilang maka diperlukan *make-up water* untuk menjaga neraca panas. Pada pabrik ini diperlukan *make-up water* umpan *boiler* sebanyak 475,80 kg/jam selama *cycle* berlangsung.

Jumlah *cycle* sistem *steam-condensing steam* akan dibuat sama dengan air pendingin yaitu sebanyak 4 *cycle*. Setelah masa *cycle* selesai, *condensing*

steam akan masuk unit pengolahan limbah dan digantikan dengan air umpan *boiler* baru yang telah diolah sebelumnya.

c. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area produksi. Adapun kebutuhan air proses pada pabrik ini tercantim pada tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Proses

No.	Alat	Kode	Jumlah (kg/Jam)
1	<i>Mixing Tank</i>	M-01	7.320,68
2	Reaktor Elektrolisis	R-02	9.067,24
Total			16.387,92

Demi menjamin ketersediaan air proses maka perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 19.665,51 kg/jam.

d. Air Domestik

Air domestik adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemenuhan kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter/hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter/hari (Sularso,2001). Total kebutuhan air domestik pada pabrik ini tercantum pada tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Kebutuhan Air Domestik

No.	Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
1	Karyawan	366,56
2	Mess	12.500,00
Total		12.866,56

e. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 500 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik natrium hidroksida ini, kebutuhan air diambil dari air sungai terdekat dengan lokasi pabrik. untuk menghasilkan air yang berkualitas dalam menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya maka diperlukan unit pengolahan air yang menghasilkan air yang sesuai dengan standar mutu. Berikut penjelasan tahap–tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:

a. Pengolahan Air Awal

1. Penghisapan

Air yang bersumber dari sungai akan dialirkan menuju unit pengolahan air menggunakan pompa dan selanjutnya akan dialirkan menuju alat penyaringan.

2. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan berfungsi untuk menahan kotoran–kotoran yang berukuran besar yang ikut terpompa dari air sungai. Kotoran–kotoran tersebut dapat

berupa kayu, ranting, sampah dan lain sebagainya. Pada tahap ini kotoran–kotoran yang berukuran besar tersebut akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia sedangkan partikel yang berukuran kecil akan melewati saringan yang kemudian akan dipisahkan pada proses selanjutnya. Air yang melewati saringan akan menuju ke bak pengendapan.

3. Pengendapan Awal

Partikel–partikel kecil yang tidak tersaring pada proses sebelumnya akan diendapkan di dalam bak pengendapan awal. Partikel–partikel tersebut mengendap karena adanya gravitasi. Selanjutnya air sungai yang telah diendapkan akan dialirkan menuju ke bak penggumpalan.

4. Penggumpalan/Koagulasi

Pada tahap sebelumnya, air yang telah diendapkan masih mengandung kaloid–kaloid pengotor yang tersuspensi dalam air. Oleh karena itu kaloid–kaloid pengotor tersebut perlu digumpalkan dalam bak penggumpalan dengan cara menambahkan senyawa kimia (koagulan). Proses penggumpalan ini disebut dengan koagulasi. Koagulan yang digunakan yaitu tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Agar proses koagulasi berjalan dengan efektif maka diperlukan pengadukan dengan kecepatan tinggi agar bibit gumpalan dapat terbentuk dengan sempurna. Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpalan yaitu:



5. Flokulasi

Setelah bibit gumpalan terbentuk, Aliran kemudian akan dialirkan menuju bak flukulator. Bak *flukulator* berfungsi untuk membentuk gumpalan yang lebih besar (*flok*) melalui proses flokulasi. Proses flokulasi dapat berjalan efektif jika dilakukan pengadukan dengan kecepatan rendah. Setelah *flok* terbentuk, aliran kemudian akan dialirkan menuju bak pengendapan dua.

6. Pengendapan II

Aliran kemudian akan menuju bak pengendapan dua. Bak pengendapan dua berfungsi untuk mengendapkan *flok-flok* yang terbentuk pada bak *flokulator*. *Flok-flok* yang terbentuk memiliki massa jenis yang besar sehingga sangat mudah untuk diendapkan dan terpisahkan dari air baku. Selanjutnya aliran air baku akan dialirkan menuju penyaring pasir.

7. Filtrasi

Air keluaran dari bak pengendapan dua masih mengandung pengotor berupa padatan yang tersuspensi maupun *flok-flok* yang belum terdepakan. Pengotor-pengotor tersebut harus dipisahkan. Pemisahan melalui pengendapan hampir mustahil untuk dilakukan karena ukuran pengotor yang kecil dan jumlahnya yang sedikit. Oleh karena itu diperlukan metode pemisahan filtrasi untuk memisahkan pengotor-pengotor tersebut maka pemisahan dilakukan menggunakan penyaring pasir (*sand filter*). Lapisan pasir pada *sand filter* dapat menyaring partikel-partikel halus yang masih terdapat dalam air baku. Lapisan pada *sand filter* terdiri dari antrasit, pasir,

dan krikil sebagai media penyaring. Air keluaran dari unit penyaring pasir memiliki kandungan *Total suspended solid* (TSS) sekitar 1-2 ppm.

Air yang sudah melewati tahap filtrasi sudah bisa dikatakan sebagai air bersih. Air ini akan ditampung dalam bak penampungan sementara dan bisa langsung digunakan sebagai air layanan khusus (*service water*) dan air pendingin. Untuk *service water*, air akan dialirkan menuju tangki *service water* sedangkan untuk air pendingin, air akan dialirkan menuju tangki air pendingin. Untuk air umpan *boiler*, air proses dan air domestik akan diolah lebih lanjut dikarenakan setiap jenis air tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. .

b. Pengolahan Air Domestik

1. Klorinasi

Untuk air yang akan digunakan sebagai air domestik, air dari bak penampungan sementara akan dialirkan menuju tangki *klorinator*. Dalam tangki ini, air akan ditambahkan klor atau kaporit yang berfungsi sebagai pembunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk digunakan. Air keluaran dari tangki *klorinator* akan dialirkan dan ditampung ke dalam tangki air bersih.

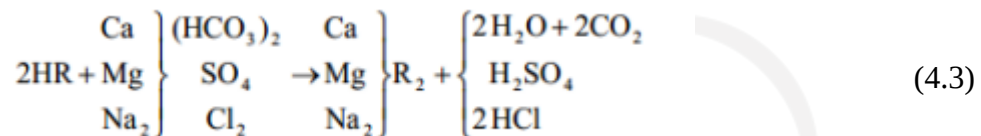
c. Pengolahan Air Umpan *Boiler* dan Air Proses

1. Demineralisasi Kation

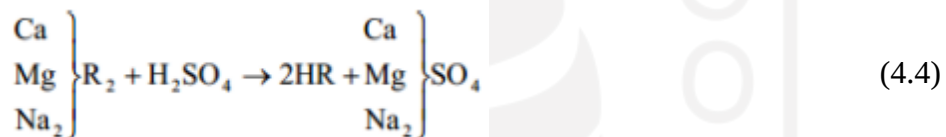
Untuk air umpan *boiler* dan air proses, selanjutnya akan dialirkan menuju tangki *kation exchanger*. Dalam tangki ini terdapat resin pengganti

kation–kation. Resin ini berfungsi untuk mengubah/mengganti kation–kation dalam air menjadi ion H^+ sehingga air keluaran dari *kation exchanger* merupakan air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Adapun reaksinya yaitu:



Dalam jangka waktu tertentu, resin kation akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H_2SO_4). Adapun reaksinya yaitu:



2. Demineralisasi Anion

Air keluaran dari tangki *kation exchanger* masih mengandung ion–ion negatif (anion) yang terlarut dalam air. Oleh karena itu, air tersebut harus diumpan ke tangki *anion exchanger*. Dalam tangki tersebut terdapat resin yang bersifat basa yang berfungsi sebagai pengikat untuk anion–anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} sehingga air keluaran dari tangki ini akan terbebas dari anion–anion tersebut. Dalam waktu tertentu, resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH .

Air yang telah melewati proses demineralisasi kemudian akan dialirkan menuju tangki air demin. Untuk air proses, air dari tangki air demin akan langsung digunakan sebagai air proses sedangkan air umpan *boiler* harus diproses lebih lanjut agar memenuhi spesifikasi sebagai air umpan *boiler*.

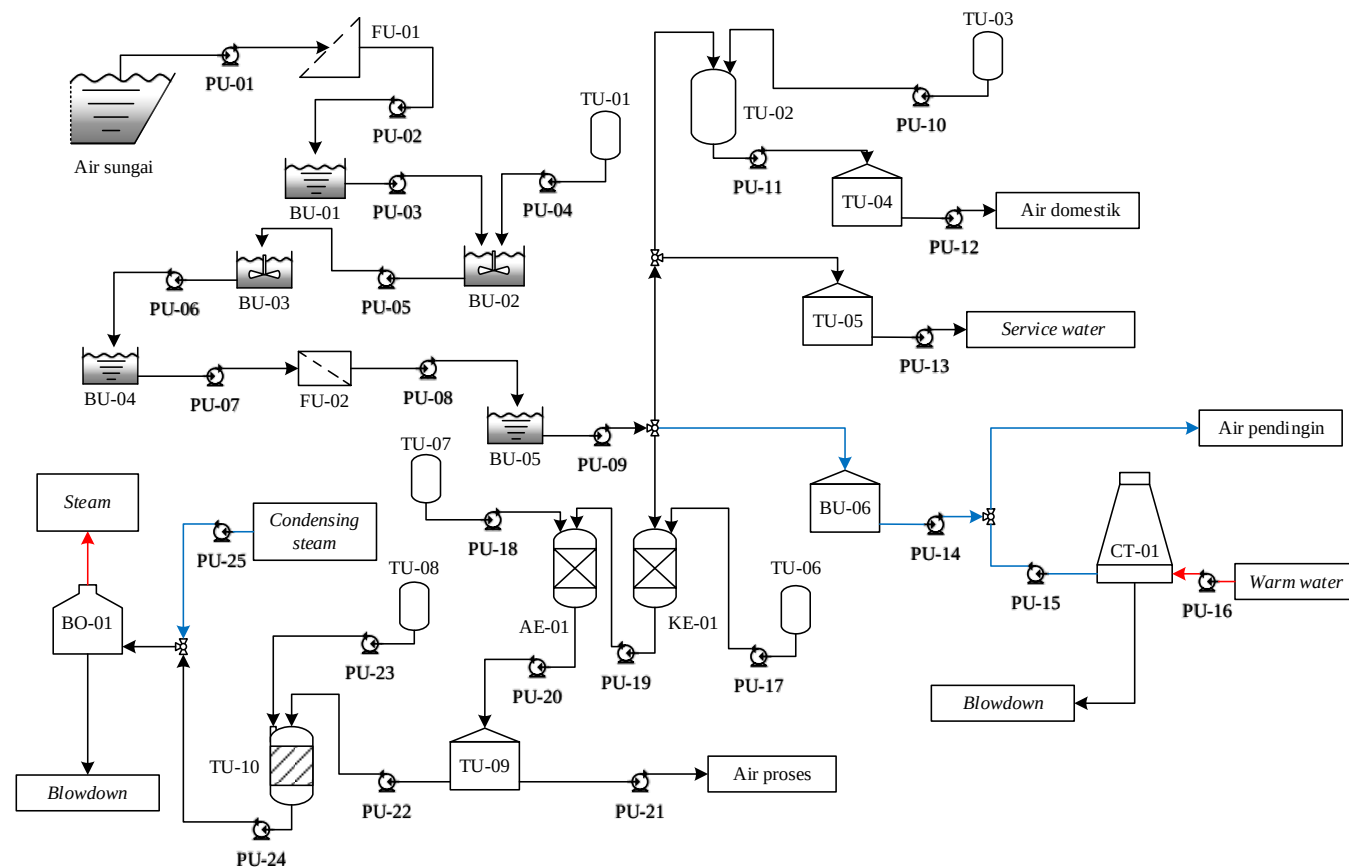
3. Unit *Daerator*

Air dari tangki air demin yang digunakan sebagai air umpan *boiler* akan dialirkan menuju tangki *daerator*. Dalam tangki *daerator* terjadi suatu proses yang disebut dengan daerasi. Daerasi merupakan proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂).

Air umpan *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut karena dapat menyebabkan korosi. Korosi ini dapat menyebabkan kerusakan pada *boiler* dan mengurangi transfer panas sehingga dapat menurunkan efisiensi *boiler* yang berujung pada pembengkakan biaya. Dalam *daerator* ini akan diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₄) yang berfungsi untuk mengikat oksigen dengan reaksi:



Keterangan Alat	
BU-01	Bak pengendapan I
BU-02	Bak Koagulasi
BU-03	Bak Flokulasi
BU-04	Bak pengendapan II
BU-05	Bak Sementara
BU-06	Bak Air Pendingin
TU-01	Tangki Larutan Alum
TU-02	Tangki Klorinasi
TU-03	Tangki Kaporit
TU-04	Tangki Air Domestik
TU-05	Tangki Service Water
TU-06	Tangki Larutan H_2SO_4
TU-07	Tangki Larutan $NaOH$
TU-08	Tangki Larutan N_2H_4
TU-09	Tangki Air Demin
TU-10	Tangki Daerator
FU-01	Screener
FU-02	Sand Filter
KE-01	Kation Exchange
AE-01	Anion Exchange
CT-01	Cooling Tower
BO-01	Boiler
PU	Pompa Utilitas



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

5.1.3 Spesifikasi Alat Utilitas

a. Bak

Tabel 5.6 Spesifikasi Bak Persegi

Parameter	BU-01	BU-04	BU-05	BU-06
Nama alat	Bak pengedapan awal	Bak pengendapan flok	Bak penampungan sementara	Bak penampungan air pendingin
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan flok hasil dari tangki flokulator	Menampung sementara air baku setelah disaring dari <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan konstruksi	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Kapasitas maksimum	402,57 m ³	402,44 m ³	201,11 m ³	1.484,94 m ³
Jumlah	4 buah	2 buah	1 buah	1 buah
Dimensi				
Panjang	9,30 m	9,30 m	7,38 m	14,37 m
Lebar	9,30 m	9,30 m	7,38 m	14,37 m
Tinggi	4,65 m	4,65 m	3,69 m	7,19 m

Tabel 5.7 Spesifikasi Bak Silinder

Parameter	BU-02	BU-03
Nama alat	Bak koagulasi	Bak flokulasi
Fungsi	Menggumpalkan pengotor pada air baku dengan penambahan larutan alum 5%	Membentuk gumpalan yang lebih besar (flok) dengan kecepatan pengadukan rendah
Jenis	Bak silinder tegak	Bak silinder tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kapasitas maksimum	201,22 m ³	201,30 m ³
Jumlah	1 buah	1 buah
Dimensi		
Diameter	6,35 m	6,35 m
Tinggi	6,35 m	6,35 m
Spesifikasi pengaduk		
Jenis pengaduk	<i>Marine propeller 3 blade</i>	<i>Flat Turbine</i>
Kecepatan pengaduk	100 rpm	37 rpm
Power pengaduk	150 Hp	10 Hp

b. Tangki

Tabel 5.8 Spesifikasi Tangki Utilitas

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Nama alat	Tangki larutan alum	Tangki klorinasi	Tangki kaporit	Tangki air bersih
Fungsi	Menyimpan larutan alum 5%	Menghilangkan bakteri dan patogen dalam air dengan penambahan kaporit	Menampung kaporit	Menampung air bersih untuk kebutuhan domestik
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kapasitas maksimum	23,39 m ³	25,56 m ³	0,06 m ³	613,37 m ³
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Dimensi				
Diameter	3,10 m	3,19 m	0,42 m	9,21 m
Tinggi	3,10 m	3,19 m	0,83 m	9,21 m

Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Parameter	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08
Nama alat	Tangki <i>service water</i>	Tangki H ₂ SO ₄ 5%	Tangki NaOH 10%	Tangki N ₂ H ₄
Fungsi	Menyimpan air bertekanan untuk layanan umum	Menyimpan larutan H ₂ SO ₄ 5% sebagai <i>regenerant</i> resin kation	Menyimpan larutan NaOH 10% sebagai <i>regenerant</i> resin anion	Menyimpan larutan N ₂ H ₄ sebagai agen proses daerasi
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas maksimum	43,20 m ³	9,23 m ³	26,17 m ³	5,80 m ³
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Dimensi				
Diameter	3,80 m	2,27 m	3,22 m	1,95 m
Tinggi	3,80 m	2,27 m	3,22 m	3,90 m

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Parameter	TU-09	TU-10
Nama alat	Tangki air demin	Tangki daerator
Fungsi	Menampung air demin yang digunakan sebagai air umpan <i>boiler</i> dan air proses	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ pada air umpan <i>boiler</i>
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas maksimum	634,88 m ³	11,42 m ³
Jumlah	1 buah	1 buah
Dimensi		
Diameter	9,32 m	2,44 m
Tinggi	9,32 m	4,88 m

c. *Kation Exchange dan Anion Exchange*

Tabel 5.11 Spesifikasi *Kation Exchange* dan *Anion Exchange*

Parameter	KE-01	AE-02
Nama	<i>Kation exchange</i>	<i>Anion exchange</i>
Fungsi	Mengurangi kesadahan kation dalam air dari 125 mg/l menjadi 1 mg/l	Mengurangi kesadahan anion dalam air dari 125 mg/l menjadi 1 mg/l
Jenis	Tangki Silinder dengan <i>fixed Bed</i>	Tangki silinder dengan <i>fixed bed</i>
Mode operasi	Kontinyu	Kontinyu
Jumlah	2 buah	2 buah
Jenis resin	<i>DuPont™ AmberLite™ HPR1300 H</i>	<i>DuPont™ AmberLite™ HPR9000 OH</i>
Kapasitas resin	1,90 eq/L	0,76 eq/L
Waktu <i>cycle</i>	11 jam	11 jam
Material dan dimensi		
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Tinggi total	1,65 m	1,65 m
Diameter	0,92 m	1,45 m
Volume <i>bed</i>	0,80 m ³	2,00 m ³
Tinggi <i>bed</i> total	1,20 m	1,20 m

d. Pompa

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04
Fungsi	Memonpa air sungai menuju FU-01	Mengalirkan air baku dari FU-01 menuju BU-01	Mengalirkan air baku dari BU-01 menuju BU-02	Mengalirkan larutan alum 5% dari TU-01 menuju BU-02
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Radial flow</i>
Kapasitas	866,83 gpm	866,83 gpm	866,56 gpm	0,35 gpm
<i>Head pump</i>	3,00 m	4,65 m	6,35 m	9,65 m
Spesifikasi pipa				
Bahan kontruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	10,00 in	10,00 in	10,00 in	0,13 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40	40
<i>OD</i>	10,75 in	10,75 in	10,75 in	0,41 in
<i>ID</i>	10,02 in	10,02 in	10,02 in	0,27 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	82 %	82%	82%	80%
Daya motor	5,00 Hp	7,50 Hp	7,50 Hp	0,05 Hp

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Parameter	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
Fungsi	Mengalirkan air baku dari BU-02 menuju BU-03	Mengalirkan air baku dari BU-03 menuju BU-04	Mengalirkan air baku dari BU-04 menuju FU-02	Mengalirkan air baku dari FU-02 menuju BU-05
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>
Kapasitas	866,91 gpm	866,91 gpm	866,14 gpm	866,10 gpm
<i>Head pump</i>	6,35 m	4,65 m	1,78 m	3,69 m
Spesifikasi pipa				
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	10,00 in	10,00 in	10,00 in	10,00 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40	40
<i>OD</i>	10,75 in	10,75 in	10,75 in	10,75 in
<i>ID</i>	10,02 in	10,02 in	10,02 in	10,02 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	82 %	82%	82%	82%
Daya motor	7,50 Hp	7,50 Hp	3,00 Hp	5,00 Hp

Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Parameter	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air baku dari BU-05 menuju area kebutuhan air	Mengalirkan kaporit dari TU-03 menuju TU-02	Mengalirkan air baku dari TU-02 menuju TU-04	Mengalirkan air baku dari TU-04 menuju area kebutuhan domestik
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Radial flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Axial flow</i>
Kapasitas	866,10 gpm	0,57 gpm	110,06 gpm	110,06 gpm
<i>Head pump</i>	7,19 m	3,19 m	9,21 m	1,00 m
Spesifikasi pipa				
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	10,00 in	0,25 in	4,00 in	4,00 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40	40
<i>OD</i>	10,75 in	0,54 in	4,50 in	4,50 in
<i>ID</i>	10,02 in	0,36 in	4,03 in	4,03 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	82 %	80%	80%	82%
Daya motor	10 Hp	0,05 Hp	1,50 Hp	2,00 Hp

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Parameter	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16
Fungsi	Mengalirkan air baku dari TU-05 menuju area kebutuhan <i>service</i>	Mengalirkan air baku dari BU-06 menuju aliran air pendingin	Mengalirkan air pendingin dari CT-01 menuju alat proses/UPL	Mengalirkan <i>warm water</i> dari alat proses menuju CT-01
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Axial flow</i>
Kapasitas	2,58 gpm	639,49 gpm	639,49 gpm	639,49 gpm
<i>Head pump</i>	1,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m
Spesifikasi pipa				
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	0,75 in	8,00 in	8,00 in	8,00 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40	40
<i>OD</i>	1,05 in	8,63 in	8,63 in	8,63 in
<i>ID</i>	0,82 in	7,98 in	7,98 in	7,98 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	80 %	81%	81%	81%
Daya motor	0,05 Hp	3,00 Hp	3,00 Hp	3,00 Hp

Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Parameter	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
Fungsi	Mengalirkan larutan H ₂ SO ₄ 5% dari TU-06 menuju KE-01	Mengalirkan larutan NaOH 10% dari TU-07 menuju AE-01	Mengalirkan air baku dari KE-01 menuju AE-01	Mengalirkan air baku dari AE-01 menuju TU-09
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis impeller	<i>Radial flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Mixed flow</i>
Kapasitas	0,95 gpm	1,37 gpm	113,92 gpm	113,92 gpm
Head pump	1,65 m	1,65 m	1,65 m	9,32 m
Spesifikasi pipa				
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
IPS	0,38 in	0,38 in	4,00 in	4,00 in
Sch.No	40	40	40	40
OD	0,68 in	0,68 in	4,50 in	4,50 in
ID	0,49 in	0,49 in	4,03 in	4,03 in
Spesifikasi Motor				
Efisiensi motor	80 %	80%	80%	82%
Daya motor	0,05 Hp	0,05 Hp	0,33 Hp	2,00 Hp

Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Parameter	PU-21	PU-22	PU-23	PU-24	PU-25
Fungsi	Mengalirkan air demin dari TU-09 menuju kebutuhan alat proses	Mengalirkan air demin dari TU-09 menuju TU-10	Mengalirkan larutan N_2H_4 dari TU-08 menuju TU-10	Mengalirkan air umpan boiler dari TU-10 menuju BO-01	Mengalirkan <i>condensing steam</i> dari alat proses menuju BO-01
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Radial flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>
Kapasitas	110,63 gpm	12,29 gpm	0,74 gpm	12,29 gpm	9,83 gpm
<i>Head pump</i>	5,00 m	3,90 m	4,88 m	5,00 m	3,00 m
Spesifikasi pipa					
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	4,00 in	1,25 in	0,38 in	1,25 in	1,25 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40	40	40
<i>OD</i>	4,50 in	1,66 in	0,68 in	1,66 in	1,66 in
<i>ID</i>	4,03 in	1,38 in	0,49 in	1,38 in	1,38 in
Spesifikasi Motor					
Efisiensi motor	80 %	80%	80%	80%	80%
Daya motor	1,00 Hp	0,13 Hp	0,05 Hp	1,50 Hp	0,08 Hp

e. Filter dan Alat Pendukung Lainnya

Tabel 5.18 Spesifikasi *Screening*

Parameter	FU-01
Nama alat	Screening
Fungsi	Menyaring kotoran dari air sungai yang berukuran besar
Material	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas	167.738,18 kg/jam
Panjang	10 ft
Lebar	8 ft
Diameter lubang	1 cm
Jumlah	1 buah

Tabel 5.19 Spesifikasi *Sand Filter*

Parameter	FU-02
Nama alat	<i>Sand filter</i>
Fungsi	Menyaring partikel-pengotor halus keluaran dari BU-04
Bentuk	Bak berbentuk balok
Material	<i>Sphere</i>
Ukuran pasir	28 mesh
Spesifikasi	
Volume	22,51 m ³
Panjang	3,56 m
Lebar	3,56 m
Tinggi	1,78 m
Jumlah	1 buah

Tabel 5.20 Spesifikasi *Cooling Tower*

Parameter	CT-01
Nama alat	<i>Cooling tower</i>
Fungsi	Mendinginkan <i>warm water</i> dari alat proses
Jenis	<i>Induced draft cooling tower</i>
Material	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kondisi operasi	
Suhu air masuk	68°C
Suhu air keluar	25°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Panjang	5,40 m
Lebar	5,40 m
Tinggi	8,50 m
Jumlah	1 buah

Tabel 5.21 *Blower Udara*

Parameter	BL-01
Nama alat	<i>Blower udara</i>
Fungsi	Menghembuskan udara menuju CT-01
Jenis	<i>Centrifugal blower</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Spesifikasi	
Kapasitas	106.124,67 m ³ /jam
Efisiensi	86%
Power	20 Hp
Jumlah	1 buah

5.2 Unit pembangkit *steam*

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan katel uap (*boiler*) dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas : 7.679.218,01 kJ/jam
- Jenis : *Fire tube boiler*
- Jumlah : 1 buah

Adapun spesifikasi *steam* yang akan dibuat yaitu *superheated steam* dengan suhu 180°C dan tekanan 1 atm.

Boiler dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* perlu diperhatikan kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikat. Jika kadar tidak sesuai standar maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Hal yang perlu diperhatikan juga yaitu kadar pH. Kadar pH perlu diatur sekitar 10,5-11,5. Jika pH terlalu tinggi maka tingkat korosivitasnya akan semakin tinggi.

Untuk memudahkan proses penguapan dan mencapai kondisi *superheated*, maka air akan dipanaskan terlebih dahulu hingga kondisi *saturated liquid* pada 1 atm yaitu 100°C. Untuk memaskan air hingga kondisi *saturated liquid*, air akan diumpankan ke dalam *economizer* yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batu bara yang keluar dari *boiler*. Jika temperatur sudah sesuai maka air akan diumpankan menuju *boiler*.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini akan bersumber pada PLN. Adapun keuntungan jika menggunakan tenaga listrik yang bersumber dari PLN yaitu biaya yang murah sedangkan kekurangannya yaitu kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak tetap. Oleh karena itu diperlukan sumber tenaga cadangan untuk menyuplai sumber tenaga listrik jika terjadi masalah pada sumber tenaga listrik utama.

Pada pabrik ini akan dibangun unit pembangkit listrik berupa generator. Generator ini berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik cadangan apabila terjadi gangguan pada pasokan listrik pada PLN sehingga pasokan listrik akan selalu tersedia. Adapun spesifikasi generator yang digunakan yaitu:

- Kapasitas : 35.000 kW
- Jenis : Generator set
- Jumlah : 1 buah

Berikut merupakan rincian daya dan kebutuhan listrik pada pabrik ini:

Tabel 5.22 Kebutuhan Listrik Alat Proses Utama

Alat	Kode	Daya		Kebutuhan listrik pertahun (kWh)
		Hp	kW	
<i>Mixing Tank</i>	M-01	10,00	7,46	59.059,44
Reaktor RATB	R-01	3,00	2,24	17.717,83
Reaktor Elektrolisis	R-02	37.298,62	27.813,58	220.283.558,29
<i>Crystalizzer</i>	CR-01	7,50	5,59	44.294,58
<i>Centrifuge</i>	CF-01	0,13	0,09	738,24
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	40,00	29,83	236.237,76
<i>Vibrating Screen</i>	VS-01	4,00	2,98	23.623,78
<i>Compressor 1</i>	C-01	1,31	0,98	7.736,89
<i>Compressor 3</i>	C-02	9,90	7,38	58.444,34
<i>Compressor 3</i>	C-03	9,69	7,22	57.219,59
<i>Compressor 4</i>	C-04	9,84	7,34	58.133,55

Tabel 5.23 Kebutuhan Listrik Alat Proses Utama (Lanjutan)

Alat	Kode	Daya		Kebutuhan listrik pertahun (kWh)
		Hp	kW	
<i>Screw conveyor 1</i>	SC-01	0,33	0,25	1.968,65
<i>Screw conveyor 2</i>	SC-02	0,50	0,37	2.952,97
<i>Screw conveyor 3</i>	SC-03	0,33	0,25	1.968,65
<i>Screw conveyor 4</i>	SC-04	0,33	0,25	1.968,65
<i>Cooling Screw Conveyor</i>	CSC-01	0,33	0,25	1.968,65
<i>Bucket elevator 1</i>	BE-01	5,00	3,73	29.529,72
<i>Bucket elevator 2</i>	BE-02	15,00	11,19	88.589,16
Pompa 1	P-01	2,00	1,49	11.811,89
Pompa 2	P-02	0,05	0,04	295,30
Pompa 3	P-03	2,00	1,49	11.811,89
Pompa 4	P-04	2,00	1,49	11.811,89
Pompa 5	P-05	1,00	0,75	5.905,94
Pompa 6	P-06	3,00	2,24	17.717,83
Pompa 7	P-07	1,50	1,12	8.858,92
Pompa 8	P-08	0,05	0,04	295,30
Pompa 9	P-09	0,05	0,04	295,30
Pompa 10	P-10	0,05	0,04	295,30
Pompa 11	P-11	0,05	0,04	295,30
Pompa 12	P-12	0,75	0,56	4.429,46
Pompa 13	P-13	0,17	0,12	984,32
Total		37.428,48	27.910,42	221.050.519,35

Tabel 5.24 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode	Daya		Kebutuhan listrik pertahun (kWh)
		Hp	kW	
Kompresor Udara Tekan	KU-01	7,50	5,5928	44.294,58
<i>Blower</i>	BL-01	20,00	14,9140	118.118,88
Bak Koagulasi	BU-02	150	111,8550	885.891,60
Bak Flokulasi	BU-03	10	7,4570	59.059,44
Pompa 1	PU-01	5,00	3,7285	29.529,72
Pompa 2	PU-02	7,50	5,5928	44.294,58
Pompa 3	PU-03	7,50	5,5928	44.294,58
Pompa 4	PU-04	0,05	0,0373	295,30
Pompa 5	PU-05	7,50	5,5928	44.294,58
Pompa 6	PU-06	7,50	5,5928	44.294,58

Tabel 5.25 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas (Lanjutan)

Alat	Kode	Daya		Kebutuhan listrik pertahun (kWh)
		Hp	kW	
Pompa 7	PU-07	3,00	2,2371	17.717,83
Pompa 8	PU-08	5,00	3,7285	29.529,72
Pompa 9	PU-09	10,00	7,4570	59.059,44
Pompa 10	PU-10	0,05	0,0373	295,30
Pompa 11	PU-11	1,50	1,1186	8.858,92
Pompa 12	PU-12	2,00	1,4914	11.811,89
Pompa 13	PU-13	0,05	0,0373	295,30
Pompa 14	PU-14	3,00	2,2371	17.717,83
Pompa 15	PU-15	3,00	2,2371	17.717,83
Pompa 16	PU-16	3,00	2,2371	17.717,83
Pompa 17	PU-17	0,05	0,0373	295,30
Pompa 18	PU-18	0,05	0,0373	295,30
Pompa 19	PU-19	0,33	0,2486	1.968,65
Pompa 20	PU-20	2,00	1,4914	11.811,89
Pompa 21	PU-21	1,00	0,7457	5.905,94
Pompa 22	PU-22	0,13	0,0932	738,24
Pompa 23	PU-23	0,05	0,0373	295,30
Pompa 24	PU-24	1,50	1,1186	8.858,92
Pompa 25	PU-25	0,08	0,0621	492,16
Total		258,34	192,6454	1.525.751,42

Tabel 5.26 Kebutuhan Total Listrik

No	Keperluan	Daya listrik (Kw)	Kebutuhan listrik pertahun (kWh)
1.	Power Plant	27.910,42	221.050.519,35
2.	Utilitas	192,65	1.525.751,42
3.	Alat Kontrol	2.810,31	22.257.627,08
4.	Penerangan	281,03	2.428.104,77
5.	Peralatan Kantor	562,06	4.856.209,54
6.	Bengkel, Laboratorium	843,09	6.677.288,12
7.	Perumahan	30,00	259.200,00
Total		32.629,55	259.054.700,28

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol proses. Udara tekan yang diperlukan bertekanan 5,5 bar dan dalam kondisi bersih. Dalam pabrik natrium hidroksida ini terdapat 40 instrumen kontrol yang memerlukan udara tekan sebagai penggerak. Total kebutuhan udara tekan yaitu sebesar 67,97 m³/jam. Udara tekan yang digunakan merupakan udara dari lingkungan yang akan dialirkan menggunakan *compressor*. Adapun spesifikasi *compressor* yang digunakan yaitu:

Tabel 5.27 Spesifikasi *Compressor* Udara Tekan

Parameter	Keterangan
Nama	<i>Compressor</i> utilitas
Kode	CU-01
Fungsi	Mengalirkan udara menuju alat kontrol pneumatik
Jenis	Single stage reciprocating compressor
Material	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kapasitas	74,76 m ³ /jam
Daya motor	7,50 Hp
Jumlah	1 buah

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik.. Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar dengan spesifikasi:

- *Specific gravity* : 0,87
- Densitas : 870 kg/m³
- *Heating value* : 250.000,00 BTU/gal

Adapun alasan dalam pemilihan bahan bakar tersebut karena ketersediaannya yang melimpah, murah, mudah didapatkan dan mudah untuk

disimpan. Kebutuhan bahan bakar yang disediakan pada unit ini akan digunakan sebagai bahan bakar *boiler* dan generator. Total kebutuhan bahan bakar *boiler* yaitu 209,93 kg/jam sedangkan untuk generator yaitu 1.627,42 kg/jam.

5.6 Unit Pengelolaan Limbah

Pada saat proses produksi berlangsung, terdapat hasil buangan pabrik berupa limbah industri. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut perlu di proses terlebih dahulu karena dapat berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Oleh karena itu pada setiap pabrik diperlukan unit pengolahan limbah yang berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan oleh pabrik. limbah-limbah yang dihasilkan meliputi:

- a. Air Buangan Sanitasi Yang Berasal Dari Toilet, Dapur dan Pencucian.

Limbah-limbah tersebut akan dikumpulkan dalam unit stabilisasi kemudian diolah dengan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin berfungsi sebagai disinfektan karena dapat membunuh mikroorganisme penyebab penyakit

- b. Air Buangan Utilitas Yang Berasal Dari Unit Demineralisasi dan Sisa Regenerasi Resin.

Air ini bersifat asam maupun basa sehingga harus dilakukan penetralan. Penetralan dilakukan dengan menambahkan H_2SO_4 ataupun $NaOH$ yang kemudian akan dialirkan menuju penampungan akhir lalu dibuang.

- c. Air Sisa Pencucian Peralatan.

Umumnya air sisa pencucian peralatan masing mengandung *total dissolved solid* (TDS) dan komponen padat yang tidak terlarut. Komponen-

komponen tersebut berasal dari sisa bahan yang menempel pada peralatan setelah pabrik beroperasi. Air sisa pencucian ini akan diolah lebih lanjut dan akan dibuang sebagai limbah.

d. Gas Buangan

Gas buangan yang dihasilkan pada pabrik ini yaitu CO₂ dan N₂. Gas ini dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar pada *boiler*, generator listrik dan *rotary dryer*. Gas-gas tersebut perlu diawasi secara ketat agar gas-gas tersebut dapat terkondensasi secara sempurna. Hal itu bertujuan agar gas-gas tersebut dapat berubah fasa menjadi cair.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam memperkirakan kelayakan pabrik dari segi ekonomi maka dalam melakukan pra-rancangan pabrik perlu dilakukan evaluasi ekonomi. Evaluasi ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat menguntungkan atau tidak. Dengan mengetahui kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dan terjadinya titik impas maka untung atau ruginya pendirian pabrik dapat diketahui. Dalam melakukan evaluasi ekonomi terdapat beberapa hal yang perlu ditinjau yaitu:

a. *Return On Investment (ROI)*

Return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi *depresiasi*.

c. *Break Even Point (BEP)*

Break event point adalah terjadinya titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point merupakan titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable Cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

Sebelum dilakukan analisa pada kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan beberapa hal yaitu:

a. *Modal (Capital Investment)*

1. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
2. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

b. *Biaya Produksi (Manufacturing Cost)*

1. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
2. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
3. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

c. *Working Capital*

d. *Pengeluaran Umum (General Cost)*

6.1 Perkiraan Harga Alat

Dalam melakukan analisa ekonomi perlu diketahui harga alat pada tahun pendirian pabrik. pendirian pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2026. Untuk mengetahui harga alat pada tahun 2026 maka perlu dicari indek alat pada tahun tersebut. Indeks alat pada tahun 2026 akan diproyeksikan melalui data indeks harga alat tahun 1987-2018 menggunakan regresi linear. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEPindeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

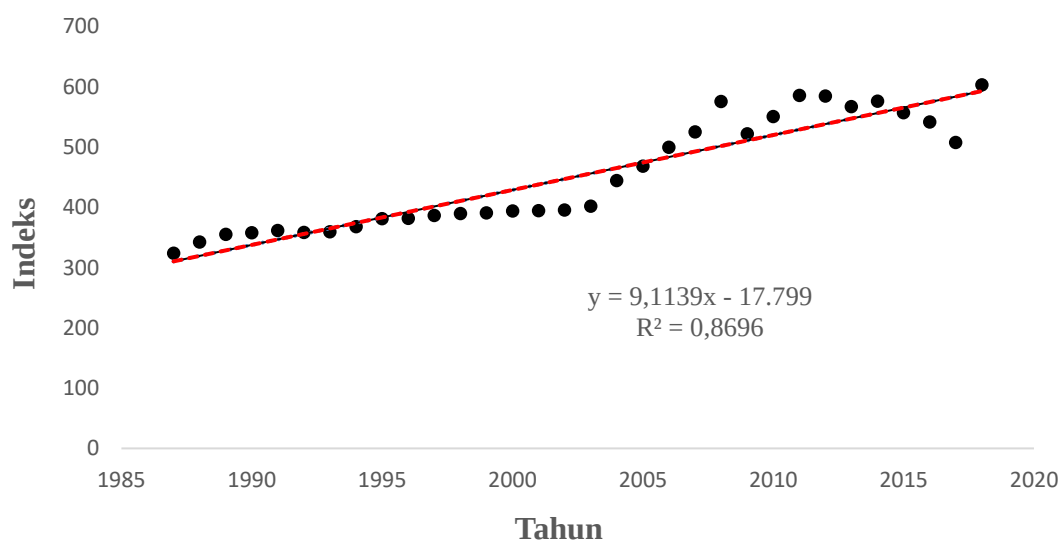
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat Tahun 1987-2018

No	Tahun (Xi)	Indeks Harga (Yi)
1	1987	323,8
2	1988	342,5
3	1989	355,4
4	1990	357,6
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402,0
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4

Tabel 6.2 Indeks Harga Alat Tahun 1987-2018 (Lanjutan)

No	Tahun (Xi)	Indeks Harga (Yi)
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8
30	2016	541,7
31	2017	507,5
32	2018	603,1

Berikut merupakan grafik hubungan antara tahun dengan indeks harga:



Gambar 6.1 Grafik Hubungan Antara Tahun Dengan Indeks Harga

Setelah dilakukan regresi linear pada data indeks alat tahun 1987-2018, didapatkan persamaan garis linear yaitu $y = 9,1139x - 17.799$. Dari persamaan tersebut dapat diproyeksikan indeks harga alat untuk tahun 2021-2026. Adapun proyeksi indek harga alat pada tahun 2021-2026 yaitu:

Tabel 6.3 Proyeksi Indek Harga Alat Tahun 2019-2020

No	Tahun	Indeks harga alat
1	2019	601,964
2	2020	611,078
3	2021	620,192
4	2022	629,306
5	2023	638,420
6	2024	647,534
7	2025	656,647
8	2026	665,761

Dari proyeksi tersebut didapatkan indeks alat pada tahun 2026 yaitu 665,761. Harga-harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan aries dan Newton, pada tahun 1955). Harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari menggunakan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

Keterangan:

- Ex : Harga alat pembelian pada tahun 2026.
- Ey : Harga pembelian pada tahun referensi.
- Nx : Indek harga pada tahun 2026.
- Ny : Indek harga pada tahun referensi.

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk berbagai macam jenis alat dapat dilihat pada *Peter and Timmerhaus, "Plant Design and Economic for Chemical Engineering", 3th edition*. Untuk alat yang tidak diketahui harga eksponennya maka diambil harga x sebesar 0,6. Daftar harga alat proses dapat dilihat pada Tabel 6.4-6.5, dan daftar harga alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.6-6.7.

Tabel 6.4 Harga Alat Proses

No	Nama alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2026	2014	2026
1	Silo 1	SL-01	1	576,10	665,76	598.320,00	691.439,61
2	Mixing tank	M-01	1	576,10	665,76	336.400,00	388.755,66
3	Reaktor RATB	R-01	1	576,10	665,76	540.100,00	624.158,54
4	Filter-press	FP-01	1	576,10	665,76	20.200,00	23.343,83
5	Kation exchange	IE-01	2	576,10	665,76	21.600,00	49.923,44
6	Anion exchange	IE-02	2	576,10	665,76	21.400,00	49.461,18
7	Reaktor Elektrolisis	R-02	182	576,10	665,76	16.100,00	3.386.242,07
8	Evaporator	EV-01	1	576,10	665,76	370.300,00	427.931,69
9	Crystallizer	CR-01	1	576,10	665,76	274.600,00	317.337,41
10	Centrifuge	CF-01	1	576,10	665,76	85.900,00	99.269,06
11	Rotary dryer	RD-01	1	576,10	665,76	101.600,00	117.412,53
12	Vibrating Screener	VR-01	1	576,10	665,76	25.100,00	29.006,44
13	Silo 2	SL-02	1	576,10	665,76	784.524,00	906.623,50
14	Tangki 1	T-01	1	576,10	665,76	31.700,00	36.633,63
15	Tangki 2	T-02	1	576,10	665,76	94.200,00	108.860,83
16	Tangki 3	T-03	1	576,10	665,76	65.100,00	75.231,85
17	Tangki 4	T-04	5	576,10	665,76	407.176,40	2.352.736,77
18	Tangki 5	T-05	4	576,10	665,76	975.800,00	4.510.675,05
19	Compressor 1	C-01	1	576,10	665,76	53.700,00	62.057,61
20	Compressor 2	C-02	1	576,10	665,76	55.100,00	63.675,50
21	Compressor 3	C-03	1	576,10	665,76	55.100,00	63.675,50
22	Compressor 4	C-04	1	576,10	665,76	55.100,00	63.675,50
23	Pompa 1	P-01	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84

24	Pompa 2	P-02	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84
25	Pompa 3	P-03	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84
26	Pompa 4	P-04	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84
27	Pompa 5	P-05	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84
28	Pompa 6	P-06	1	576,10	665,76	9.200,00	10.631,84

Tabel 6.5 Harga Alat Proses (Lanjutan)

No	Nama alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2026	2014	2026
29	Pompa 7	P-07	1	576,10	665,76	12.300,00	14.214,31
30	Pompa 8	P-08	1	576,10	665,76	6.000,00	6.933,81
31	Pompa 9	P-09	1	576,10	665,76	900,00	1.040,07
32	Pompa 10	P-10	1	576,10	665,76	1.600,00	1.849,02
33	Pompa 11	P-11	1	576,10	665,76	1.200,00	1.386,76
34	Pompa 12	P-12	1	576,10	665,76	4.900,00	5.662,61
35	Pompa 13	P-13	1	576,10	665,76	4.900,00	5.662,61
36	<i>Screw conveyor 1</i>	SC-01	1	576,10	665,76	3.800,00	4.391,41
37	<i>Screw conveyor 2</i>	SC-02	1	576,10	665,76	4.200,00	4.853,67
38	<i>Screw conveyor 3</i>	SC-03	1	576,10	665,76	3.800,00	4.391,41
39	<i>Screw conveyor 4</i>	SC-04	1	576,10	665,76	3.800,00	4.391,41
40	<i>Screw conveyor 5</i>	SC-05	1	576,10	665,76	3.800,00	4.391,41
41	<i>Bucket elevator 1</i>	BE-01	1	576,10	665,76	10.100,00	11.671,91
42	<i>Bucket elevator 2</i>	BE-02	1	576,10	665,76	19.600,00	22.650,45
43	<i>Heater 1</i>	H-01	1	576,10	665,76	49.600,00	57.319,50
44	<i>Heater 2</i>	H-02	1	576,10	665,76	2.300,00	2.657,96
45	<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	576,10	665,76	93.400,00	107.936,32
46	<i>Cooler 2</i>	CL-02	1	576,10	665,76	1.400,00	1.617,89
47	<i>Cooler 3</i>	CL-03	1	576,10	665,76	1.500,00	1.733,45
48	<i>Cooler 4</i>	CL-04	1	576,10	665,76	2.700,00	3.120,21
49	<i>Cooler 5</i>	CL-05	1	576,10	665,76	3.100,00	3.582,47
50	<i>Condensor</i>	CD-01	1	576,10	665,76	206.200,00	238.291,96
TOTAL			240			5.485.420,40	15.021.668,88

Tabel 6.6 Harga Alat Utilitas

No	Nama alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2026	2014	2026
1	<i>Screening</i>	FU-01	1	576,10	665,76	200,00	231,13
2	<i>Sand Filter</i>	FU-02	1	576,10	665,76	1.000,00	1.155,64
3	Bak Pengendapan I	BU-01	4	576,10	665,76	5.000,00	23.112,70
4	Bak Koagulasi	BU-02	1	576,10	665,76	98.000,00	113.252,24
5	Bak Flokulasi	BU-03	1	576,10	665,76	81.000,00	93.606,45
6	Bak Pengendap li	BU-04	2	576,10	665,76	5.000,00	11.556,35
7	Bak Air Sementara	BU-05	1	576,10	665,76	3.900,00	4.506,98
8	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
9	Tangki Larutan Alum	TU-01	1	576,10	665,76	5.900,00	6.818,25
10	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,10	665,76	6.752,00	7.802,85
11	Tangki Kaporit	TU-03	1	576,10	665,76	300,00	346,69
12	Tangki Air Domestik	TU-04	1	576,10	665,76	136.000,00	157.166,38
13	Tangki <i>Service Water</i>	TU-05	1	576,10	665,76	23.300,00	26.926,30
14	Tangki H ₂ SO ₄	TU-06	1	576,10	665,76	19.000,00	21.957,07
15	Tangki Naoh	TU-07	1	576,10	665,76	25.000,00	28.890,88
16	Tangki N ₂ H ₄	TU-08	1	576,10	665,76	17.300,00	19.992,49
17	Tangki Air Demin	TU-09	1	576,10	665,76	96.000,00	110.940,97
18	Tangki <i>Deaerator</i>	TU-10	1	576,10	665,76	78.000,00	90.139,54
19	Pompa 1	PU-01	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
20	Pompa 2	PU-02	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
21	Pompa 3	PU-03	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
22	Pompa 4	PU-04	1	576,10	665,76	2.100,00	2.426,83
23	Pompa 5	PU-05	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
24	Pompa 6	PU-06	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
25	Pompa 7	PU-07	1	576,10	665,76	8.600,00	9.938,46
26	Pompa 8	PU-08	1	576,10	665,76	12.000,00	13.867,62
27	Pompa 9	PU-09	1	576,10	665,76	13.500,00	15.601,07
28	Pompa 10	PU-10	1	576,10	665,76	2.100,00	2.426,83

29	Pompa 11	PU-11	1	576,10	665,76	4.100,00	4.738,10
30	Pompa 12	PU-12	1	576,10	665,76	5.000,00	5.778,18
31	Pompa 13	PU-13	1	576,10	665,76	2.100,00	2.426,83
32	Pompa 14	PU-14	1	576,10	665,76	5.000,00	5.778,18
33	Pompa 15	PU-15	1	576,10	665,76	5.000,00	5.778,18

Tabel 6.7 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2026	2014	2026
34	Pompa 16	PU-16	1	576,10	665,76	5.000,00	5.778,18
35	Pompa 17	PU-17	1	576,10	665,76	800,00	924,51
36	Pompa 18	PU-18	1	576,10	665,76	800,00	924,51
37	Pompa 19	PU-19	1	576,10	665,76	1.300,00	1.502,33
38	Pompa 20	PU-20	1	576,10	665,76	4.100,00	4.738,10
39	Pompa 21	PU-21	1	576,10	665,76	1.000,00	1.155,64
40	Pompa 22	PU-22	1	576,10	665,76	900,00	1.040,07
41	Pompa 23	PU-23	1	576,10	665,76	800,00	924,51
42	Pompa 24	PU-24	1	576,10	665,76	2.100,00	2.426,83
43	Pompa 25	PU-25	1	576,10	665,76	920,00	1.063,18
44	<i>Kation Exchange</i>	KE-01	2	576,10	665,76	20.000,00	46.225,41
45	<i>Anion Exchange</i>	AE-01	2	576,10	665,76	21.400,00	49.461,18
46	Kompresor	CU-01	1	576,10	665,76	5.500,00	6.355,99
47	<i>Boiler</i>	BL-01	1	576,10	665,76	23.300,00	26.926,30
48	<i>Cooling Tower</i>	CT-01	1	576,10	665,76	59.000,00	68.182,47
49	Generator	G-01	1	576,10	665,76	16.800,00	19.414,67
50	<i>Blower Udara</i>	BL-01	1	576,10	665,76	4.000,00	4.622,54
Total			54			900.872,00	1.112.035,33

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 75.000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 15.625,00
- e. Tahun pabrik didirikan : 2026

- f. Pajak Keuntungan : PP No.30 Tahun 2020

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah biaya untuk pengadaan fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari:

- a. *Fixed Capital Investment*.

Fixed capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6.8 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	252.089.128.345,16	16.133.704,21
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	63.022.282.086,29	4.033.426,05
3	Instalasi cost	39.120.199.293,11	2.503.692,75
4	Pemipaan	136.693.817.310,39	8.748.404,31
5	Instrumentasi	62.637.089.898,18	4.008.773,75
6	Insulasi	9.342.423.096,47	597.915,08
7	Listrik	37.813.369.251,77	2.420.055,63
8	Bangunan	41.350.859.200,00	2.646.454,99
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	67.147.380.000,00	4.297.432,32
Total		709.216.548.481,37	45.389.859,10

Tabel 6.9 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	141.843.309.696,27	9.077.971,82
2	<i>Physical Plant Cost</i>	851.059.858.177,64	54.467.830,92
Total		992.903.167.873,92	63.545.802,74

Tabel 6.10 *Fixed Capital Investment* (FCI)

No	<i>Fixed Capital</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	851.059.858.177,64	54.467.830,92
2	<i>Cotractor's fee</i>	85.105.985.817,76	5.446.783,09
3	<i>Contingency</i>	212.764.964.544,41	13.616.957,73
Total		1.148.930.808.539,82	73.531.571,74

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan sharing profit atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu:

1. Bisa menghasilkan laba yang maksimum.
2. Investasi yang cepat kembali.
3. Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai , aman , dan lain-lain.

Tabel 6.11 *Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	16.737.707.590,53	1.071.213,29
2	<i>Inproses Onventory</i>	19.192.795.615,61	1.228.338,92
3	<i>Product Inventory</i>	26.869.913.861,85	1.719.674,49
4	<i>Extended Credit</i>	49.601.408.711,36	3.174.490,16
5	<i>Available Cash</i>	115.156.773.693,63	7.370.033,52
<i>Working Capital (WC)</i>		227.558.599.472,97	14.563.750,38

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik, meliputi *direct cost*, *indirect cost*, *fixed cost*.

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan produksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6.12 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	552.344.350.487,45	35.350.038,43
2	<i>Labor</i>	40.335.600.000,00	2.581.478,40
3	<i>Supervision</i>	4.033.560.000,00	258.147,84
4	<i>Maintenance</i>	68.935.848.512,39	4.411.894,30
5	<i>Plant Supplies</i>	10.340.377.276,86	661.784,15
6	<i>Royalty and Patents</i>	24.552.697.312,12	1.571.372,63
7	<i>Utilities</i>	304.727.047.557	19.502.531,04
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		1.005.269.481.146,00	64.337.246,79

Tabel 6.13 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Payroll Overhead	6.050.340.000,00	387.221,76
2	Laboratory	4.033.560.000,00	258.147,84
3	Plant Overhead	20.167.800.000,00	1.290.739,20
4	Packaging and Shipping	81.842.324.373,75	5.237.908,76
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		124.629.824.373,75	7.174.017,56

Tabel 6.14 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Depreciation	114.893.080.853,98	7.353.157,17
2	Property taxes	22.978.616.170,80	1.470.631,43
3	Insurance	11.489.308.085,40	735.315,72
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		149.361.005.110,18	9.559.104,33

Tabel 6.15 *Total Manufacturing Cost*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	1.005.269.481.146,00	64.337.246,79
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	112.094.024.373,75	7.174.017,56
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	149.361.005.110,18	9.559.104,33
Manufacturing Cost (MC)		1.266.724.510.629,93	81.070.368,68

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran- pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6.16 *General Expense*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	38.001.735.318,90	2.432.111,06
2	<i>Sales Expense</i>	63.336.225.531,50	4.053.518,43
3	<i>Research</i>	38.001.735.318,90	2.432.111,06
4	<i>Finance</i>	27.529.788.160,26	1.761.906,44
General Expenses (GE)		166.869.484.329,55	10.679.647,00

Tabel 6.17 *Total Production Cost*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1.266.724.510.629,93	81.070.368,68
2	<i>General Expenses(GE)</i>	166.869.484.329,55	10.679.647,00
Total Production Cost (TPC)		1.433.593.994.959,48	91.750.015,68

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 1.636.846.487.474,96

Total biaya produksi : Rp 1.433.593.994.959,48

Keuntungan : Total Penjualan -Total biaya produksi

: Rp 203.252.492.515,48

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 22% x Rp 203.252.492.515,48

: Rp 44.715.548.353,41

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak

: Rp 158.536.944.162,08

6.5 Analisa Resiko Pabrik

Dalam menentukan suatu pabrik mempunyai risiko yang tinggi maupun risiko yang rendah dapat dilakukan dengan meninjau beberapa aspek. Pada perancangan pabrik ini terdapat dua aspek tinjauan dalam menentukan risiko pabrik. Pertama yaitu dari aspek sifat bahan-bahan yang terlibat dalam proses produksi, dan yang kedua yaitu dari aspek kondisi operasi alat yang digunakan pada saat proses produksi. Berdasarkan tinjauan dari semua sifat bahan-bahan yang terlibat serta kondisi operasi alat yang tidak terlalu tinggi maka perancangan pabrik ini memiliki risiko yang rendah (*low risk*).

6.6 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain:

6.6.1 Return on Investment (ROI)

Return on investment (ROI) adalah rasio profit yang didapatkan dari investasi atau keuntungan yang didapatkan dari investasi yang sudah dikeluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.2)$$

a. ROI sebelum pajak (ROI b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries dan Newton, 1955).

$$ROI\ b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.2)$$

$$ROI\ b = 17,69\%$$

b. ROI setelah pajak (ROI a)

$$ROI\ a = \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.3)$$

$$ROI\ a = 13,80\%$$

6.6.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimal adalah 5 tahun (Aries dan Newton, 1955).

$$POT = \frac{\text{Fix Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.4)$$

a. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT\ b = \frac{\text{Fix Capital Investment}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}} \quad (6.5)$$

$$POT\ b = 3,61\ \text{tahun}$$

b. POT setelah pajak (POT a)

$$POT\ a = \frac{\text{Fix Capital Investment}}{\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{Depresiasi}} \quad (6.6)$$

$$POT\ a = 4,20\ \text{tahun}$$

6.6.3 Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Titik tersebut menunjukkan kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Persamaan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut:

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.7)$$

Keterangan:

- Fa = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum
- Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum
- Va = *Annual variable value* pada Produksi maksimum
- Sa = *Annual sales value* pada produksi maksimum

Tabel 6.18 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depresiasi</i>	114.893.080.853,98	7.353.157,17
2	<i>Proerty Taxes</i>	22.978.616.170,80	1.470.631,43
3	Asuransi	11.489.308.085,40	735.315,72
Total Annual Fixed Cost (Fa)		149.361.005.110,18	9.559.104,33

Tabel 6.19 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	40.335.600.000,00	2.581.478,40
2	<i>Payroll Overhead</i>	6.050.340.000,00	387.221,76
3	<i>Supervision</i>	4.033.560.000,00	258.147,84
4	<i>Plant Overhead</i>	20.167.800.000,00	1.290.739,20
5	Laboratorium	4.033.560.000,00	258.147,84
6	<i>General Expense</i>	166.869.484.329,55	10.679.647,00
7	<i>Maintenance</i>	68.935.848.512,39	4.411.894,30
8	<i>Plant Supplies</i>	10.340.377.276,86	661.784,15
Total Regulated Cost		320.766.570.118,80	20.529.060,49

Tabel 6.20 *Annual Variable Value (Va)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	552.344.350.487,45	35.350.038,43
2	<i>Packaging and Shipping</i>	81.842.324.373,75	5.237.908,76
3	<i>Utilities</i>	304.727.047.557	19.502.531,04
4	<i>Royalty & Patent</i>	24.552.697.312,12	1.571.372,63
Total Variable Cost		963.466.419.730,50	61.661.850,86

Tabel 6.21 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	1.636.846.487.474,96	104.758.175,20
Annual Sales Value (Sa)		1.636.846.487.474,96	104.758.175,20

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 6.18-6.21, maka diperoleh nilai BEP sebesar 54,72%.

6.6.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.8)$$

Keterangan:

- Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum
- Va = *Annual variable value* pada produksi maksimum
- Sa = *Annual sales value* pada produksi maksimum

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 6.18-6.21, maka diperoleh nilai SDP sebesar 21,44%.

6.6.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted cash flow rate of return merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut:

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.9)$$

Keterangan:

- FC = *Fixed capital investment*
- WC = *Working capital investment*
- SV = *Salvage value* = depresiasi
- C = *cash flow* = *profit after taxes + depresiasi + finance*

- n = umur pabrik
- i = nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut:

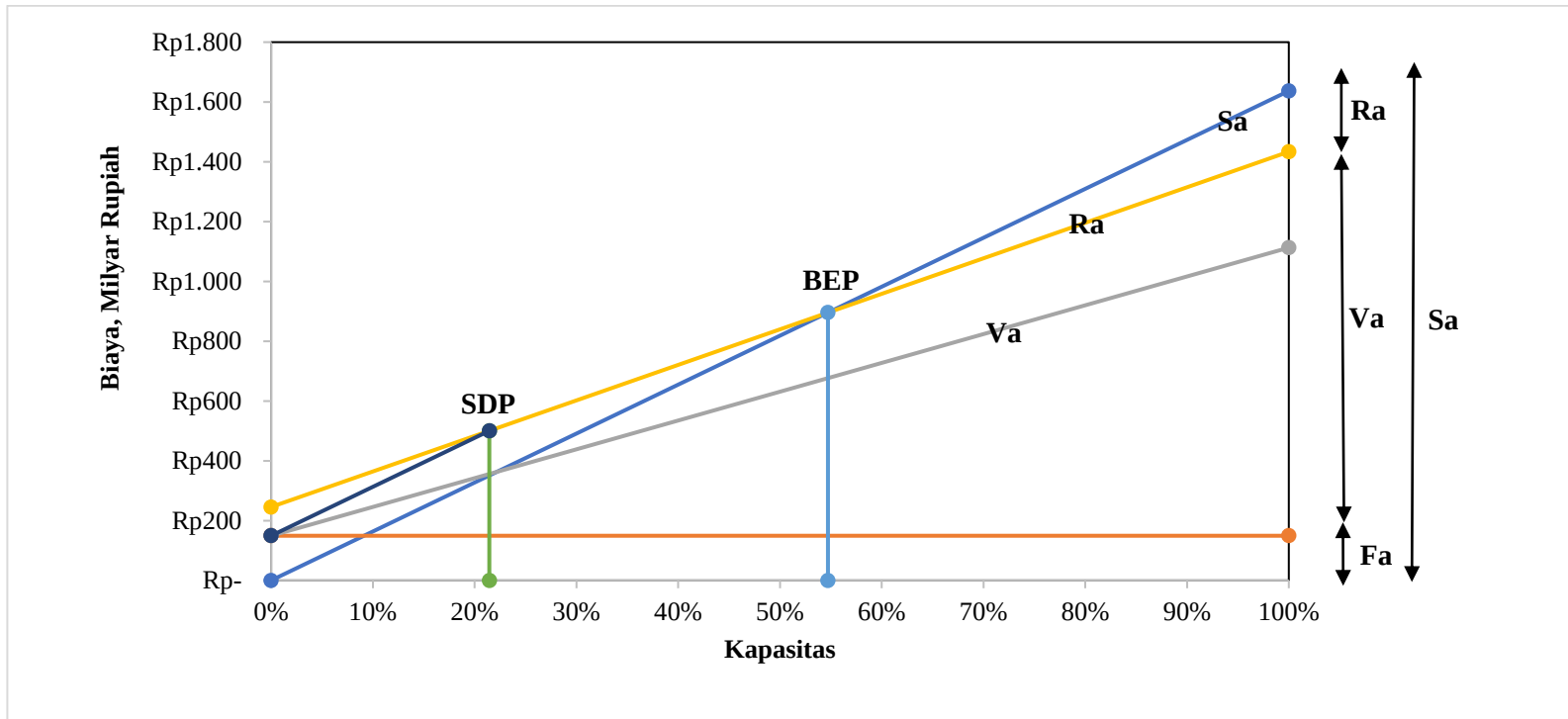
- FC = Rp 1.148,930.808.539,82
- WC = Rp 227.558.599.472,973
- SV = Rp 114.893.080.853,982
- C = Rp 300.959.813.176,32
- n = 10 tahun

Melalui *trial & error* diperoleh nilai DCFR sebesar: 20,87%.

Tabel 6.22 Analisa Kelayakan

Kriteria	Terhitung
ROI sebelum pajak	17,69%
ROI setelah pajak	13,80 %
POT sebelum pajak	3,61 tahun
POT setelah pajak	4,20 tahun
BEP	54,72%.
SDP	21,44%.
DCFR	20,87%.

Dari tabel 6.22 dapat disimpulkan bahwa pabrik natrium hidroksida ini menguntungkan dan layak untuk didirikan. hasil analisis didapatkan bahwa nilai ROI sebelum pajak telah memenuhi syarat untuk pabrik *low risk* yaitu diatas 10% sedangkan POT juga sudah memenuhi syarat yaitu diatas yaitu dibawah 5 tahun. Sedangkan nilai BEP yang didapatkan sudah diantara 40%-60% dari kapasitas produksi dan SDP sudah diatas 20%.



Gambar 6.2 Grafik Analisis Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Pabrik natrium hidroksida dari natrium klorida ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri khusus dipulau Sumatera, mengurangi impor, memberi lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Prarancangan pabrik natrium hidroksida dari natrium klorida dengan kapasitas 75.00 ton/tahun akan didirikan di Desa Marga Sungsang, Kecamatan Banyuasin II, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan dengan luas tanah 33.573,69 m² dan jumlah pekerja 370 orang.
3. Ditinjau dari segi ekonomi dari evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pendirian pabrik ini sangat menguntungkan dan memiliki resiko rendah dengan melihat beberapa indikator sebagai berikut :
 - a. *Return On Investment (ROI)*
 - ROI sebelum pajak = 17,69%
 - ROI sesudah pajak = 13,80 %
 - b. *Pay Out Time (POT)*
 - POT sebelum pajak = 3,61 tahun
 - POT sesudah pajak = 4,20 tahun
 - c. *Break Event Point (BEP)* = 54,72%.
 - d. *Shut Down Point (SDP)* = 21,44%

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* = 20,87%

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan untuk meningkatkan kelayakan pendirian pabrik kimia, diantaranya sebagai berikut:

- a. Optimasi pemilihan alat proses dan penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- b. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2020). *Price of sodium hydroxide*. <http://www.alibaba.com/>. Diakses Pada Tanggal 10 Oktober 2022 Pukul 12:00 WIB.
- Aries, R. S. and Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. (2021). <https://www.bps.go.id/>. Diakses Pada Tanggal 11 Februari 2022 Pukul 17.00 WIB.
- Bodman, S. W. (1968). *The Industrial Practice of Chemical Process Engineering*. Massachusetts Institute of Technology. London, England
- Brown, G G. (1977). *Unit Operarions*. CBS, New Delhi
- Brownell, L E. Young, E H. (1959). *Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Michael J. Ezell, and Weihong Wang. (2022). *Kinetics of reactions of chlorine atoms with a series of alkenes at 1 atm and 298 K: structure and reactivity*. Diakses pada tanggal 6 Agustus 2022 pukul 13.00 WIB
- Coulson, J. M and Richardson, J.F. (1989). *An introduction to chemical Engineering*. Pergamon Press :Oxford.
- Faith, W.L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. 1957. *Industrial Chemical*. John Wiley and Sons.
- Fessenden, R.J and Fessenden. (1983). *Kimia Organik jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Geankoplis, C J (1993). *Transport Processes and Unit Operations Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey

- Holleman, A.F and Wiberg,E. (2001). *Inorganic Chemistry*. San Diego : Academic Press.
- Kern, D.Q. (1983.). *Process Heat Transfer*. Mc GrawHill Book Co.Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D. (2007). *Concise Encyclopedia of Chemical Technology, 2 Volume Set, 5th edition*. In Wiley. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.
- Kunni, Daizo, & Levenspiel, Octave. (1991). *Fluidization Engineering*. United State of America : Butterworth-Heinenmann.
- Kureha. (2022). *Organic Chemical*. <https://www.kureha.co.jp/en/about/>. Diakses pada tanggal 11 Februari 2022 pukul 16:00 WIB
- Mc. Ketta, John.(1983). *Encyclopedia Chemical Process and Design*”, Marchell Dekker Inc., New York.
- Motupally, S., Mah, D. T., Freire, F. J., & Weidner, J. W. (1998). *Recycling chlorine from hydrogen chloride: A new and economical electrolytic process*. *Electrochemical Society Interface*, 7(3), 32–36.
- OLX. (2022). *Harga Tanah & Bangunan*. <http://olx.co.id/>. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2022 pukul 11:00 WIB.

Smartlab. (2022). *MSDS*. <http://smartlab.co.id/assets>. Diakses pada tanggal 7

Agustus 2022 pukul 12:00 WIB

Ullman. (2011). *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbook





LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR-01

REAKTOR-01

Kode : R-01

Fungsi : Menendapkan pengotor pada NaCl (aq) dengan Na₂SO₄ (aq), NaOH (aq), dan BaCl₂ (aq)

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Mode operasi : *Kontinyu*

Kondisi operasi

Kondisi proses : *Non isothermal*

Tekanan : 1 atm

1. Neraca Massa

Fungsi dari reaktor ini yaitu untuk mengendapkan pengotor pada larutan garam. Adapun pengotor pada larutan garam berupa ion Ca, Mg dan SO₄. Diharapkan ion-ion tersebut dapat mengendap dengan endapan yang memiliki kelarutan yang sangat kecil dalam air sehingga konsentrasi ion-ion tersebut pada larutan garam menjadi lebih kecil. Adapun endapan (padatan) yang diharapkan terbentuk pada reaktor yaitu:

- a. CaCO₃ (s) K_{sp} = 3,36×10⁻⁹ M
- b. Mg(OH)₂ (s) K_{sp} = 5,6×10⁻¹² M
- c. BaSO₄ (s) K_{sp} = 1,1×10⁻¹⁰ M

Ion-ion CO₃⁻², OH⁻, dan SO₄⁻² bersumber dari larutan Na₂SO₄ 26%wt, NaOH 48%wt dan BaSO₄ 26%wt. Ketiga larutan tersebut akan dimasukkan secara bersamaan dalam reaktor. Ketika ketiga larutan tersebut dimasukkan secara bersamaan maka terdapat beberapa kemungkinan padatan yang terbentuk yaitu:

a. $\text{CaCO}_3 (\text{s}) \quad K_{\text{sp}} = [3,36 \times 10^{-9}]$

b. $\text{Mg}(\text{OH})_2 (\text{s}) \quad K_{\text{sp}} = [5,6 \times 10^{-12}]$

c. $\text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{s}) \quad K_{\text{sp}} = [4,7 \times 10^{-6}]$

d. $\text{MgCO}_3 (\text{s}) \quad K_{\text{sp}} = [6,8 \times 10^{-6}]$

e. $\text{BaSO}_4 (\text{s}) \quad K_{\text{sp}} = [1,1 \times 10^{-10}]$

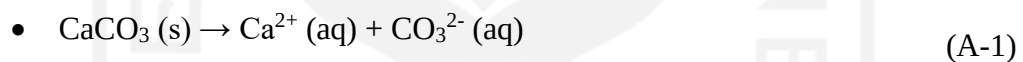
Diketahui molaritas ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan SO_4^{2-}

a. $\text{Ca}^{2+} = [2,37 \times 10^{-3}]$

b. $\text{Mg}^{2+} = [2,60 \times 10^{-3}]$

c. $\text{SO}_4^{2-} = [4,97 \times 10^{-3}]$

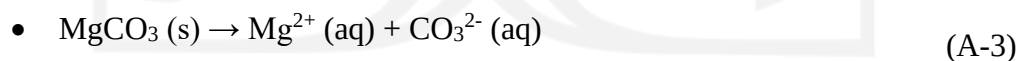
Maka penentuan reaksi yang akan terjadi didasarkan pada nilai K_{sp} pada masing-masing kemungkinan padatan yang akan terbentuk yaitu sebagai berikut:



$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{A-2})$

$[3,36 \times 10^{-9}] = [2,37 \times 10^{-3}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$

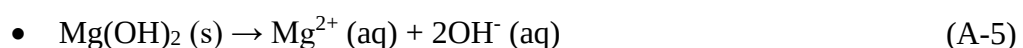
$[\text{CO}_3^{2-}] = [1,42 \times 10^{-6}]$



$K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{A-4})$

$[6,8 \times 10^{-6}] = [2,37 \times 10^{-3}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$

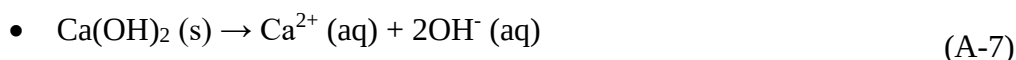
$[\text{CO}_3^{2-}] = [2,62 \times 10^{-6}]$



$K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 \quad (\text{A-6})$

$[5,6 \times 10^{-12}] = [2,60 \times 10^{-3}] \cdot [\text{OH}^-]^2$

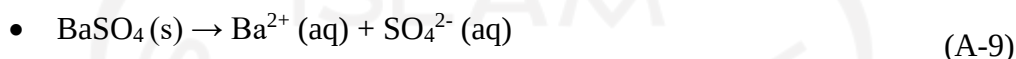
$$[\text{OH}^-] = [4,64 \times 10^{-5}]$$



$$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$
 (A-8)

$$[4,7 \times 10^{-6}] = [2,60 \times 10^{-3}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = [2,62 \times 10^{-3}]$$



$$K_{\text{sp}} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$
 (A-10)

$$[1,1 \times 10^{-10}] = [\text{Ba}^{2+}] [4,97 \times 10^{-3}]$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = [2,22 \times 10^{-8}]$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa padatan yang terlebih dahulu terbentuk yaitu BaSO_4 diikuti oleh terbentuknya padatan CaCO_3 dan terakhir yaitu $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Hal tersebut dapat terjadi karena padatan BaSO_4 akan terbentuk ketika Ion Ba^{2+} yang ditambahkan kedalam larutan mencapai konsentrasi sebesar $2,22 \times 10^{-8}$ M. Sedangkan padatan CaCO_3 Membutuhkan Konsentrasi ion CO_3^{2-} sebesar $1,42 \times 10^{-6}$ M dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ akan terbentuk ketika konsentrasi ion OH^- dalam larutan mencapai $4,64 \times 10^{-5}$ M.

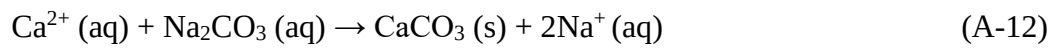
Sedangkan untuk padatan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terbentuk ketika konsentrasi ion OH^- dalam larutan mencapai $4,64 \times 10^{-5}$ M dan padatan MgCO_3 terbentuk ketika konsentrasi ion CO_3^{2-} dalam larutan mencapai $4,64 \times 10^{-5}$ M. Kedua padatan tersebut tidak akan terbentuk dikarenakan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam larutan sudah habis bereaksi membentuk padatan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Sehingga reaksi yang terjadi yaitu:

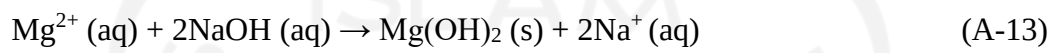
Reaksi 1



Reaksi 2



Reaksi 3



Dari perhitungan didapatkan neraca massa pada reaktor yaitu:

Tabel A.1 Neraca Massa Reaktor-01

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 4)		(Aliran 8)	
NaCl (aq)	19.332,20	NaCl (aq)	19.368,37
H ₂ O (l)	54.887,32	H ₂ O (l)	55.129,21
CaSO ₄ (aq)	20,07	CaCO ₃ (aq)	0,36
MgSO ₄ (aq)	19,50	Mg(OH) ₂ (aq)	0,41
CaCO ₃ (aq)	1,50×10 ⁻³	BaSO ₄ (aq)	0,15
Mg(OH) ₂ (aq)	1,44×10 ⁻³	CaCO ₃ (s)	14,39
BaSO ₄ (aq)	5,10×10 ⁻⁴	Mg(OH) ₂ (s)	9,04
Sub total	19.332,20	BaSO ₄ (s)	72,06
(Aliran 5)		Sub total	74.594,00
Na ₂ CO ₃ (aq)	15,62		
H ₂ O (l)	44,47		
Sub total	60,09		
(Aliran 6)			
NaOH (aq)	12,96		
H ₂ O (l)	14,04		
Sub total	27,00		
(Aliran 7)			
BaCl ₂ (aq)	64,43		
H ₂ O (l)	183,38		
Sub total	247,82		
Total	74.594,00	Total	74.594,00

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis. berdasarkan perhitungan neraca panas Δ_H reaksi tidak menyebabkan suhu reaksi naik secara signifikan, kenaikan suhu akibat reaksi hanya sebesar 0,3°C sehingga reaktor tidak memerlukan pendingin.

2. Perancangan Reaktor

a. Menghitung Dimensi Reaktor

Laju reaksi ionik tidak dapat ditentukan karena reaksi yang berlangsung secara spontan dan sangat cepat. Berdasarkan percobaan yang kami lakukan di laboratorium, endapan putih (impuritas larutan garam berupa CaSO_4 , MgSO_4 dan BaSO_4) terbentuk hanya dalam waktu kurang dari 30 detik. Oleh karena itu waktu tinggal reaktor diasumsikan selama 10 menit.

Diketahui:

- Laju alir massa (F) = 74.594,00 kg/jam
- Densitas Campuran (ρ) = 1.197,47 kg/m³

Sehingga laju alir volumetrik (F_v)

$$F_v = \frac{F}{\rho} = \frac{74.594,00 \text{ kg/jam}}{1.197,47 \text{ kg/m}^3} = 62,29 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume cairan masuk reaktor (V_{cr}) dengan waktu tinggal (t) dengan

$$T = 10 \text{ menit} = 0,17 \text{ jam}$$

Maka

$$V_{cr} = F_v \times t \tag{A-14}$$

$$V_{cr} = 48,93 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 0,17 \text{ jam}$$

$$V_{cr} = 10,38 \text{ m}^3$$

Untuk perancangan volume reaktor, diambil 120% dari volume masuk (V_{cr})

Maka volume *over design* (V_{od})

$$V_{od} = 120\% \times V_{cr} \tag{A-15}$$

$$V_{od} = 120\% \times 10,38 \text{ m}^3 = 12,46 \text{ m}^3$$

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum yaitu 1 : 1,5

(H= 1,5×D).

Maka

Diameter dalam shell (id_s):

$$ID_s = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_{od}}{\pi \times 1,5}} \quad (A-16)$$

$$ID_s = \sqrt[3]{\frac{4 \times 12,46 \text{ m}^3}{3,14 \times 1,5}} = 2,20\text{m} = 86,43\text{in}$$

Tinggi shell (H):

$$H = 1,5 \times ID_s \quad (A-17)$$

$$H = 1,5 \times 2,20\text{m}$$

$$H = 3,29 \text{ m} = 129,65\text{in}$$

b. Mencari Tinggi Cairan

Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah *torispherical head*.

$$V \text{ dish head} = 0,000049 \times ID_s^3 \quad (A-18)$$

$$V \text{ dish head} = 0,000049 \times 2,20^3 \text{ m}^3$$

$$V \text{ dish head} = 5,18 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 1,83 \times 10^{-2} \text{ ft}^3$$

Sehingga

Volume bottom:

$$V \text{ bottom} = 0,5 \times V \text{ dish head} \quad (A-19)$$

$$V \text{ bottom} = 0,5 \times 5,18 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V \text{ bottom} = 2,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 9,15 \times 10^{-3} \text{ ft}^3$$

Volume cairan dalam shell (V_{cs})

$$V_{cs} = V_{od} - V_{bottom} \quad (A-20)$$

$$V_{cs} = 12,46 \text{ m}^3 - 2,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{cs} = 12,46 \text{ m}^3 = 439,96 \text{ ft}^3$$

Tinggi cairan:

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \times V_{cs}}{\pi \times ID_s^2} \quad (A-21)$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \times 12,46 \text{ m}^3}{3,14 \times 2,20^2 \text{ m}^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = 3,29 \text{ m} = 129,64 \text{ in}$$

c. Menentukan Tekanan *Design*

Diketahui:

- Tekanan operasi (P_{op}) = 1 atm = 14,7 psi
- Tekanan hidrostatik (P_h) = $\rho \times g \times h_{\text{cairan}}$
- Tekanan hidrostatik (P_h) = $1.498,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3,04 \text{ m}$
- Tekanan hidrostatik (P_h) = 44.615,28 Pascal = 6,47 psi

Tekanan dibuat dengan menggunakan faktor keamanan 120%. Sehingga

$$\text{Tekanan } design (P_s) = 1,2 \times (P_{op} + P_h) \quad (A-22)$$

$$\text{Tekanan } design (P_s) = 1,2 \times (14,7 \text{ psi} + 5,60 \text{ psi})$$

$$\text{Tekanan } design (P_s) = 24,37 \text{ psi}$$

d. Menentukan Tebal dinding *shell* (t_s)

Dipilih bahan konstruksi *Stainless Steel SA 167 Type 309* (Brownell ,1959.

Hal 342) dengan *Double Welded But Joint* (table 13.2. hal.254, Brownel 1959).

$$t_s = \frac{P_s \times r_s}{f \times E - 0.6P_s} + C \quad (A-23)$$

Keterangan:

- t_s = Tebal dinding *shell*
- P_s = Tekanan *design* = 24,37 psi
- R_s = Jari-jari *shell* = $\frac{1}{2} \times ID_s = 43,22$ in
- f = Tekanan maksimum = 18.750,00 psi
- E = Efisiensi pengelasan = 80%
- C = Faktor korosi = 0,125 in

$$t_s = \frac{24,37 \text{ psi} \times 43,22 \text{ in}}{18.750,00 \text{ psi} \times 80\% - 0,6 \times 24,37 \text{ psi}} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = 0,20 \text{ in}$$

Dari hasil t_s diperoleh tebal *shell* standar dari (T-5.7, Hal. 89, Brownell and Young, 1959) yaitu:

$$\text{Tebal } shell \text{ standar } (t_{ss}) = \frac{1}{4} \text{ in} = 0,25 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

Maka

Diameter luar *shell* (OD_s) yaitu:

$$OD_s = ID_s + (2 \times t_{ss}) \quad (A-24)$$

$$OD_s = 86,43 \text{ in} + (2 \times 0,25) \text{ in}$$

$$OD_s = 86,93 \text{ in}$$

Dari hasil OD_s diperoleh Diameter luar *shell* standar (OD_{ss}) dari (Brownell & Young, 1959, Tabel 5.7, hal 89) yaitu:

$$OD_{ss} = 90,00 \text{ in} = 2,29 \text{ m}$$

Dengan:

$$I_{cr} = 5,50 \text{ in}$$

$$r = 90,00 \text{ in}$$

Maka

Diameter dalam *shell* standar (id_{ss}) dan tinggi *shell* standar (h_{ss}):

$$ID_{ss} = OD_{ss} - (2 \times t_{ss}) \quad (A-25)$$

$$ID_{ss} = 90,00 \text{ in} - (2 \times 0,25) \text{ in}$$

$$ID_{ss} = 89,50 \text{ in} = 2.27 \text{ m}$$

$$h_{ss} = 1,5 \times ID_{ss} \quad (A-26)$$

$$h_{ss} = 1,5 \times 89,50 \text{ in}$$

$$h_{ss} = 134,25 \text{ in} = 3.41 \text{ m}$$

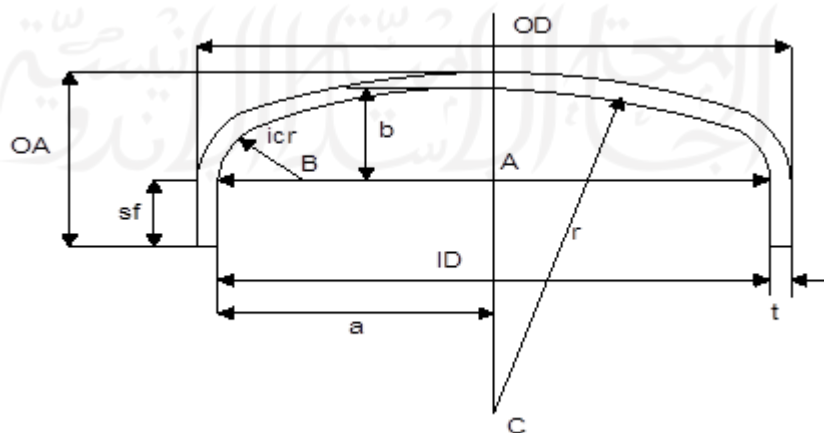
Volume *shell* standar (V_{ss}):

$$V_{ss} = \frac{\pi}{4} \times ID_{ss}^2 \times h_{ss} \quad (A-27)$$

$$V_{ss} = \frac{3,14}{4} \times 89,50^2 \text{ in}^2 \times 134,25 \text{ in}$$

$$V_{ss} = 844.170,21 \text{ in}^3 = 13,83 \text{ m}^3$$

e. Perancangan *Head* Reaktor



Gambar A.1 *Torispherical Flanged and Dished Head*

(Sumber: Fig 5.8 Brownell hal:87)

Dipilih bentuk *head* yaitu *Torispherical Flanged and dished*. Alasan pemilihan karena digunakan pada tekanan operasi rendah dan harganya cukup ekonomis. Bahan konstruksi dan pengelasan sama dengan *shell*.

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{I_{cr}}} \right) \quad (A-28)$$

$$t_h = \frac{P_s \times r \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P_s} + C \quad (A-29)$$

Keterangan:

- t_h = Tebal *head*
- P_s = 24,37 psi
- r = 90,00 in
- i_{cr} = 5,50 in
- f = 18.750,00 psi
- E = 80%
- C = 0,125 in

Sehingga

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{90,00 \text{ in}}{5,50 \text{ in}}} \right)$$

$$w = 1,76$$

$$t_h = \frac{24,37 \text{ psi} \times 90,00 \text{ in} \times 1,76}{2 \times 18.750,00 \text{ psi} \times 80\% - 0,2 \times 24,37 \text{ psi}} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_h = 0,2538 \text{ in}$$

Dari hasil t_h , dipilih tebal *head* standar (t_{hs}) dari (Brownel & Young, 1959,

Tabel 5.8, hal 93) yaitu:

$$t_{hs} = \frac{5}{16} \text{ in} = 0,3125 \text{ in}$$

f. Menghitung tinggi *head* (h_{th})

Untuk $t_{hs} = 0,3125 \text{ in}$, $S_f = 1,50 \text{ in}-3,00 \text{ in}$ (Brownel & Young, 1959, Tabel 5.8, hal 93)

Dipilih:

$$S_f = 2,00 \text{ in} = 0,05 \text{ m}$$

Diameter dalam *head* standar (ID_{hs})

$$ID_{hs} = OD_{ss} - (2 \times t_{hs}) \quad (A-30)$$

$$ID_{hs} = 90,00 \text{ in} - (2 \times 0,3125) \text{ in}$$

$$ID_{hs} = 89,38 \text{ in} = 2,27 \text{ m}$$

$$a = \frac{1}{2} \times ID_{hs} = \frac{1}{2} \times 89,38 \text{ in} = 44,69 \text{ in} \quad (A-31)$$

$$AB = a - i_{cr} = 44,69 \text{ in} - 5,50 \text{ in} = 39,19 \text{ in} \quad (A-32)$$

$$BC = r - i_{cr} = 90,00 \text{ in} - 5,50 \text{ in} = 84,50 \text{ in} \quad (A-33)$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{84,50^2 \text{ in}^2 - 39,19^2 \text{ in}^2} = 74,86 \text{ in} \quad (A-34)$$

$$b = r - AC = 90,00 \text{ in} - 74,86 \text{ in} = 15,14 \text{ in} = 0,38 \text{ m} \quad (A-35)$$

Maka

Tinggi total *head* (h_{th}):

$$h_{th} = s_f + b + t_{hs} = 2,00 \text{ in} + 15,14 \text{ in} + 0,3125 \text{ in} = 17,45 \text{ in} = 0,44 \text{ m}$$

Volume *head* standar (V_{hs}):

$$V_{hs} = 0,000049 \times ID_{hs}^3 = 0,000049 \times 89,38^3 \text{ in}^3 = 34,98 \text{ in}^3 \quad (A-36)$$

$$V_{hs} = 5,73 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times ID_{hs}^2 \times s_f = \frac{3,14}{4} \times 89,38^2 \text{ in}^2 \times 2,00 \text{ in} \quad (\text{A-37})$$

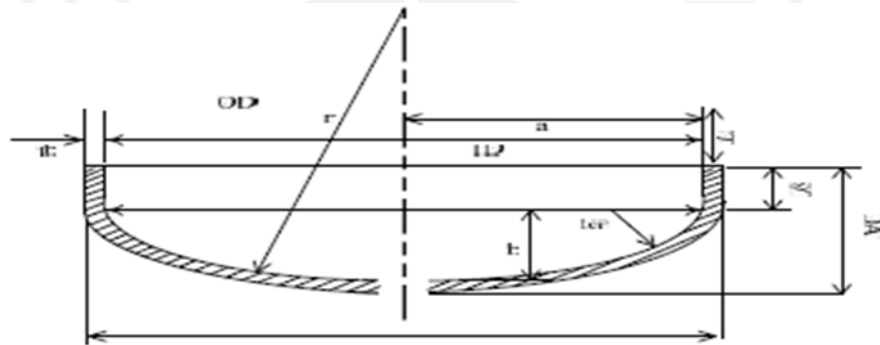
$$V_{sf} = 12.540,99 \text{ in}^3 = 0,21 \text{ m}^3$$

Volume total head standar (V_{ths}):

$$V_{ths} = V_{hs} + V_{sf} \quad (\text{A-38})$$

$$V_{ths} = 34,98 \text{ in}^3 + 12.540,99 \text{ in}^3 = 12.575,97 \text{ in}^3 = 0,21 \text{ m}^3$$

g. Perancangan Bottom Reaktor



Gambar A.2 Torispherical Flanged and Dished Bottom

Dipilih bentuk *bottom* yaitu *Torispherical Flanged and dished*. Karena jenis head dan bottom pada reaktor sama, maka dimensi *bottom* akan sama dengan *head*.

Dengan

- Tebal *bottom* standar (t_{bs}) = 0,3125 in
- Tinggi total *bottom* (h_{tb}) = 17,45 in = 0,44 m
- S_f = 2,00 in = 0,05 m
- b = 15,14 in = 0,38 m
- Volume total *bottom* standar (V_{tbs}) = 12.575,97 in³ = 0,21 m³

h. Menentukan Tinggi Dan Volume Total Reaktor

Tinggi total reaktor (h_{tr})

$$h_{tr} = h_{th} + h_{tb} + h_{ss} = 17,45 \text{ in} + 17,45 \text{ in} + 134,25 \text{ in}$$

$$h_{tr} = 169,15 \text{ in} = 4,30 \text{ m}$$

Volume total reaktor standar (V_{trs})

$$V_{trs} = V_{ths} + V_{thb} + V_{ss} = 12.575,97 \text{ in}^3 + 12.575,97 \text{ in}^3 + 844.170,21 \text{ in}^3$$

$$V_{trs} = 869.322,15 \text{ in}^3 = 14,24 \text{ m}^3$$

i. Menentukan Tinggi Cairan Dalam Reaktor (h_{cr})

Diketahui:

$$\text{Volume cairan masuk reaktor } (V_{cr}) = 10,38 \text{ m}^3$$

Maka

Volume cairan dalam shell (V_{cs}):

$$V_{cs} = V_{cr} - V_{tbs} = 10,38 \text{ m}^3 - 0,21 \text{ m}^3 = 10,18 \text{ m}^3$$

Luas permukaan cairan dalam shell (A_c):

$$A_c = \frac{\pi}{4} \times ID_{ss}^2 = \frac{3,14}{4} \times 2,27^2 \text{ m}^2 = 4,10 \text{ m}^2 \quad (\text{A-39})$$

Tinggi cairan dalam shell (h_{cs}):

$$h_{cs} = \frac{V_{cs}}{A_c} = \frac{10,18 \text{ m}^3}{4,10 \text{ m}^2} = 2,48 \text{ m} = 97,66 \text{ in} \quad (\text{A-40})$$

Tinggi total cairan dalam reaktor (h_{cr})

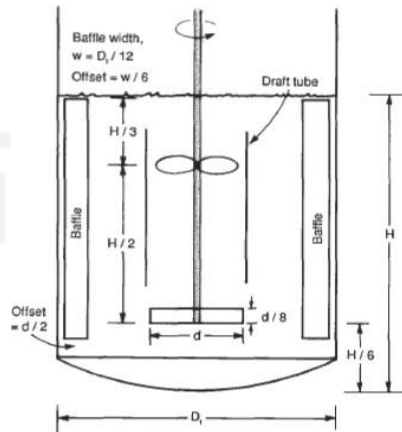
$$h_{cr} = h_{cs} + b_{\text{bottom}} + S_f \text{ bottom} = 2,48 \text{ m} + 0,38 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$h_{cr} = 2,92 \text{ m} = 114,80 \text{ in}$$

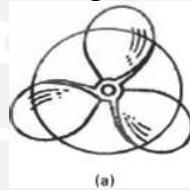
j. Perancangan Pengaduk Reaktor

Diketahui:

- Volume bahan yang diaduk = $V_{cr} = 10,38 \text{ m}^3 = 2.742,67 \text{ gallon}$
- Viskositas bahan = $2,06 \text{ Cp} = 1,38 \times 10^{-3} \text{ lb/ft.s}$



Gambar A.3 Lay-Out Pengaduk Pada Silinder *Dished*



Gambar A.4 *Marine Propeller With 3 Blades*

Dilihat dari nilai viskositas cairan, maka pengaduk mixer dapat dipilih jenis *marine propeller*. Dengan spesifikasi pengaduk "*Marine Propeller With 3 Blades*" karena impeller ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas rendah. Dari Brown, 1978 page 507 diperoleh data:

- $D_t/D_i = 3,00$
- $Z_l/D_i = 2,70-3,90$ Dipilih 3,9
- $Z_i/D_i = 0,75-1,30$ Dipilih 1,30
- $W_b/D_i = 0,10$
- $L/D_i = 0,25$
- Offset 1 = $\frac{1}{2} D_i$

- Offset 2 = $1/6 D_i$
- D_d = $2/3 D_i$
- W = $1/5 D_i$
- $D_t = ID_{ss}$ = 89,5 in = 2,73 m

Keterangan:

- D_i = Diameter pengaduk.
- D_t = Diameter dalam reaktor.
- Z_L = Tinggi cairan dalam reaktor.
- W_b = Lebar *baffle*.
- Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki.
- L = Lebar pengaduk.
- D_d = Diameter penyangga.
- *Offset 1* = Jarak *baffle* dari ujung tangki.
- *Offset 2* = Jarak *baffle* dari permukaan tangki.

Sehingga

$$D_i = \frac{D_t}{3} = 29,83 \text{ in} = 0,76 \text{ m} = 2,49 \text{ ft}$$

$$Z_l = D_i \times 3,9 = 116,35 \text{ in} = 2,96 \text{ m}$$

$$Z_i = D_i \times 1,3 = 38,78 \text{ in} = 0,99 \text{ m}$$

$$w_b = D_i \times 0,1 = 2,98 \text{ in} = 0,08 \text{ m}$$

$$L = D_i \times 0,25 = 7,46 \text{ in} = 0,19 \text{ m}$$

$$\text{Offset 1} = \frac{D_i}{2} = 14,92 \text{ in} = 0,38 \text{ m}$$

$$\text{Offset 2} = \frac{w_b}{6} = 0,50 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

$$D_d = \frac{2 \times D_i}{3} = 19,89 \text{ in} = 0,51 \text{ m}$$

Jumlah *baffle* = 4 buah (Wallas, 1990, hal 287)

k. Menghitung Jumlah *Impeller*

Diketahui:

- Densitas Campuran (ρ_{mix}) = 1.197,47 kg/m³
- ρ air pada suhu 4°C = 997,00 kg/m³

$$s_g = \frac{\rho_{\text{mix}}}{\rho_{\text{air pada 4°C}}} \quad (\text{A-41})$$

$$s_g = \frac{1.197,47 \text{ kg/m}^3}{997,00 \text{ kg/m}^3} = 1,20$$

Maka

Water Equivalen Liquid High (WELH):

$$\text{WELH} = Z_i \times s_g \quad (\text{A-42})$$

$$\text{WELH} = 2,96 \text{ m} \times 1,20 = 3,55 \text{ m} = 11,65 \text{ ft}$$

Jumlah *impeller* (n):

$$n = \frac{\text{WELH}}{D_i} \quad (\text{A-43})$$

$$n = \frac{3,55 \text{ m}}{0,76 \text{ m}} = 4,68 \equiv 4 \text{ buah}$$

l. Menentukan Putaran Pengaduk (N)

$$\frac{\text{WELH}}{2 \times D_i} = \left(\frac{\pi \times D_i \times N}{600} \right)^2 \quad (\text{A-44})$$

$$N = \frac{600}{\pi \times D_i} \times \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \times D_i}} \quad (\text{A-45})$$

$$N = \frac{600}{3,14 \times 2,49 \text{ ft}} \times \sqrt{\frac{11,65 \text{ ft}}{2 \times 2,49 \text{ ft}}}$$

$$N = 117,63 \text{ rpm} = 1,96 \text{ rps}$$

Jenis motor: dipilih tipe *fixed speed belt* (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan).

Dipilih kecepatan standar pengaduk

$$N_s = 125,00 \text{ rpm} = 2,08 \text{ rps} = 7.500,00 \text{ rph}$$

m. Menghitung Power Pengaduk

Diketahui:

- Densitas Campuran (ρ_{mix}) = $1.197,47 \text{ kg/m}^3 = 74,76 \text{ lb/ft}^3$
- Viscositas campuran (μ_{mix}) = $2,06 \text{ cp} = 1,38 \times 10^{-3} \text{ lb/ft.s}$
- D_i = $2,49 \text{ ft} = 0,76 \text{ m}$
- N_s = $2,08 \text{ rps}$

$$R_e = \frac{\rho_{\text{mix}} \times N_s \times D_i^2}{\mu_{\text{mix}}} \quad (\text{A-46})$$

$$R_e = \frac{74,76 \text{ lb/ft}^3 \times 2,08 \text{ rps} \times 2,49^2 \text{ ft}^2}{1,38 \times 10^{-3} \text{ lb/ft.s}}$$

$$R_e = 696.674,67$$

Dengan menggunakan fig.477 G.G Brown page 507, 1978, diperoleh

$$N_p = 0,75$$

Maka power pengaduk

$$P_a = N_p \times \rho_{\text{mix}} \times N_s^3 \times D_i^2 \quad (\text{A-47})$$

$$P_a = 0,75 \times 1.197,47 \text{ kg/m}^3 \times 2,08^3 \text{ rps}^3 \times 0,76^5 \text{ m}^5$$

$$P_a = 2.029,02 \text{ Watt} = 2,03 \text{ kW} = 2.72 \text{ Hp}$$

Dipilih power = 3,00 Hp (Standar *NEMA*)





REAKTOR 2

Kode : R-02

Fungsi : Mereaksikan larutan NaCl dengan H₂O untuk menghasilkan NaOH

Tipe : Reaktor elektrolisis dari *Asahi kasei's tipe ML60*

Mode operasi : *Kontinyu*

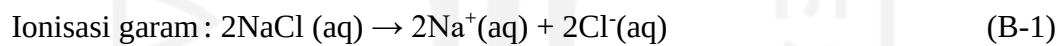
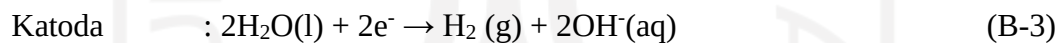
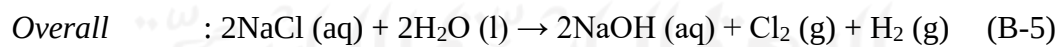
Kondisi operasi

Kondisi proses : *Isotermic*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 90°C

1. Neraca Massa



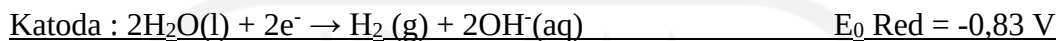
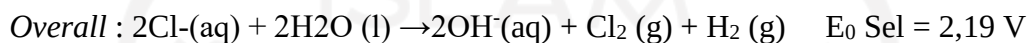
Tabel B.1 Neraca Massa Reaktor-02

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
(Aliran 4)		(Aliran 8)	
NaCl (aq)	19.332,20	NaCl (aq)	19.368,37
H ₂ O (l)	54.887,32	H ₂ O (l)	55.129,21
CaSO ₄ (aq)	20,07	CaCO ₃ (aq)	0,36
MgSO ₄ (aq)	19,50	Mg(OH) ₂ (aq)	0,41
CaCO ₃ (aq)	1,50×10-3	BaSO ₄ (aq)	0,15
Mg(OH) ₂ (aq)	1,44×10-3	CaCO ₃ (s)	14,39
BaSO ₄ (aq)	5,10×10-4	Mg(OH) ₂ (s)	9,04
Sub total	19.332,20	BaSO ₄ (s)	72,06
(Aliran 5)		Sub total	74.594,00
Na ₂ CO ₃ (aq)	15,62		
H ₂ O (l)	44,47		
Sub total	60,09		
(Aliran 6)			
NaOH (aq)	12,96		
H ₂ O (l)	14,04		
Sub total	27,00		
(Aliran 7)			
BaCl ₂ (aq)	64,43		
H ₂ O (l)	183,38		
Sub total	247,82		
Total	74.594,00	Total	74.594,00

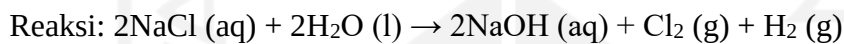
2. Perancangan Reaktor

Diketahui

Reaksi yang terjadi:



Dari perhitungan neraca massa



	2NaCl (kmol)	2H ₂ O (kmol)	2NaOH (kmol)	Cl ₂ (kmol)	H ₂ (kmol)
Mula-mula	331,42	911,35	-	-	-
Reaksi	165,71	165,71	165,71	82,86	82,86
Sisa	165,71	781,81	165,71	82,86	82,86

a. Menghitung Tegangan Reaksi

Potensial sel standar (E_0) merupakan tegangan minimum yang dibutuhkan yaitu 2,19 V. untuk dapat bekerja dengan baik maka diperlukan tegangan yang lebih besar karena berkaitan dengan konsep *over voltage* untuk masing-masing material. Pada katoda, *over voltage* maksimum yang dapat diberikan oleh air adalah sebesar 1,00 V. sementara pada anoda nilai *over voltage* klorin sangatlah kecil sehingga dapat dianggap tidak terjadi perubahan *voltage* pada potensial standar. Maka tegangan yang dibutuhkan yaitu 3,19 V.

b. Menghitung Muatan Arus Listrik Yang Mengalir Pada Reaktor

Muatan arus listrik yang dibutuhkan dihitung berdasarkan jumlah muatan ion Na^+ , yang berpindah dari anoda menuju katoda untuk beraitan dengan ion OH^- dan membentuk NaOH .

Jumlah NaCl yang bereaksi sebesar = 162,865 Kmol

Maka ion Na^+ yang berpindah ke anoda juga berjumlah = 165,71 Kmol/jam
= 165.711,83 mol/jam.

Sehingga

$$I = \text{mol Na}^+ \times N_A \times q \quad (\text{B-6})$$

Keterangan:

- N_A (Bilangan Avogadro) = 6.02×10^{23} partikel/mol
- q (Muatan elektron) = 1.6×10^{-19} C
- $I = 165.711,83 \text{ mol/jam} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ partikel/mol} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $I = 1,60 \times 10^{10} \text{ C/jam}$
- $I = 4,43 \times 10^6 \text{ C/s}$

Sehingga diperlukan arus minimal sebesar $4,43 \times 10^6 \text{ A} = 4,43 \times 10^3 \text{ kA}$

Selama proses elektrolisis berlangsung akan terjadi *electricity loss* dari masing-masing reaktor elektrolisis. Sehingga untuk memastikan besarnya arus 100 % memindahkan ion Na^+ dari anoda ke katoda arus terhitung dikoreksi kembali dengan efisiensi arus.

- Efisiensi arus = 95%

Arus listrik yang diperlukan (I_{od}):

$$I_{od} = \frac{I}{\text{Efisiensi arus}} \quad (\text{B-7})$$

$$I_{od} = \frac{4,43 \times 10^6 \text{ A}}{95\%} = 4,67 \times 10^6 \text{ A} = 4,67 \times 10^3 \text{ kA}$$

c. Menghitung Waktu Reaksi

$$t = \frac{F \times m}{I_{od} \times BM} \quad (B-8)$$

Keterangan:

- t = Waktu reaksi (s).
- F = Konstanta *Faraday* = 96.485,3 C/mol.
- m = Massa NaOH yang terbentuk = 6.627.992,50 g.
- I_{od} = Kuat arus (C/s).
- BM = Berat molekul NaOH = 39,99 g/mol.

$$t = \frac{96.485,3 \text{ C/mol} \times 6.627.992,50 \text{ g}}{4,67 \times 10^6 \text{ C/s} \times 39,99 \text{ g/mol}}$$

$$t = 3,43 \times 10^3 \text{ s} = 57,10 \text{ menit} = 0,95 \text{ jam}$$

d. Menghitung Power Reaktor

$$P = V \times I_{od} \quad (B-9)$$

Keterangan:

- P = Daya listrik (kW)
- V = Tegangan yang sudah terkoreksi oleh *over voltage* (V)
- I_{od} = Kebutuhan arus listrik (kA)

$$P = 3.19 \text{ V} \times 4.67 \times 10^3 \text{ kA}$$

$$P = 14.887,94 \text{ kW} = 14,89 \text{ MW}$$

e. Menentukan Dimensi Sel Elektrolisis

Spesifikasi pada modul sel dan sel elektrolisis diambil dari spesifikasi pada produk reaktor elektrolisis buatan *Asahi Kasei's* dengan tipe *ML60*.

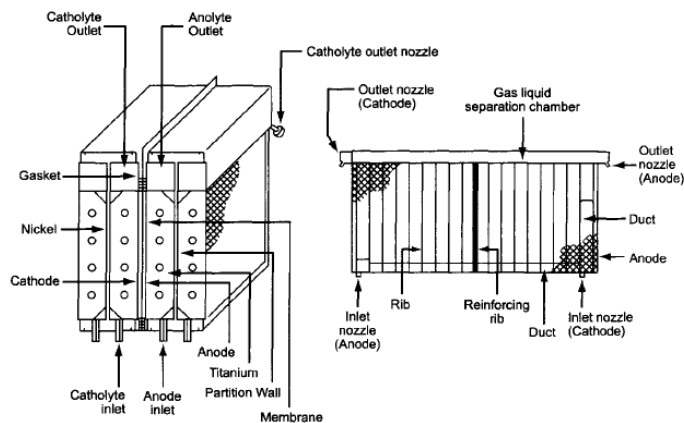


FIGURE 5.24. Schematic of Asahi Kasei's ML32NC and ML60NC cells. (With permission from Asahi Kasei Chemicals.)

Gambar B.1 Asahi Kasei's ML60NC
(Sumber: O'brein, 2004)

Dengan spesifikasi yaitu:

- Tipe *membrane cell* : *Bipolar*
- Jenis *membrane* : *Aciplex*
- *Anode gasket* : *PTFE/EPDM*
- *Cathode gasket* : *EPDM*
- Tekanan Operasi : 1 atm
- Suhu operasi : 90°C
- *Current density* : 5,00 kA/m²
- *Energy consumption* : 2100 kWh/ton caustic
- *Widht (l)* : 3,86 m
- *Height (h)* : 1,67 m

- *Length* (p) : 0.08 m
- *Pan Thickness* : > 2,50 cm
- *Ukuran electrode* : 5,1 m²

f. Menentukan jumlah cell

Tipe *ML60* memiliki *effective area* sebesar = 5,05 m²

Maka arus tiap *cell*

$$I = A \times J \quad (B-10)$$

Keterangan:

- *J* = *Current density* (kA/m²)
- *A* = *area effective* (m²)

$$I = 5,05 \text{ m}^2 \times 5,00 \text{ kA/m}^2$$

$$I = 25,25 \text{ kA}$$

Maka banyaknya *cell* yang dibutuhkan (n)

$$n = \frac{\text{total kebutuhan arus}}{\text{arus tiap cell}} \quad (B-11)$$

$$n = \frac{4,67 \times 10^3 \text{ kA}}{25,25 \text{ kA}}$$

$$n = 184,83 \approx 185 \text{ buah}$$

Sehingga

Panjang total rangkaian cell (P_t):

$$P_t = n \times \text{panjang 1 cell} \quad (B-12)$$

$$P_t = 185 \times 0,08 \text{ m} = 14,56 \text{ m}$$

Volume luar rangkaian cell (V_t):

$$V_t = P_t \times l \times h \quad (\text{B-13})$$

$$V_t = 14,56 \text{ m} \times 3,86 \text{ m} \times 1,67 \text{ m} = 95,40 \text{ m}^3$$

g. Perancangan Pemanas Reaktor

Pemanas yang digunakan pada *cell* elektrolisis merupakan pemanas *electric*. kalor pemanas (Q) yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi operasi *cell* yaitu:

$$Q = 45.946.965,69 \text{ kJ}$$

Energi listrik yang diperlukan:

$$W = Q = 45.946.965,69 \text{ kJ}$$

Daya listrik yang diperlukan pemanas:

$$W = P \times t \quad (\text{B-14})$$

Keterangan:

- P = Daya listrik (kW)
- T = Waktu Reaksi (s)
- W = Energi Listrik (kJ)

$$P = \frac{W}{t} \quad (\text{B-15})$$

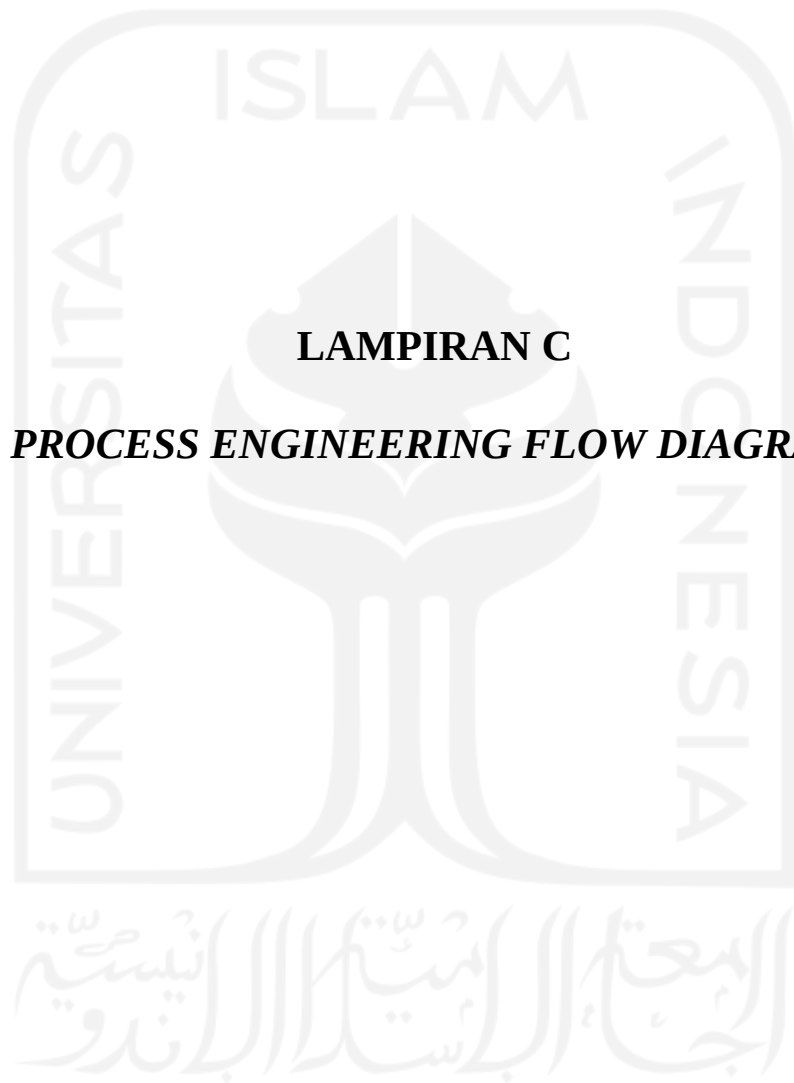
$$P = \frac{45.946.965,69 \text{ kJ}}{3,43 \times 10^3 \text{ s}} = 13.411,76 \text{ kW}$$

Sehingga daya listrik total yang dibutuhkan untuk pemanas dan reaksi pada sel elektrolisis

$$P_{\text{total}} = P_{\text{reaksi}} + P_{\text{pemanas}} \quad (\text{B-16})$$

$$P_{\text{total}} = 14.887,94 \text{ kW} + 13.411,76 \text{ kW}$$

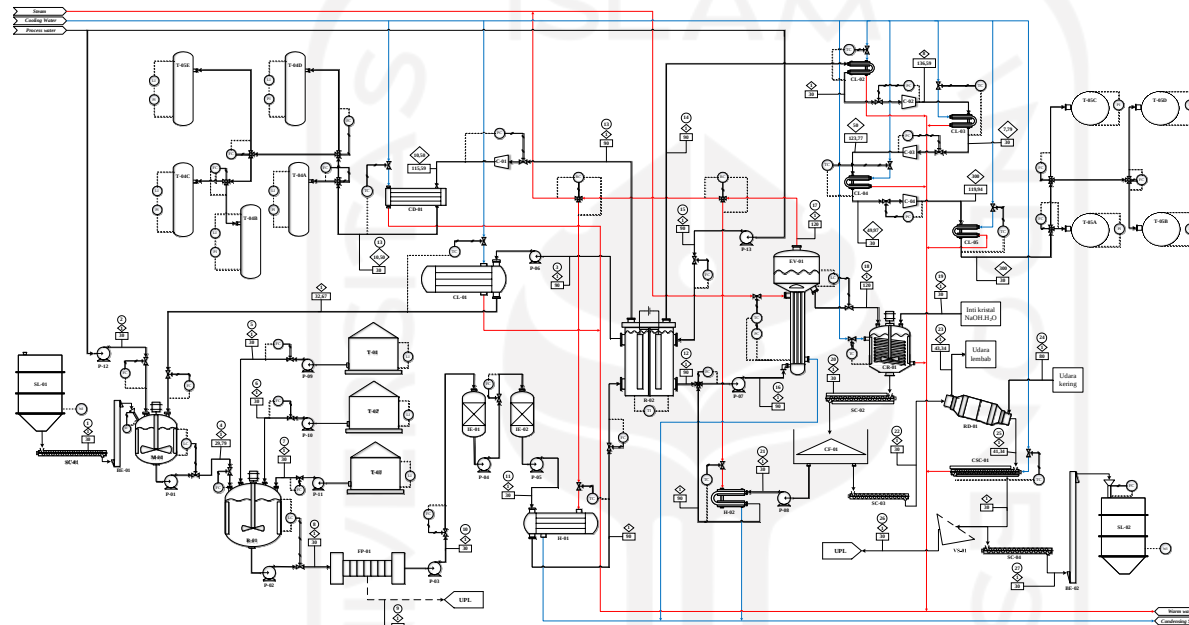
$$P_{\text{total}} = 28.299,70 \text{ kW}$$



LAMPIRAN C

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI NATRIUM KLORIDA
DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN



Keterangan Alat	
SL	Silo
M	Mixing Tank
B	Brakitor
FP	Filter Press
HE	Heat Exchanger
EV	Evaporator
CR	Crystallizer
CF	Centrifuge
RD	Rotary Dryer
VS	Vibrating Screen
CD	Condenser
H	Heater
CL	Cooler
SC	Screw Conveyor
CSC	Cooling Screw Conveyor
BE	Bucket Elevator
C	Compressor
P	Pump
T	Tangki

Keterangan Instrumental	
	Ratio Controller
	Level Controller
	Flow Controller
	Temperature Controller
	Pressure Controller
	Weight Indicator
	Level Indicator
	Pressure Indicator
	Signal Pneumatic
	Signal Electric
	Piping
	Mixing Valve
	Three Way Plug Valve
	Control Valve
	Number Arus
	Tekanan (atm)
	Suhu (°C)

Komponen	Nomor Arus (kg/jam)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
NaCl (s)	9.647,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaSO ₄ (s)	20,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄ (s)	19,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaCO ₃ (s)	-	-	-	-	-	-	-	14,39	14,38	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg(OH) ₂ (s)	-	-	-	-	-	-	-	9,04	9,04	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BaSO ₄ (s)	-	-	-	-	-	-	-	72,06	72,02	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH.H ₂ O (s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O (l)	157,32	7.446,39	47.283,79	54.887,32	-	44,47	14,04	183,38	55.129,21	1,41	55.127,89	55.127,89	14.884,48	-	-	-	-	-	-	1,32	9.614,64	9.614,64	32,91	-	9.614,64	9.422,35	192
NaCl (aq)	-	-	9.684,61	19.332,20	-	-	-	19.368,37	0,58	19.367,87	19.368,23	-	-	-	-	-	-	-	-	1.624,55	1.543,32	81,23	-	-	48,31	47,35	0
CaSO ₄ (aq)	-	-	-	20,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄ (aq)	-	-	-	19,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaCO ₃ (aq)	-	-	1,58·10 ⁻³	1,58·10 ⁻³	-	-	-	0,36	9,26·10 ⁻⁴	0,36	1,58·10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg(OH) ₂ (aq)	-	-	1,44·10 ⁻³	1,44·10 ⁻³	-	-	-	0,41	1,84·10 ⁻³	0,41	1,44·10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BaSO ₄ (aq)	-	-	5,18·10 ⁻⁴	5,18·10 ⁻⁴	-	-	-	0,15	3,91·10 ⁻⁴	0,15	5,18·10 ⁻⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃ (aq)	-	-	-	-	15,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH (aq)	-	-	-	-	-	12,96	-	-	-	-	-	6.627,99	-	-	-	8.561,29	-	8.561,29	-	1.933,21	1.933,21	-	-	-	-	-	-
BaCl ₂ (aq)	-	-	-	-	-	-	64,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.874,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	167,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.011,48	5.011,48	-	-
Total	9.844,48	7.446,39	56.968,11	74.229,89	68,09	27,00	247,82	74.594,08	97,35	74.496,65	74.497,81	28.712,48	5.874,93	167,82	9.225,72	24.189,01	11.017,93	13.371,08	1,32	13.372,48	3.476,53	9.695,87	5.844,19	5.011,48	9.662,96	193,26	9.405,78



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI NATRIUM KLORIDA
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 75.000 TON/TAHUN

Dosen Pembimbing:

1. Komal Inam Ashari (0821151)
2. Fala Hakin Albana (0821178)

Dosen Pembimbing:

1. Ha Pujiwati, ST., M.Eng., Ph.D.
2. Lucky Wahyu Novella S, ST., M.Eng.



**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN**

1. Nama Mahasiswa : Kemal Imam Azhari
No. MHS : 18521151
2. Nama Mahasiswa : Faiz Hakim Albana
No. MHS : 18521178
- Judul Prarancangan *) :

**PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM *HYDROXIDE* DARI NATRIUM KLORIDA
DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	24-05-2022	Bimbingan Kapasitas	
2	10-06-2022	Kapasitas	
3	12-07-2022	Pemilihan Proses	
4	29-07-2022	Spesifikasi Bahan	
5	11-08-2022	Neraca Massa	
6	27-08-2022	Reaktor 1	
7	6-09-2022	Reaktor Elektrolisis	
8	10-10-2022	Alat Transportasi dan Penyimpanan	
9	27-10-2022	PEFD	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 16 November 2022

Pembimbing,



Ifa Puspasari, Dr., S.T., M.Eng.

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN**

1. Nama Mahasiswa : Kemal Imam Azhari
No. MHS : 18521151
2. Nama Mahasiswa : Faiz Hakim Albana
No. MHS : 18521178

Judul Prarancangan *) :

**PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM *HYDROXIDE* DARI NATRIUM KLORIDA
DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	11-01-2022	Bimbingan Kapasitas	
2	14-07-2022	Pemilihan Proses	
3	22-07-2022	Spesifikasi Bahan	
4	4-08-2022	Neraca Massa	
5	7-09-2022	Reaktor 1	
6	21-09-2022	Reaktor Elektrolisis	
7	13-10-2022	Alat Transportasi dan Penyimpanan	
8	7-11-2022	PEFD	
9	15-11-2022	Utilitas dan Ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 15 November 2022

Pembimbing,



Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.