

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM HIDROKSIDA
DARI LIMBAH *BRINE* DENGAN KAPASITAS 40.000
TON/TAHUN**

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



Oleh:

Nama : Rahinosuryo H. W.

NIM : 20521020

Nama : Intan Kusuma R. S.

NIM : 20521143

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM HIDROKSIDA DARI LIMBAH *BRINE* DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahinosuryo Hadipamungkas Wibowo Nama : Intan Kusuma Rachmawati Santoso
NIM : 20521020 NIM : 20521143

Yogyakarta, 30 Januari 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan

Rahinosuryo Hadipamungkas Wibowo

Td. Tangan

Intan Kusuma Rachmawati Santoso

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM HIDROKSIDA DARI
LIMBAH *BRINE* DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama : Rahinosuryo H. W.

Nama : Intan Kusuma R. S.

NIM : 20521020

NIM : 20521143

Yogyakarta, 30 Januari 2025

Pembimbing,



Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

NIK. 105210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM HIDROKSIDA DARI LIMBAH *BRINE* DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

oleh :

Nama : Intan Kusuma R. S.

NIM : 20521143

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

Tim Penguji,

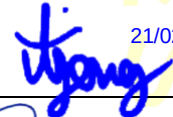
Ketua Penguji

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.



Anggota I

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.



21/02/2025

Anggota II

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



25/02/2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



SHOLEH MA'MUN, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi berkat rahmat dan karunia-Nya, tak lupa shalawat serta salam senantiasa dihaturkan kepada bagian Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK SODIUM HIDROKSIDA DARI LIMBAH BRINE DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta tak lupa atas doanya yang tidak henti-hentinya diberikan kepada kami untuk dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya Tugas Akhir kami ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan Tugas Akhir ini didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 30 Januari 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbil' alamin.

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Dengan kasih dan cinta-Nya, saya diberikan kekuatan, ilmu, dan pemahaman yang membantu saya menyelesaikan tugas ini tepat waktu. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada orang-orang yang sangat saya cintai dan sayangi, sebagai berikut:

1. Kepada Bapak Budi Santoso dan Ibu Nofi Andarwini, orang tua yang saya hormati dan cintai. Terima kasih atas doa dan dukungan kalian yang tiada henti, baik dalam bentuk dukungan finansial maupun moral. Terima kasih telah memprioritaskan pendidikan saya. Semoga Allah membalas segala kebaikan dengan kebahagiaan yang melimpah.
2. Untuk Arifian Budi Santoso, Widiarto Agung Santoso dan Shinta Rizkiasih Santoso, kakak-kakak saya yang selalu mendukung, terutama dalam hal apapun. Terima kasih atas nasihat bijak dan pengertian terhadap saya. Terima kasih telah memberikan kasih sayang yang luar biasa.
3. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih atas dukungan, motivasi, dan bimbingan yang senantiasa Ibu berikan selama ini tiada henti. Tanpa bimbingan Ibu, saya mungkin tidak akan berhasil menyelesaikan tugas ini. Semoga Allah memberikan berkah, kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan kepada Ibu selalu.
4. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., sebagai dosen pengampu mata kuliah yang sudah membantu proses perkuliahan saya dengan amat sangat baik hati. Serta Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia yang telah memudahkan jalan saya dalam menyelesaikan halang rintang diakhir masa perkuliahan saya. Juga saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada dosen-dosen lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu-satu.

5. Rahinosuryo Hadipamungkas Wibowo, *partner* Tugas Akhir sekaligus teman yang selalu sabar menemani saya. Terima kasih atas dukungan dan semangat yang tidak pernah surut. Semoga segala kebaikan yang telah kamu berikan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda.
6. Abdillah Tamma Wildan, yang dengan penuh rasa syukur dan terima kasih, saya ingin mengungkapkan penghargaan yang mendalam kepada seseorang yang selalu ada, memberikan dukungan tanpa syarat, serta menjadi sumber semangat dalam setiap langkah yang saya tempuh. Kehadiran dan perhatiannya telah memberi warna dalam setiap perjalanan ini, membuat setiap tantangan terasa lebih ringan dan setiap kebahagiaan lebih berarti. Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi dan menjaga, serta memperkuat ikatan yang telah terjalin dengan penuh cinta dan kesabaran.
7. Kepada sahabat-sahabat saya Ngaqilatul Munawaroh dan Vico Indra Wuri Wulandari yang luar biasa. Terima kasih telah mengingatkan saya untuk selalu berbuat baik dan mendukung saya sepanjang perkuliahan, kalian yang selalu hadir dalam suka dan duka. Terima kasih atas dukungan tanpa syarat dan selalu menjadi tempat berbagi cerita. Semoga kebahagiaan selalu menyertai kalian dan semoga hubungan persahabatan kita terus terjalin erat selamanya.
8. Kepada teman-teman seperjuangan saya di akhir masa perkuliahan (Uzi, Arya, Mamat, Raihana, dkk). Terima kasih atas semangat, doa, tawa, dan air mata yang telah kita bagi bersama. Semoga kita semua bisa bertemu lagi di titik yang lebih baik dengan pencapaian mimpi kita masing-masing.
9. Kepada teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2020 dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang selalu saling mendukung dan mendoakan kelancaran proses perkuliahan. Semoga kita semua sukses dan bisa memberikan manfaat bagi orang lain.

Intan Kusuma Rachmawati Santoso

Teknik Kimia UII 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	i
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan	3
1.3 Tinjauan Pustaka	12
1. 4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	21
BAB II.....	26
PERANCANGAN PRODUK	26
2.1 Spesifikasi Produk	26
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	27
2.3 Pengendalian Kualitas	27
BAB III	31
PERANCANGAN PROSES.....	31
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	31
3.2 Uraian Proses	33
3.3 Spesifikasi Alat.....	38
3.4 Neraca Massa	68
3.5 Neraca Panas	74

BAB IV	81
PERANCANGAN PABRIK.....	81
4.1 Lokasi Pabrik.....	81
4.2 Tata Letak Pabrik	85
4.3 Tata Letak Alat Proses	89
4.4 Organisasi Perusahaan.....	93
BAB V.....	116
UTILITAS.....	116
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	116
5.2 Unit Pembangkit Steam.....	138
5.3 Unit Pembangkit Listrik	139
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....	142
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	143
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	144
BAB VI	145
EVALUASI EKONOMI.....	145
6.1 Penaksiran harga alat.....	145
6.2 Dasar Perhitungan	151
6.3 Komponen Biaya	151
BAB VII.....	164
KESIMPULAN DAN SARAN.....	164
7.1 Kesimpulan.....	164
7.2 Saran.....	165
DAFTAR PUSTAKA	166
LAMPIRAN 1.....	169
LAMPIRAN 2.....	177
LAMPIRAN 3.....	179

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produsen dan Kapasitas Pabrik NaOH di Indonesia.....	5
Tabel 1.2 Analisa produksi Sodium Hidroksida di Indonesia	6
Tabel 1.3 Analisa impor Sodium Hidroksida di Indonesia	7
Tabel 1.4 Analisa konsumsi Sodium Hidroksida di Indonesia	8
Tabel 1.5 Analisa ekspor Sodium Hidroksida di Indonesia	9
Tabel 1.6 Analisa proyeksi kapasitas di tahun 2030	10
Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses	20
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk	25
Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	26
Tabel 3.1 Kelarutan reaksi impuritas pada mixing tank-01	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis	37
Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis (lanjutan).....	38
Tabel 3.4 Spesifikasi Mixing Tank-01.....	39
Tabel 3.5 Spesifikasi Centrifuge-01.....	40
Tabel 3.6 Spesifikasi Mixing Tank-02.....	41
Tabel 3.7 Spesifikasi Drying Tower-01	42
Tabel 3.8 Spesifikasi Evaporator-01	43
Tabel 3.9 Spesifikasi Filter-01	44
Tabel 3.10 Spesifikasi Evaporator-02	45
Tabel 3.11 Spesifikasi Dryer-01	46
Tabel 3.12 Spesifikasi Tangki Penyimpan Padatan	47
Tabel 3.13 Spesifikasi Tangki Penyimpan Padatan (lanjutan).....	48
Tabel 3.14 Spesifikasi Tangki Penyimpan Cairan	49
Tabel 3.15 Spesifikasi Tangki Penyimpan Gas	50
Tabel 3.16 Spesifikasi Tangki penyimpanan Gas (lanjutan)	51
Tabel 3.17 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan.....	52

Tabel 3.18 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (lanjutan)	53
Tabel 3.19 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan.....	54
Tabel 3.20 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)	55
Tabel 3.21 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)	56
Tabel 3.22 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)	57
Tabel 3.23 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)	58
Tabel 3.24 Spesifikasi Alat Transportasi Gas	59
Tabel 3.25 Spesifikasi Alat Transportasi Gas (lanjutan)	60
Tabel 3.26 Spesifikasi Alat Penukar Panas	61
Tabel 3.27 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)	62
Tabel 3.28 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)	63
Tabel 3.29 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)	64
Tabel 3.30 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)	65
Tabel 3.31 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)	66
Tabel 3.32 Neraca Massa Alat Mixing Tank-01	67
Tabel 3.33 Neraca Massa Alat Centrifuge-01.....	68
Tabel 3.34 Neraca Massa Alat Mixing Tank-01	68
Tabel 3.35 Neraca Massa Alat Reaktor Elektrolisis	69
Tabel 3.36 Neraca Massa Alat Drying Tower-01	69
Tabel 3.37 Neraca Massa Alat Evaporator-01	70
Tabel 3.38 Neraca Massa Alat Filter-01	70
Tabel 3.39 Neraca Massa Alat Evaporator-02	71
Tabel 3.40 Neraca Massa Alat Dryer-01.....	71
Tabel 3.41 Neraca Massa Total.....	72
Tabel 3.42 Neraca Panas Alat Mixing tank-01	73
Tabel 3.43 Neraca Panas Alat Centrifuge-01.....	73
Tabel 3.44 Neraca Panas Alat Mixing tank-02	73

Tabel 3.45 Neraca Panas Alat Reaktor Elektrolis	74
Tabel 3.46 Neraca Panas Alat Drying Tower-01	74
Tabel 3.47 Neraca Panas Alat Evaporator-01	74
Tabel 3.48 Neraca Panas Alat Filter-01	75
Tabel 3.49 Neraca Panas Alat Evaporator-02	75
Tabel 3.50 Neraca Panas Alat Dryer-01	75
Tabel 3.51 Neraca Panas Alat Compressor-01	76
Tabel 3.52 Neraca Panas Alat Cooler-01	76
Tabel 3.53 Neraca Panas Alat Compressor-02	76
Tabel 3.54 Neraca Panas Alat Cooler-02	77
Tabel 3.55 Neraca Panas Alat Compressor-03	77
Tabel 3.56 Neraca Panas Alat Cooler-03	77
Tabel 3.57 Neraca Panas Alat Compressor-04	78
Tabel 3.58 Neraca Panas Alat Cooler-04	78
Tabel 3.59 Neraca Panas Alat Cooler-05	78
Tabel 3.60 Neraca Panas Alat Cooler-06	79
Tabel 3.61 Neraca Panas Alat Heater-01	79
Tabel 4.1 Keterangan Gambar 2	87
Tabel 4.2 Tugas Direktur Khusus	98
Tabel 4.3 Kepala Seksi Bagian Produksi	100
Tabel 4.4 Kepala Seksi Bagian Teknik	100
Tabel 4.5 Kepala Seksi Bagian Riset dan Mutu	101
Tabel 4.6 Kepala Seksi Bagian Keuangan	102
Tabel 4.7 Kepala Seksi Bagian Pemasaran	103
Tabel 4.8 Kepala Seksi Bagian Personalia	103
Tabel 4.9 Kepala Seksi Bagian K3 dan Lingkungan	104
Tabel 4.10 Jadwal Kerja Karyawan Non-Shift	106

Tabel 4.11 Jadwal Kerja Karyawan Shift	107
Tabel 4.12 Jadwal Shift.....	108
Tabel 4.13 Gaji Karyawan	109
Tabel 4.14 Gaji Karyawan (lanjutan).....	110
Tabel 4.15 Gaji Karyawan (lanjutan).....	111
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin	117
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler	118
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Domestik	119
Tabel 5.4 Kebutuhan Service Water	120
Tabel 5.5 Spesifikasi Bak Utilitas	127
Tabel 5.6 Spesifikasi Tangki Utilitas	128
Tabel 5.7 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)	129
Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Penukar Ion.....	130
Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas	131
Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	132
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	133
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	134
Tabel 5.13 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya	135
Tabel 5.14 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya (lanjutan)	136
Tabel 5.15 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya (lanjutan)	137
Tabel 5.16 Kebutuhan Listrik Alat Proses	140
Tabel 5.17 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	141
Tabel 5.18 Spesifikasi Compressor Udara Tekan	142
Tabel 6.1. Data Indeks Harga Alat.....	146
Tabel 6.2 Harga Alat Proses	147
Tabel 6.3 Harga Alat Proses (lanjutan)	148
Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas	149

Tabel 6.5 Harga Alat Utilitas (lanjutan).....	150
Tabel 6.6 Direct Plant Cost	152
Tabel 6.7 Indirect Cost.....	152
Tabel 6.8 Contractor fee & Contingency	152
Tabel 6.9 Total Fixed Capital Investment.....	153
Tabel 6.10 Working Capital Investment	153
Tabel 6.11 Direct Manufacturing Cost.....	154
Tabel 6.12 Indirect Manufacturing Cost	154
Tabel 6.13 Fixed Manufacturing Cost	155
Tabel 6.14 Total Manufacturing Cost	155
Tabel 6.15 General Expenses.....	156
Tabel 6.16 Total Production Cost	156
Tabel 6.17 Annual fixed manufacturing cost (Fa)	159
Tabel 6.18 Annual variable value (Va)	159
Tabel 6.19 Annual regulated expenses (Ra)	160
Tabel 6.20 Annual sales value (Sa).....	160
Tabel 6.21 Analisa Risiko Pabrik	163
Tabel 6.22 Analisa Kelayakan	164

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi produksi Sodium Hidroksida di Indonesia	6
Gambar 1.2 Proyeksi impor Sodium Hidroksida di Indonesia	7
Gambar 1.3 Proyeksi konsumsi Sodium Hidroksida di Indonesia.....	8
Gambar 1.4 Proyeksi ekspor Sodium Hidroksida di Indonesia	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	33
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik (titik dan garis putih).....	81
Gambar 4.2 Tata letak pabrik.....	86
Gambar 4.3 Tata letak alat proses	90
Gambar 4.4 Struktur Organisasi.....	95
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	126
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga	147
Gambar 6.2 Grafik Analisis Ekonomi.....	163

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</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, 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

Sodium hidroksida adalah senyawa ionik yang bersifat basa kuat, dapat menguraikan protein pada suhu lingkungan, dan dapat menyebabkan luka bakar jika terpapar. Di Indonesia, kebutuhan sodium hidroksida tidak hanya dipenuhi oleh pabrik lokal, tetapi juga melalui impor. Sebuah pabrik sodium hidroksida dengan kapasitas 40.000 ton per tahun direncanakan akan dibangun di Desa Citemu, Kecamatan Mundu, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat, dan dioperasikan selama 330 hari. Proses produksi Sodium hidroksida menggunakan reaktor elektrolisis pada suhu 80°C dan tekanan 1,36 atm, dilanjutkan dengan penguapan untuk mengurangi kadar air dan membentuk padatan NaOH melalui proses pengeringan pada suhu tinggi. Untuk mencapai kapasitas 40.000 ton per tahun, dibutuhkan natrium klorida sebanyak 42.779,075 kg per jam. Utilitas yang diperlukan meliputi 77.732,167 kg per jam air pendingin, 68.933,918 kg per jam steam, 2.550 kg per jam air domestik, 540 kg per jam air pelayanan, 46.346,82 kWh listrik, dan 2.693,776 kg per jam bahan bakar. Analisis menunjukkan bahwa pabrik sodium hidroksida ini memiliki tingkat risiko rendah. Evaluasi pabrik menunjukkan modal tetap sebesar Rp 302.804.894.966,29; modal kerja sebesar Rp 227.884.827.134,37; keuntungan setelah pajak sebesar Rp 85.145.950.745,38; ROI sebelum dan sesudah pajak masing-masing sebesar 35% dan 28%; BEP sebesar 43,02%; Shut Down Point (SDP) sebesar 23,40%; dan DCFR sebesar 37,73%. Berdasarkan evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik sodium hidroksida ini secara ekonomi layak untuk didirikan.

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

ABSTRACT

Sodium hydroxide is an ionic compound that is a strong base, can decompose proteins at ambient temperatures, and can cause burns if exposed. In Indonesia, sodium hydroxide needs are not only met by local factories, but also through imports. A sodium hydroxide plant with a capacity of 40,000 tonnes per year is planned to be built in Citemu Village, Mundu District, Cirebon Regency, West Java Province, and operated for 330 days. The sodium hydroxide production process uses an electrolysis reactor at 80°C and 1.36 atm pressure, followed by evaporation to reduce moisture content and form NaOH solids through a drying process at high temperature. To achieve a capacity of 40,000 tonnes per year, 42,779.075 kg per hour of sodium chloride is required. Utilities required include 77,732.16 kg per hour of cooling water, 68,933.91 kg per hour of steam, 2,550 kg per hour of domestic water, 540 kg per hour of service water, 46,346.82 kWh of electricity, and 2,693.776 kg per hour of fuel. The analysis shows that this Sodium hydroxide plant has a low risk level. The plant evaluation shows fixed capital of IDR 302,804,894,966.29; working capital of IDR 227,884,827,134.37; profit after tax of IDR 85,145,950,745.38; ROI before and after tax of 35% and 28% respectively; BEP of 43.02%; Shut Down Point (SDP) of 23.40%; and DCFR of 37.73%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that this sodium hydroxide plant is economically feasible to establish.

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin bertumbuh dari waktu ke waktu, terlihat dari beragamnya jenis industri dan jumlahnya yang semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan dalam ketersediaan dan permintaan bahan baku, ditambah dengan kebutuhan akan bahan pendukung untuk proses produksi yang diperlukan. Salah satu langkah yang diambil adalah pendirian pabrik kimia sodium hidroksida, yang juga dikenal sebagai sodium hidroksida, dengan tujuan untuk memenuhi permintaan pasar dan mengurangi ketergantungan pada impor sodium hidroksida. Meskipun kebutuhan akan NaOH sebagian besar dipenuhi melalui impor dan produksi dalam negeri, namun kapasitas produksi dalam negeri belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan domestik, sebagaimana tercermin dari data impor sodium hidroksida di Indonesia.

Keuntungan pabrik kimia sodium hidroksida dari limbah *brine* di Indonesia:

1. Mengurangi ketergantungan kebutuhan Sodium Hidroksida dari negara lain dan menghemat biaya impor Sodium Hidroksida
2. Memperluas lapangan pekerjaan sehingga sehingga dapat meningkatkan roda perekonomian di Indonesia
3. Membantu menggerakan pertumbuhan industri di Indonesia yang menggunakan Sodium Hidroksida sebagai bahan baku atau bahan pembantu.

NaOH juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida adalah sejenis basa logam kaustik. Sodium hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida dilarutkan dalam air. Sodium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Sodium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia (Mirzae, 2007)

Sodium hidroksida mempunyai banyak jenis, umumnya yang sering ditemukan yaitu sodium hidroksida solid dan sodium hidroksida liquid. Sodium hidroksida yang mempunyai bentuk kristal dan berwarna putih disebut dengan NaOH anhidrat. Sodium hidroksida mempunyai sifat dapat menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Sodium hidroksida dapat dilarutkan dengan air dan akan melepaskan panas jika dilarutkan. Proses ini dikarenakan sodium hidroksida memiliki sifat eksotermis. Sodium hidroksida juga mempunyai sifat mudah larut terhadap etanol dan methanol. (Dewi, 2010).

Larutan kaustik soda telah dibuat sejak soda digunakan, sekitar pertengahan abad ke-18, tetapi pada tahun 1890 kaustik soda tidak lagi diproduksi dengan cara ini untuk konsumsi industri. Tidak lama kemudian sebelum perang dunia pertama jumlah kaustik soda yang dijual sebagai produk utama dari klorin dengan proses elektrolisis hampir diabaikan dibandingkan dengan kaustik soda yang dibuat dari soda ash dengan proses kaustikasi. Namun pada tahun 1940, elektrolisis kaustik lime soda, dan 1962 proses tersebut hampir menghilang (Shreve, 1956).

Sodium hidroksida (NaOH) banyak digunakan di industri-industri, terutama sebagai bahan kimia dasar dalam pembuatan pulp dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen (Asahimas Chemical, 2010).

1. Industri Pulp dan Kertas

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu pengguna terbesar produk NaOH di seluruh dunia, dimana NaOH digunakan sebagai bahan baku dalam proses pulping dan bleaching. NaOH juga digunakan dalam proses daur ulang kertas bekas, yaitu dalam proses “de-inking” kertas bekas, disamping juga banyak digunakan dalam proses pengolahan air.

2. Industri Tekstil

Dalam industri tekstil, NaOH digunakan dalam pemrosesan kapas dan proses pewarnaan serat sintetik seperti nilon dan polyester.

3. Industri Sabun dan Detergen

Dalam industri sabun dan deterjen, NaOH digunakan dalam reaksi saponifikasi, yaitu reaksi konversi minyak nabati menjadi sabun. NaOH juga digunakan dalam pembuatan surfaktan anionik yang merupakan komponen penting dalam produk deterjen maupun produk pembersih.

4. Industri Minyak dan Gas Bumi

Industri minyak dan gas bumi (migas) memanfaatkan kaustic soda dalam tahap eksplorasi, produksi maupun pemrosesan minyak dan gas alam, dimana NaOH digunakan untuk menghilangkan bau yang berasal dari hidrogen sulfida (H_2S) maupun mercaptan.

5. Proses Produksi Aluminium

Dalam proses produksi aluminium, NaOH digunakan untuk melarutkan bijih bauksit yang merupakan bahan baku dalam produksi aluminium.

6. Industri Kimia

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

1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi adalah pertimbangan utama dalam desain pabrik karena jumlah dan jenis barang yang diproduksi harus dapat menghasilkan keuntungan setinggi mungkin dengan biaya serendah mungkin. Sejumlah faktor perlu diperhitungkan saat menghitung kapasitas produksi. Ini termasuk analisis penawaran dan permintaan, yang menggunakan metode regresi linier untuk memperkirakan data impor, produksi, ekspor, dan konsumsi untuk kebutuhan produk di masa depan. Informasi berikut ini dapat digunakan untuk mengevaluasi pilihan kapasitas produksi Sodium hidroksida: Kapasitas produksi merupakan pertimbangan utama dalam desain

pabrik karena jumlah dan jenis barang yang diproduksi harus dapat menghasilkan keuntungan setinggi mungkin dengan biaya serendah mungkin. Sejumlah faktor perlu diperhitungkan saat menghitung kapasitas produksi. Ini termasuk analisis penawaran dan permintaan, yang menggunakan metode regresi linier untuk memperkirakan data impor, produksi, ekspor, dan konsumsi untuk kebutuhan produk di masa depan. Informasi berikut ini dapat digunakan untuk mengevaluasi pilihan kapasitas produksi Sodium hidroksida:

1.2.1 Analisa dan Proyeksi Supply – Demand

Analisa *supply - demand* adalah sebuah metode yang digunakan untuk mempelajari interaksi antara penawaran dan permintaan terhadap suatu barang atau jasa di suatu pasar bertujuan untuk menentukan keseimbangan yang akan terjadi.

a. Produsen dan kapasitasnya

Di Indonesia, Sodium hidroksida telah diproduksi sejak lama, dengan empat diantaranya tergabung dalam Asosiasi Kimia Dasar Anorganik Indonesia (AKIDA). Perusahaan-perusahaan ini adalah PT Asahimas Chemical, PT Sulfindo Adiusaha, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia, dan PT Pindo Deli.

Tabel 1.1 Produsen dan Kapasitas Pabrik NaOH di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas produksi (Ton/Tahun)
PT Asahimas Chemical	Cilegon	700.000
PT Sulfindo Adiusaha	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)

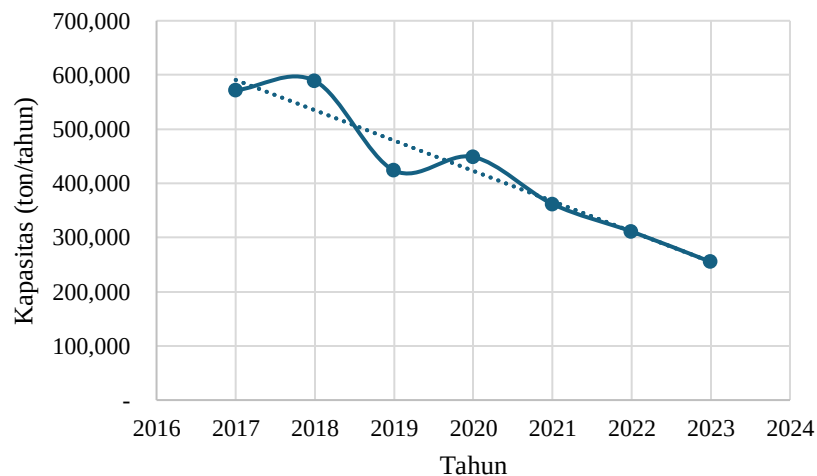
b. Produksi Sodium Hidroksida

Sodium Hidroksida (NaOH), yang juga disebut sebagai soda api, merupakan bahan kimia dasar yang digunakan di berbagai industri, termasuk pengolahan air, pembuatan kertas, sabun, dan tekstil. Produksi NaOH masih terus berkembang untuk memenuhi permintaan sektor ini yang terus meningkat.

Tabel 1.2 Analisa produksi Sodium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton/ Tahun)
2017	571.514
2018	588.821
2019	423.707
2020	448.658
2021	361.784
2022	311.012
2023	255.050

(Sumber: BPS, diolah Bizteka-CCI)



Gambar 1.1 Proyeksi produksi Sodium Hidroksida di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1, didapatkan regresi menggunakan persamaan 1.1 sebagai berikut:

$$y = ax + b \quad (1.1)$$

$$y = -55.961,89x + 113.465.958,71$$

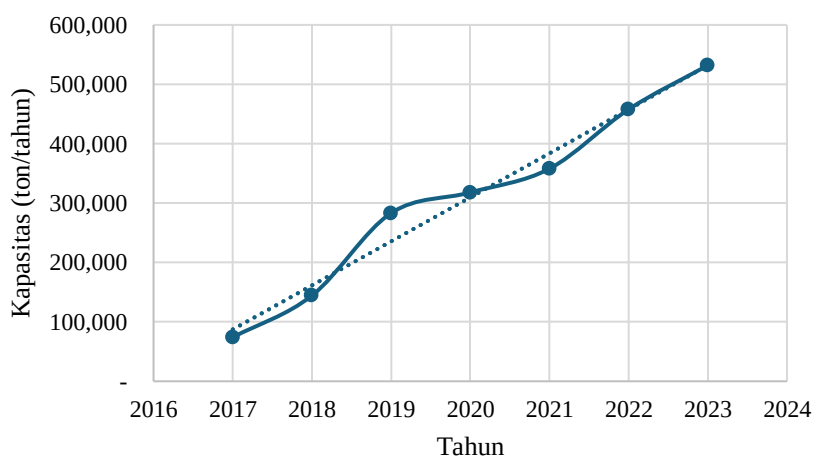
c. Impor Sodium Hidroksida

Mengingat basis industrinya yang beragam, Indonesia memiliki kebutuhan Sodium hidroksida yang cukup besar. Impor Sodium hidroksida masih sering terjadi meskipun terdapat banyak produsen dalam negeri. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kapasitas produksi dalam negeri yang kurang memadai untuk memenuhi permintaan pasar, kualitas produk impor yang lebih unggul untuk kebutuhan industri tertentu, masalah logistik, dan biaya produksi yang dapat mengurangi daya saing produk lokal.

Tabel 1.3 Analisa impor Sodium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/ Tahun)
2017	74.039
2018	144.342
2019	283.137
2020	317.926
2021	357.870
2022	457.827
2023	531.950

(Sumber: BPS, diolah Bizteka-CCI)



Gambar 1.2 Proyeksi impor Sodium Hidroksida di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.2, didapatkan regresi menggunakan persamaan 1.2 sebagai berikut:

$$y = ax + b \quad (1.2)$$

$$y = 74.122,71x - 149.418.298,43$$

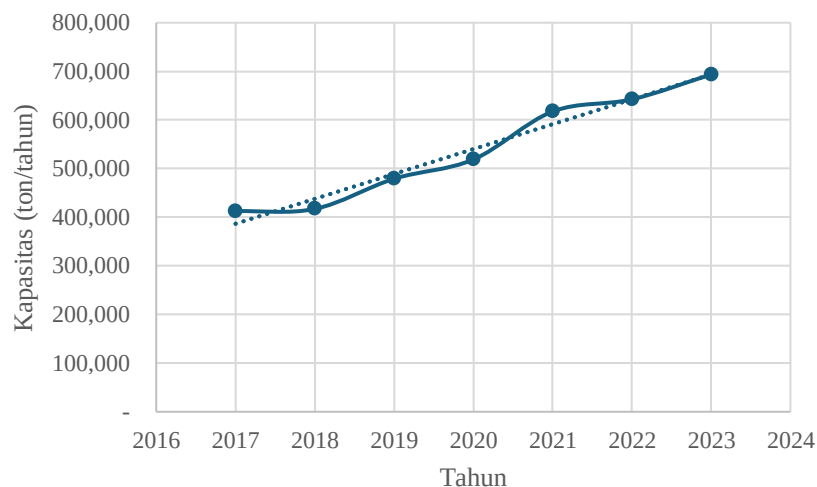
d. Konsumsi Sodium Hidroksida

Indonesia mengkonsumsi sodium hidroksida dalam jumlah yang signifikan, dan meningkat seiring banyaknya sektor industri yang berkembang. Namun, Indonesia terus mengimpor sejumlah NaOH untuk memenuhi semua kebutuhan. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor dan memenuhi kebutuhan NaOH dalam negeri, diperlukan peningkatan efisiensi produksi, menciptakan teknologi baru, dan memanfaatkan sumber daya lokal.

Tabel 1.4 Analisa konsumsi Sodium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton/ Tahun)
2017	412.472
2018	417.103
2019	479.167
2020	518.707
2021	617.455
2022	642.452
2023	693.609

(Sumber: BPS, diolah Bizteka-CCI)



Gambar 1.3 Proyeksi konsumsi Sodium Hidroksida di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.3, didapatkan regresi menggunakan persamaan 1.3 sebagai berikut:

$$y = ax + b \quad (1.3)$$

$$y = 51.157,04x - 102.797.074,29$$

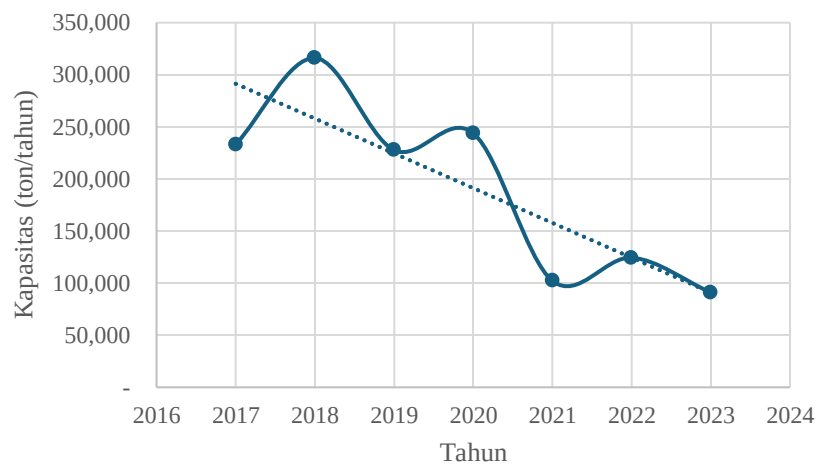
e. Ekspor Sodium Hidroksida

Ekspor Sodium hidroksida dari Indonesia memiliki potensi yang cukup besar, tetapi juga dihadapkan pada beberapa tantangan. Persaingan di pasar global, terutama dari negara-negara dengan biaya produksi yang lebih rendah, merupakan tantangan utama. Selain itu, peraturan ekspor yang ketat dan persyaratan kualitas produk yang tinggi juga perlu diperhatikan. Meskipun demikian, Indonesia berpeluang untuk meningkatkan ekspor Sodium hidroksida dan memperkuat posisinya di pasar global.

Tabel 1.5 Analisa ekspor Sodium Hidroksida di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/ Tahun)
2017	233.081
2018	316.061
2019	227.677
2020	243.877
2021	102.199
2022	124.393
2023	90.998

(Sumber: BPS, diolah Bizteka-CCI)



Gambar 1.4 Proyeksi ekspor Sodium Hidroksida di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.4, didapatkan regresi menggunakan persamaan 1.4 sebagai berikut:

$$y = ax + b \quad (1.4)$$

$$y = -33.395,11x + 67.649.300,14$$

1.2.2 Penentuan Kapasitas

Berdasarkan grafik, didapatkan persamaan melalui metode Trend Linier dengan rumus permintaan di tahun $n = (a + (b * n))$. Dimana a merupakan Permintaan di Tahun 1 dan b adalah Slope (kemiringan garis tren), sedangkan n adalah Jumlah tahun. Sehingga, dapat ditentukan bahwa proyeksi *supply – demand* Sodium Hidroksida di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.6 Analisa proyeksi kapasitas di tahun 2030

	Persamaan Proyeksi	Nilai Proyeksi
Impor	$y = 74.122,71x - 149.418.298,43$	101.050,803
Ekspor	$y = -33.395,11x + 67.649.300,14$	-142,773
Konsumsi	$y = 51.157,04x - 102.797.074,29$	1.051,717
Produksi	$y = -55.961,89x + 113.465.958,71$	-136,678

Bersadarkan data yang sudah ditemukan, maka dapat ditentukan:

$$\begin{aligned}\text{Demand} &= \text{Konsumsi} + \text{Impor} \\ &= 1.051,717 + 101.050,803 \\ &= 102.102,520 \text{ ton/ tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Supply} &= \text{Produksi} + \text{Ekspor} \\ &= (-136,678) + (-142,773) \\ &= -279,451 \text{ ton/ tahun}\end{aligned}$$

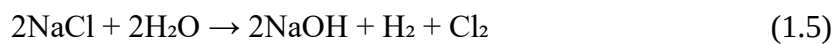
$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= 102.102,520 - (-279,451) \\ &= 102.381,971 \text{ ton/ tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 40\% * 102.381,971 \text{ ton/ tahun} \\ &= 40.952,788 \text{ ton/ tahun} \\ &= 40.000 \text{ ton/ tahun}\end{aligned}$$

Dalam perancangan kapasitas pabrik, umumnya kapasitas yang diambil berkisar antara 30-40% dari peluang yang tersedia di pasar. Hal ini dipengaruhi oleh

beberapa faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan kapasitas, seperti ketidakpastian permintaan, fluktuasi pasar, dan risiko operasional. Penentuan kapasitas harus mencakup cadangan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang tidak terduga dan kondisi pasar yang bisa berubah sewaktu-waktu. Oleh karena itu, perusahaan seringkali memilih untuk merencanakan kapasitas lebih rendah dari kapasitas potensial maksimum agar tetap dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi pasar, sekaligus menghindari overcapacity yang bisa menambah biaya tetap yang tidak efisien (William J, 2020).

Pembulatan kapasitas menjadi 40.000 ton/tahun didasari dengan stokiometri sederhana, dimana reaksi kimianya adalah:



Dari persamaan reaksi di atas, diketahui bahwa 2 mol NaCl akan menghasilkan 2 mol NaOH. Artinya, perbandingan mol NaCl dan NaOH adalah 1:1. Dimana:

1. Konversi kg NaOH ke Mol:

Massa molar NaOH = 40 g/mol

Jumlah mol NaOH =

$$\frac{40.000.000.000 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 1.000.000.000 \text{ mol}$$

2. Hitung Jumlah Mol NaCl yang Dibutuhkan:

Karena perbandingan mol NaCl dan NaOH adalah 1:1, maka dibutuhkan juga 1.000.000.000 mol NaCl.

3. Konversi Mol NaCl ke kg:

Massa molar NaCl = 58,5 g/mol

Massa NaCl yang dibutuhkan =

$$(1.000.000.000 \text{ mol}) \times \left(58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \\ 58.500.000.000 \text{ g atau } 58.500 \text{ ton.}$$

Maka, secara teoritis, untuk memproduksi 40.000 ton NaOH per tahun, dibutuhkan sekitar 58.500 ton NaCl per tahun. Dengan sumber limbah brine yaitu PLTU di pulau

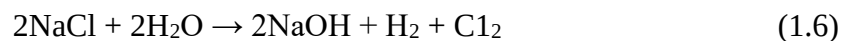
Jawa yang berpotensi menghasilkan limbah larutan garam jenuh mencapai 1,8 juta ton garam/tahunnya (Kementrian Koordinator, 2024). Maka dengan jumlah debit bahan baku limbah brine yang tinggi dari setiap PLTU di pulau jawa, dapat dipastikan bahwa kebutuhan NaCl untuk memproduksi 40.000 ton NaOH per tahun terpenuhi.

1.3 Tinjauan Pustaka

Sodium 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 sodium hidroksida dalam air merupakan reaksi eksotermis. Selain itu senyawa ini juga sangat mudah menyerap kelembaban dan karbon monoksida di udara. Dengan sifat-sifat tersebut, sodium hidroksida banyak dimanfaatkan dalam industri tekstil, kertas, sabun, dsb (O'Brien, 2004).

1.3.1 Jenis-jenis Proses

Pembuatan sodium hidroksida dapat dilakukan melalui proses elektrolisis. Pada tahun 1892, elektrolisis air garam ditemukan sebagai metode pembuatan baik sodium hidroksida dan klorin, dan sejak tahun 1960an telah terjadi satu-satunya metode pembuatan sodium hidroksida dengan proses elektrolisis (Speight, 2001). Dengan reaksi:



Sodium hidroksida di produksi secara komersial dalam 2 bentuk: sebagai 50% wt solution (produk yang paling umum) dan dalam keadaan padat (caustic soda) seperti prills, flakes, atau dalam bentuk cor (Fritz Ullmann, 2005).

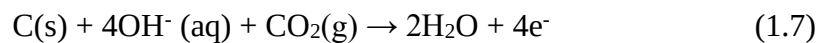
Produk utama dari industri alkali dan klorin (ChlorAlkali) adalah sodium hidroksida (soda api), klorin, natrium karbonat (soda ash), kalium hidroksida (kaustik

kalium) dan asam hidroklorida (asam muritatik) (Bockris, 1980). Ada tiga jenis sel elektrolitik yang digunakan secara komersial untuk produksi klor-alkali:

a. Sel Diafragma

Pada tahun 1890-an, suatu proses baru untuk produksi sodium hidroksida dan klorin dikembangkan dan penggunaannya berkembang dengan cepat, yaitu pembuatan sodium hidroksida dan klorin dari larutan garam secara elektrolisis. Sodium hidroksida dan klorin dapat bereaksi membentuk sodium hipoklorit (NaClO) dengan reaksi lebih lanjut untuk menghasilkan sodium klorat (NaClO_3) pada temperatur operasi diatas 400°C . Untuk mencegah hal tersebut, maka ruang katode dan anode dipisahkan menggunakan sekat yang disebut diafragma, sehingga sel ini dinamakan sel diafragma. Teknik utama untuk elektrolisis di Amerika Serikat ialah sel diafragma.

Sel diafragma juga menjaga 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. Sel diafragma yang lama menggunakan anode grafit dan katode berupa kotak baja dengan sisi yang berpori. Apabila digunakan elektrode grafit, maka akan terjadi reaksi berikut:



Karbon Hidroksida Karbon dioksida Air Dengan demikian, anoda harus diganti secara rutin. Diafragma terbuat dari bahan yang mempunyai sifat permeabilitas, seperti asbes atau fluoro carbon yang ditempatkan pada selaput berpori. Awalnya, diafragma yang digunakan terbuat dari asbes. Diafragma itu kemudian tersumbat karena pemakaian dan ini akan terihat dari penurunan voltase. Diafragma itu harus diganti secara berkala. Sel yang menggunakan anode, yang terbuat dari titanium yang dilapisi platinum, ruthenium, iridium jarang menyebabkan diafragma tersumbat sehingga sel dapat beroperasi selama 12-24 tanpa pergantian diafragma.

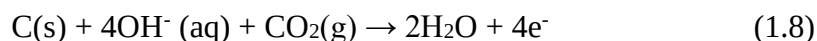
Keuntungan utama dari sel diafragma adalah dapat berjalan pada larutan garam encer (20%), air garam yang cukup tidak murni. Air garam encer tersebut menghasilkan sodium hidroksida encer (biasanya 11% NaOH dengan 15% NaCl) yang terkontaminasi dengan natrium klorida sebagai produk. Diperlukan konsentrasi pada kekuatan pengiriman biasa sebesar 50%, dan ini menghabiskan banyak energi bahkan ketika multiple effect evaporator digunakan. Untuk menghasilkan 1 ton kaustik 50% air yang harus diuapkan mencapai 2600 kg. Walaupun garam tidak terlalu larut dalam larutan kaustik, ion klorida yang masih tertinggal sedikit itu tidak dapat diterima bagi industri. Sodium klorat juga merupakan masalah jika kaustik itu hendak digunakan pada pembuatan gliserin, sodium sulfat, sodium hidrosulfat, dan bahan kimia lainnya.

Larutan dari ruangan katode dipekatan dengan penguapan air agar konsentrasi NaOH bertambah dan pemurniari NaOH dilakukan dengan pengkristalan NaCl (p). Hasil akhir dalam proses klor—alkali tersebut adalah 50% NaOH (aq) dengan sekitar 1% NaCl berupa pengotoran. Cl_2 (g) dapat mengandung sekitar 1,5% O_2 (g) disebabkan proses oksidasi (O'Brien, 2004).

Pada tahun 1890-an, suatu proses baru untuk produksi sodium hidroksida dan klorin dikembangkan dan penggunaannya berkembang dengan cepat, yaitu pembuatan sodium hidroksida dan klorin dari larutan garam secara elektrolisis. Sodium hidroksida dan klorin dapat bereaksi membentuk sodium hipoklorit (NaClO) dengan reaksi lebih lanjut untuk menghasilkan sodium klorat (NaClO_3) pada temperatur operasi diatas 400°C . Untuk mencegah hal tersebut, maka ruang katode dan anode dipisahkan menggunakan sekat yang disebut diafragma, sehingga sel ini dinamakan sel diafragma. Teknik utama untuk elektrolisis di Amerika Serikat ialah sel diafragma.

Sel diafragma juga menjaga 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. Sel diafragma yang lama menggunakan anode grafit dan katode berupa kotak baja dengan sisi yang berpori. Apabila digunakan elektrode grafit, maka akan terjadi reaksi berikut:



Karbon Hidroksida Karbon dioksida Air Dengan demikian, anoda harus diganti secara rutin. Diafragma terbuat dari bahan yang mempunyai sifat permeabilitas, seperti asbes atau fluoro carbon yang ditempatkan pada selaput berpori. Awalnya, diafragma yang digunakan terbuat dari asbes. Diafragma itu kemudian tersumbat karena pemakaian dan ini akan terihat dari penurunan voltase. Diafragma itu harus diganti secara berkala. Sel yang menggunakan anode, yang terbuat dari titanium yang dilapisi platinum, ruthenium, iridium jarang menyebabkan diafragma tersumbat sehingga sel dapat beroperasi selama 12-24 tanpa pergantian diafragma.

Keuntungan utama dari sel diafragma adalah dapat berjalan pada larutan garam encer (20%), air garam yang cukup tidak murni. Air garam encer tersebut menghasilkan sodium hidroksida encer (biasanya 11% NaOH dengan 15% NaCl) yang terkontaminasi dengan natrium klorida sebagai produk. Diperlukan konsentrasi pada kekuatan pengiriman biasa sebesar 50%, dan ini menghabiskan banyak energi bahkan ketika multiple effect evaporator digunakan. Untuk menghasilkan 1 ton kaustik 50% air yang harus diuapkan mencapai 2600 kg. Walaupun garam tidak terlalu larut dalam larutan kaustik, ion klorida yang masih tertinggal sedikit itu tidak dapat diterima bagi industri. Sodium klorat juga merupakan masalah jika kaustik itu hendak digunakan pada pembuatan gliserin, sodium sulfat, sodium hidrosulfat, dan bahan kimia lainnya.

Larutan dari ruangan katode dipisahkan dengan penguapan air agar konsentrasi NaOH bertambah dan pemurnian NaOH dilakukan dengan pengkristalan NaCl (p). Hasil akhir dalam proses klor—alkali tersebut adalah

50% NaOH (aq) dengan sekitar 1% NaCl berupa pengotoran. Cl_2 (g) dapat mengandung sekitar 1,5% O_2 (g) disebabkan proses oksidasi (O'Brien, 2004).

b. Sel Merkuri (1892)

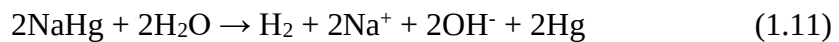
Sel Merkuri beroperasi sangat berbeda dari jenis lainnya. Anoda tetap menjadi grafit atau titanium yang dimodifikasi seperti sebelumnya, tetapi katoda adalah kumpulan merkuri yang mengalir. Elektrolisis menghasilkan paduan merkuri-natrium yang tidak terurai oleh air garam yang ada. Sel merkuri dapat beroperasi menggunakan larutan garam encer sama seperti diafragma.

Ketika jumlah air yang tepat digunakan, 50% NaOH dengan kandungan garam yang sangat rendah (30 ppm) menjadi produk langsung tanpa memerlukan penguapan. Hilangnya merkuri dalam jumlah kecil ke lingkungan menghadirkan masalah yang ekstrim.

Suatu proses elektrolisis dalam industri alkali yang menghasilkan NaOH (aq) dengan kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan sel diafragma adalah sel merkuri. Dalam elektrosis tersebut, anodanya terbuat dari grafit atau titanium, tetapi katodenya adalah kolam aliran raksa (merkuri). Dalam sel merkuri, reaksi elektroda adalah:



dan amalgam natrium dihidrolisis:



dengan adanya katalis dalam reaktor terpisah yang dikenal sebagai denuder. Potensi sel reversibel - 3,16 V dan, asalkan anodanya adalah DSA, kelebihan muatan yang terkait dengan reaksi elektroda sangat rendah. Normal tegangan sel sekitar -4,50 V dan tegangan tambahan diperlukan untuk menggerakkan arus melalui celah Hg-DNA, elektroda dan sambungan sel dan busbar.

Sel merkuri berdimensi 15 x 2 x 0,3 m, dengan dasar baja yang sedikit miring dari ujung ke ujung sehingga air raksa bisa mengalir di sepanjang bagian bawah sel. Dilapisi, titanium diperluas anoda stabil dimensi (DSA), masing-

masing perkiraan dimensi 30 x 30 cm, masukkan sel dari atas dan disusun sejajar dengan permukaan Hg dengan celah katoda anoda kurang dari 1 cm. Sel akan memiliki sekitar 250 anoda semacam itu sehingga sebagian besar merkuri ditutupi oleh anoda; sel mendekati konfigurasi pelat sejajar horizontal. Konsentrasi air garam 25% dan suhu 60°C mengalir melalui sel dan keluar dengan konsentrasi 17% dapat diumpan kembali melalui deposit garam atau, setelah perawatan. Gas klor meninggalkan sel di bagian atas sementara natrium amalgam (sekitar 0,5% natrium) di bagian dasar, melewati dua washing weirs untuk menghilangkan semua larutan natrium klorida dan masuk ke dalam denuder (bejana reaksi silindris yang dikemas dengan bola grafit penuh dengan logam transisi (misalnya Fe atau Ni) untuk mengkatalisasi amalgam penguraian).

Campuran natrium amalgam dan volume air murni yang terkontrol dapat menurunkan grafit dan bereaksi. Telah dicatat di atas bahwa reaksi air amalgam natrium secara kinetis terhalang; Di sisi lain, reaksi terjadi cepat di denuder dan sangat eksotermik, karena logam transisi menyediakan permukaan alternatif untuk merkuri untuk reaksi evolusi hidrogen. Reaksi di dalam denuder terjadi oleh jenis mekanisme korosi, reaksinya:



terjadi pada bagian yang berbeda dari permukaan grafit yang terimpregnasi namun pada tingkat yang sama bahwatidak ada arus bersih yang mengalir. Gas hidrogen keluar dari bagian atas denuder, dan merkuri untuk resirkulasi ke sel dan sodium hidroksida berair terpisah di bagian bawah. Oleh karena itu, dengan mengendalikan laju umpan air, adalah mungkin menghasilkan soda kaustik 50% secara langsung.

c. Sel Membran (1970)

Sel membran menggunakan membran semipermeabel untuk memisahkan kompartemen anoda dan katoda. Dengan sel diafragma, migrasi kembali ion dikendalikan oleh laju aliran cairan melalui diafragma, dan ini diatur dengan kontrol tingkat cairan yang hati-hati di kompartemen. Sel membran memisahkan kompartemen dengan lembaran plastik aktif berpori yang memungkinkan ion natrium melewatinya namun menolak ion hidroksil (Austin, 1945).

Proses elektrolisis larutan garam (*brine*) dengan menggunakan sel membran merupakan teknologi paling modern dalam industri klor alkali. Beberapa jenis polimer dikembangkan untuk digunakan sebagai membran dalam industri tersebut. Du Pont mengembangkan polimer asam perfluorosulfonat (Nafion), sedangkan Ashai menggunakan membran berlapis banyak yang terdiri dari polimer asam perfluorosulfonat yang dilapisi pada satu sisinya dengan polimer asam perfluorokarboksilat. Untuk memberikan kekuatan mekanik membran, membran umumnya diperkuat dengan PTFE (polytetrafluoroethylene) serat (Austin, 1945).

Dalam sel membran tersebut, ruang anoda dan ruang katoda dipisahkan oleh suatu membran yang dapat dilalui oleh kation (ion positif) atau disebut juga membran penukar ion. Membran penukar ion tersebut memiliki peranan penting yaitu 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 bereampur dengan larutan garam.

Tujuan membran adalah untuk mengeluarkan ion OH^- dan Cl^- dari ruang anoda. Sehingga membuat produk jauh lebih rendah garam daripada dari sel diafragma. Sel membran beroperasi dengan menggunakan, larutan garam yang lebih pekat 23%-28% dan menghasilkan produk yang lebih murni dan lebih

pekat (28% NaOH yang mengandung 50 ppm NaCl; dan produk dengan 40% NaOH). Larutan garam sodium hidroksida jenuh yang mengandung ion-ion Na^+ and Cl^- dialirkan ke dalam ruang anoda, sedangkan pada ruang katoda diisi air tawar. Suatu arus searah (DC) kemudian dialirkan melalui sel tersebut. Produk tersebut hanya membutuhkan 715 kg air untuk diuapkan untuk menghasilkan metrik ton kaustik, penghematan yang cukup besar. Sel membran, menghasilkan NaOH yang relatif pekat menawarkan kemungkinan pengoperasian pada titik penggunaan kaustik, sehingga menghemat pengiriman. Unit kecil yang efisien dapat menyebabkan revolusi dalam distribusi industri klor-alkali. Sebuah sel membran 20 kali lebih besar dari sel-sel sebelumnya dimana unit sel semacam itu dapat menghasilkan 240 ton klorin per tahun. (Austin, 1984)

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

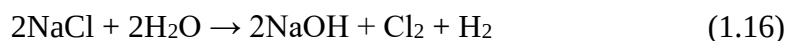
Katoda :



Anoda :



Selanjutnya, ion-ion sodium (Na^+) yang berpindah dari anoda ke katoda bereaksi dengan ion-ion hidroksida (OH^-) menghasilkan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 32-35%. Untuk mencapai konsentrasi soda api 50%, larutan kaustik yang diproduksi harus dipekatkan dengan penguapan yang terkonsentrasi di vaporizer (O'Brien, 2007). Reaksi elektrolisis larutan garam (NaCl) secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:



1.3.2 Pemilihan Proses

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

Tabel 1.7 Tabel Perbandingan Jenis Proses

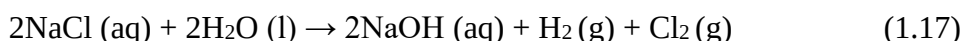
Kriteria	Sel Diafragma	Sel Membran	Sel Merkuri
Penggunaan	Produksi NaOH dan Cl ₂	Produksi NaOH dan Cl ₂	Produksi NaOH dan Cl ₂
Elektrolit	Larutan NaCl	Larutan NaCl	Larutan NaCl
Jenis Pemisah	Diafragma asbes atau polimer	Membran polimer semipermeabel	Merkuri cair sebagai katoda
Kemurnian Produk	Sedang (kontaminasi dapat terjadi)	Tinggi (kontaminasi rendah)	Sangat tinggi (kemurnian produk tinggi)
Efisiensi Energi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Biaya Operasional	Relatif lebih murah	Lebih tinggi	Tinggi
Dampak Lingkungan	Moderat (risiko kebocoran elektrolit)	Rendah (pengelolaan yang lebih baik)	Tinggi (merkuri berbahaya)
Keamanan	Cukup aman	Cukup aman	Berisiko tinggi (merkuri berbahaya)

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

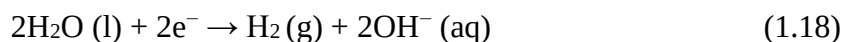
Untuk reaksi elektrolisis NaCl dalam air (H_2O), yang menghasilkan NaOH (Natrium Hidroksida), H_2 (gas hidrogen), dan Cl_2 (gas klorin), reaksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

Reaksi Elektrolisis NaCl dan H_2O :



Reaksi ini terjadi dalam dua proses terpisah:

1. Reaksi di katoda (reduksi): $\text{H}_2\text{O (l)}$ tereduksi menjadi H_2 (gas) dengan melepaskan elektron.



2. Reaksi di anoda (oksidasi): Cl^- (ion klorida) teroksidasi menjadi gas klorin.



Perubahan Entalpi (ΔH) dan Energi Bebas Gibbs (ΔG):

1. Perubahan Entalpi (ΔH)

Untuk mengetahui perubahan entalpi dari reaksi elektrolisis ini, kita dapat menggunakan data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) dari masing-masing komponen yang terlibat dalam reaksi.

ΔH_f° standar (kJ/mol) untuk beberapa zat yang terlibat:

- NaCl (aq) : -411 kJ/mol
- NaOH (aq) : -469 kJ/mol
- $\text{H}_2\text{O (l)}$: -285,83 kJ/mol
- $\text{H}_2 \text{ (g)}$: 0 kJ/mol (karena gas hidrogen berada dalam keadaan standar)
- $\text{Cl}_2 \text{ (g)}$: 0 kJ/mol (karena gas klorin berada dalam keadaan standar)

Untuk menghitung ΔH reaksi, gunakan persamaan:

$$\Delta H_{reaksi} = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reaktan}) \quad (1.20)$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{reaksi} &= \left[2 \times \left(-469 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) + 0 + 0 \right] - \left[2 \times \left(-411 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) + 2 \times \left(-285,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) \right] \\ \Delta H_{reaksi} &= \left[-938 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] - \left[-822 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 571,66 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] \\ \Delta H_{reaksi} &= -938 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (-1393,66 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) \\ \Delta H_{reaksi} &= 455,66 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

Jadi, ΔH reaksi = 455,66 kJ/mol (nilai positif menunjukkan bahwa reaksi ini memerlukan energi (endotermik)).

2. Perubahan Energi Bebas Gibbs (ΔG)

Perubahan energi bebas Gibbs (ΔG) untuk reaksi elektrolisis juga dapat dihitung menggunakan data ΔG_f° (energi bebas Gibbs standar pembentukan).

ΔG_f° standar (kJ/mol) untuk beberapa zat yang terlibat:

- NaCl (aq): -384,6 kJ/mol
- NaOH (aq): -379,3 kJ/mol
- H₂O (l): -237,13 kJ/mol
- H₂ (g): 0 kJ/mol
- Cl₂ (g): 0 kJ/mol

Dengan menggunakan persamaan yang sama:

$$\begin{aligned}\Delta G_{reaksi} &= \sum \Delta G_f^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta G_f^\circ (\text{reaktan}) \quad (1.21) \\ \Delta G_{reaksi} &= \left[2 \times \left(-379,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) + 0 + 0 \right] - \left[2 \times \left(-384,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) + 2 \times \left(-237,13 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) \right] \\ \Delta G_{reaksi} &= \left[-758,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] - \left[-769,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 474,26 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] \\ \Delta G_{reaksi} &= -758,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (-1243,46 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) \\ \Delta G_{reaksi} &= 484,86 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

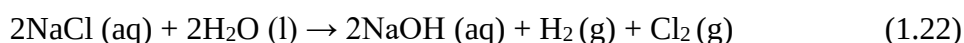
Jadi, ΔG reaksi = 484,86 kJ/mol, nilai positif yang menunjukkan bahwa reaksi ini tidak spontan pada kondisi standar, dan memerlukan energi eksternal (seperti listrik) untuk dapat terjadi.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

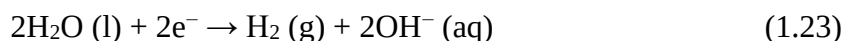
Kinetika reaksi elektrolisis $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ menggambarkan proses pemisahan ion-ion dalam larutan NaCl dan air menggunakan arus listrik. Reaksi ini terjadi di dua elektroda (katoda dan anoda), dan tiap elektroda mengalami proses reaksi yang berbeda. Secara umum, kinetika reaksi elektrolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi ion, kecepatan aliran arus listrik, dan potensial elektroda.

Reaksi Elektrolisis $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$:

Reaksi secara keseluruhan:



Proses di Katoda (Reaksi Reduksi):



Pada katoda, ion H^+ dari air (H_2O) akan direduksi menjadi gas hidrogen (H_2). Reduksi H_2O menjadi H_2 (gas) dan OH^- terjadi pada katoda, yang bergantung pada jumlah arus listrik dan konsentrasi ion H_2O . Semakin besar arus listrik dan konsentrasi ion H_2O , semakin cepat reaksi ini terjadi.

Proses di Anoda (Reaksi Oksidasi):



Pada anoda, ion klorida (Cl^-) mengalami oksidasi menjadi gas klorin (Cl_2). Oksidasi Cl^- menjadi Cl_2 terjadi pada anoda. Reaksi ini bergantung pada konsentrasi ion klorida (Cl^-) dan potensial elektroda pada anoda. Ketika konsentrasi ion klorida cukup tinggi, reaksi ini berjalan lebih cepat.

Kinetika dari reaksi elektrolisis ini dapat dijelaskan oleh hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat yang terlibat dalam reaksi elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah arus yang mengalir dalam sel elektrolisis. Persamaan yang

menghubungkan arus listrik (I), waktu (t), dan jumlah mol zat yang terbentuk dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q = I \cdot t \quad (1.25)$$

$$n = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot t}{F} \quad (1.26)$$

Dimana:

- Q adalah jumlah muatan (Coulomb)
- I adalah arus listrik (A)
- t adalah waktu (detik)
- n adalah jumlah mol zat yang terlibat dalam reaksi
- F adalah konstanta Faraday (sekitar 96485 C/mol)

Reaksi elektrolisis ini adalah proses yang tergantung pada konsentrasi ion, yang berarti konsentrasi ion NaCl dan H₂O mempengaruhi laju reaksi. Semakin tinggi konsentrasi ion yang terlibat, semakin cepat laju elektrolisisnya, asalkan konsentrasi ion H⁺ dan Cl⁻ cukup tinggi untuk memastikan kelangsungan reaksi di masing-masing elektroda. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinetika:

1. Konsentrasi Ion: Kecepatan reaksi elektrolisis sangat dipengaruhi oleh konsentrasi ion yang tersedia dalam larutan. Misalnya, semakin tinggi konsentrasi NaCl dalam larutan, semakin cepat reaksi oksidasi klorida (Cl⁻) dan reduksi air menjadi hidrogen (H₂).
2. Arus Listrik (I): Semakin besar arus yang diberikan ke sistem elektrolisis, semakin banyak ion yang terurai, yang menghasilkan lebih banyak produk pada katoda dan anoda.

3. Temperatur: Pada temperatur yang lebih tinggi, resistansi larutan akan menurun, yang dapat meningkatkan laju reaksi elektrolisis. Namun, temperatur yang terlalu tinggi bisa merusak elektrode dan mengubah komposisi produk.
4. Potensial Elektroda: Setiap reaksi elektrolisis memiliki potensial elektroda standar tertentu. Misalnya, untuk reaksi oksidasi Cl^- menjadi Cl_2 , potensial elektroda yang dibutuhkan adalah sekitar +1,36 V (dalam kondisi standar).
5. Tegangan Sel Elektrolisis: Seluruh sistem harus diberi tegangan listrik yang cukup untuk mengatasi potensi hambatan pada kedua elektroda agar reaksi dapat berjalan efektif. Tegangan yang digunakan seringkali lebih tinggi dari potensi elektrode standar untuk mengatasi hambatan lain dalam sistem.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk mencapai kualitas produk yang memenuhi target, terdapat proses produksi sodium hidroksida yang dibangun berdasarkan empat variabel utama: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan bahan pendukung, pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk

Sifat Fisis	Produk		
	Sodium Hidroksida	Clorine	Hidrogen
Rumus molekul	NaOH	Cl ₂	H ₂
Berat molekul, g/mol	40,00	71,00	2,02
Specific gravity	2,13	2,49	0,00133
Titik didih, °C	1.388,00	-34,05	-253
Titik lebur, °C	318,00	-100,98	-240,15
Densitas g/cm³	2,13	2,49	0,00133
Viskositas cP	78,00	N/A	N/A
Kemurnian, %berat	85,00	100,00	100,00
Kelarutan, g/100g air	100.0	7,41	N/A
Fase	Solid	Gas	Gas

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Sifat Fisis	Rumus Molekul	Berat Molekul (g/mol)	Specific Gravity	Titik Didih (°C)	Titik Lebur (°C)	Densitas (g/cm ³)	Viskositas (cP, 25°C)	Kemurnian (% berat)	Fase
Bahan Baku									
Natrium Klorida	NaCl	58,44	2,16	1.465	801	2,16	-	4,44%	Cair
Kalium Klorida	KCl	74,55	1,98	1.420	770	1,98	-	0,16%	Cair
Kalsium Klorida	CaCl ₂	110,98	2,15	1.935	772	2,15	-	0,09%	Cair
Magnesium Klorida	MgCl ₂	95,21	2,32	1.412	714	2,32	-	0,31%	Cair
Kalsium Sulfat	CaSO ₄	136,14	2,96	1460	1.460	2,96	-	0,12%	Cair
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	120,37	2,66	1124	1.124	2,66	-	0,69%	Cair
Air	H ₂ O	18,02	1,00	100	0	1,00	0,89	94,19%	Cair
Bahan Pendukung									
Natrium Karbonat	Na ₂ CO ₃	105,99	2,54	Terurai	851	2,54	-	≥ 99%	Padat
Natrium Hidroksida	NaOH	39,99	2,13	1.388	318	2,13	0,98	≥ 99%	Padat
Barium Klorida	BaCl ₂	208,23	3,86	1.560	962	3,86	-	≥ 99%	Padat
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	98,08	1,84	337	10	1,84	22,5	≥ 98%	Cair

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu proses yang bertujuan untuk mencapai kualitas yang diinginkan dengan cara mengidentifikasi, mengukur, dan mengendalikan faktor-faktor yang dapat memengaruhi kualitas (Montgomery, 2013). Selain itu, pengendalian kualitas juga merupakan serangkaian kegiatan yang digunakan untuk memastikan bahwa produk atau jasa memenuhi standar yang telah ditetapkan (Feigenbaum, 1991).

Pengendalian kualitas di pabrik Sodium Hidroksida meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, serta pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku ini dimaksudkan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan sodium hidroksida dengan kemurnian 93%. Spesifikasi dan standar yang ditentukan untuk dimasukkan dalam tahap berikutnya menunjukkan pengendalian kualitas bahan mentah. Prosedur ini digunakan untuk mendapatkan reaksi yang dapat diterima dan memberikan standar kualitas produk sesuai desain.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Beberapa kontrol yang akan dijalankan dan di *setting* pada kondisi tertentu diantaranya:

1. *Level Controller (LC)*

Pengontrol level adalah perangkat yang digunakan untuk memantau dan mengontrol jumlah cairan dalam wadah atau reservoir. Pengontrol level menggunakan sensor untuk memantau level cairan. Unit kontrol kemudian memproses sinyal sensor dan memberikan instruksi, seperti menghidupkan atau mematikan pompa, membuka atau menutup katup, atau membunyikan alarm.

2. *Level Indicator (LI)*

Level Indicator adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan menunjukkan ketinggian atau level suatu fluida (cairan atau gas) dalam sebuah tangki, wadah, atau sistem industri. Level indicator tidak mengontrol level cairan secara otomatis, tetapi hanya memberikan informasi visual atau sinyal untuk pemantauan.

3. *Temperature Controller (TC)*

Pengontrol suhu adalah alat untuk menjaga dan mengendalikan suhu dalam sistem atau proses tertentu. Alat ini bekerja dengan cara mengukur suhu

pada saat tersebut menggunakan sensor, membandingkan dengan suhu target (*setpoint*), kemudian mengaktifkan elemen pemanas atau pendingin untuk mencapai dan mempertahankan suhu yang ditentukan.

4. *Flow Rate Controller (FC)*

Pengontrol laju aliran adalah alat untuk mengatur dan mengendalikan laju aliran fluida (cairan atau gas) dalam suatu sistem. Cairan ini bisa berupa air, minyak, bahan kimia, atau yang lainnya. Pengontrol laju aliran menggunakan sensor untuk mengukur laju aliran fluida. Unit kontrol memproses sinyal sensor dan kemudian memberikan instruksi tentang cara mengatur elemen kontrol aliran.

5. *Pressure Controller (PC)*

Pengontrol tekanan melindungi tekanan sistem dengan menjaganya dalam batas aman dan optimal. Perangkat ini menggunakan sensor tekanan untuk memantau jumlah gas atau cairan. Pengontrol kemudian membandingkan pembacaan dengan tekanan yang dikehendaki. Jika terjadi penyimpangan maka akan memicu sistem seperti katup, kompresor, atau pompa untuk mengatur tekanan. Hal ini menjamin bahwa aktivitas yang memerlukan tekanan tertentu, seperti mencegah ledakan pada boiler atau memastikan aliran yang berkelanjutan dalam pipa, berjalan secara efektif dan aman.

6. *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

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

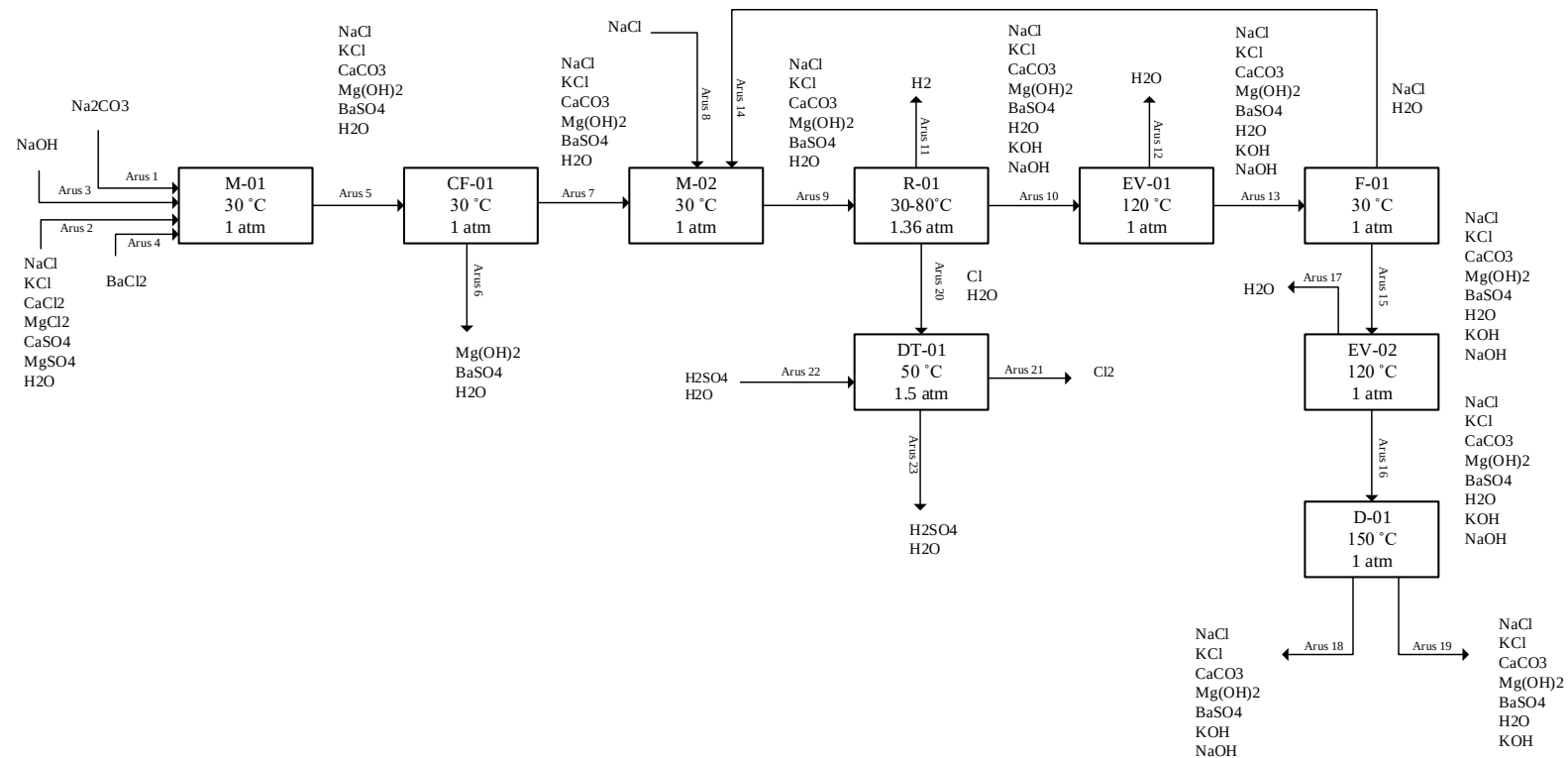
Pengendalian kualitas produk di sini berupaya untuk menciptakan produk sodium hidroksida sesuai rencana, dan untuk mengetahui produk yang dihasilkan memenuhi kriteria kemurnian laboratorium yaitu 93% Sodium Hidroksida. Pengendalian kualitas ini nantinya akan mengukur produk sodium hidroksida yang dipindahkan dari tangki penyimpanan ke wadah.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

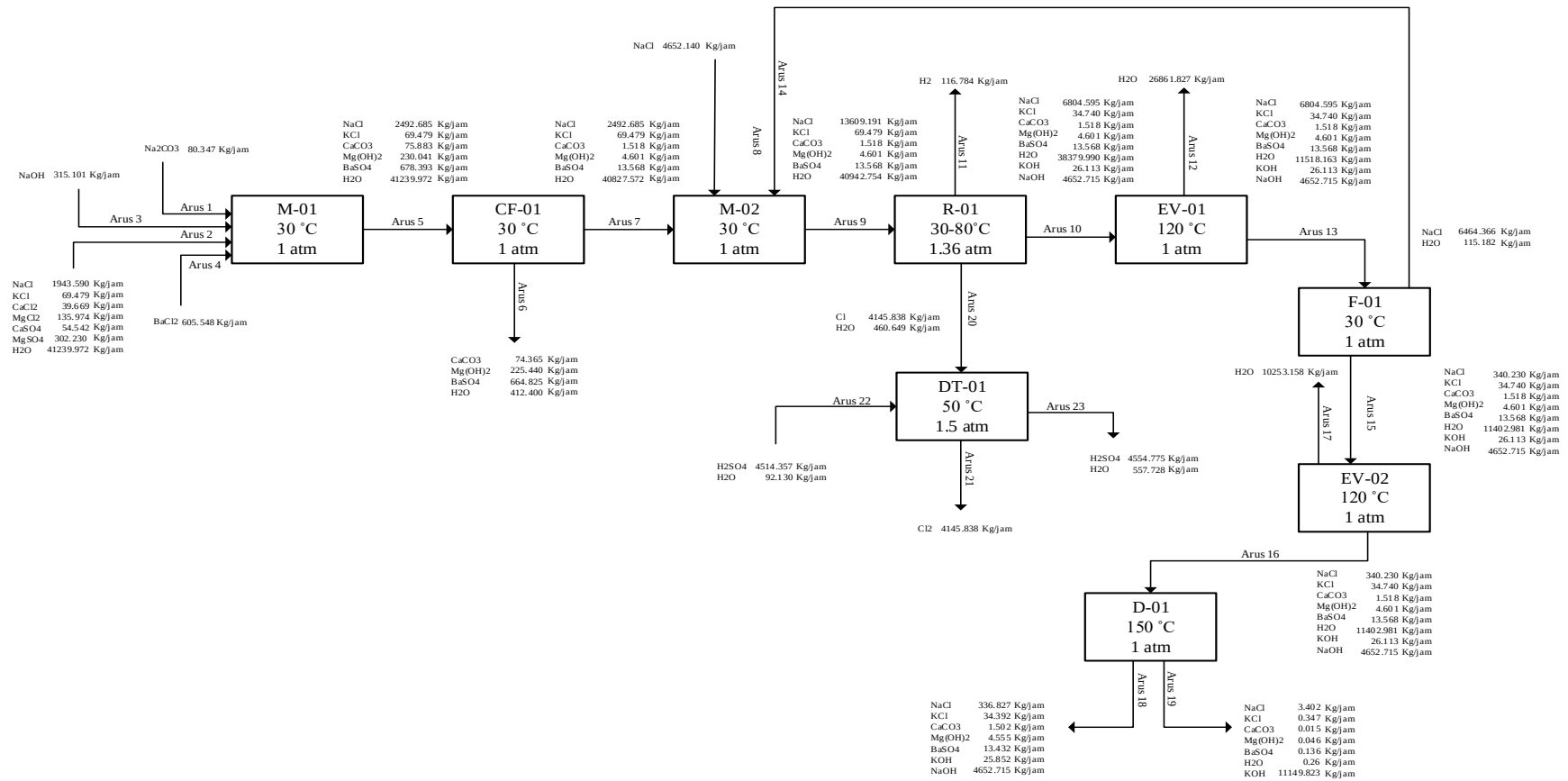
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Dalam perancangan pabrik sodium hidroksida dari limbah *brine* ini, unit prosesnya dibagi menjadi 3 kelompok proses yaitu:

1. Proses *Brine Purification*
2. Proses *Brine Electrolysis*
3. Proses *product purification*

3.2.1 Proses *Brine Purification*

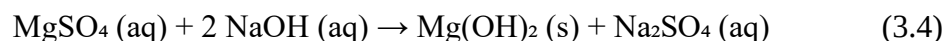
Brine awal yang disimpan dalam tangki (T-10) selain mengandung NaCl (Natrium Klorida) 4,44% juga mengandung impurities seperti kalium KCl (Kalium Klorida) 0,16%, CaCl₂ (Kalsium Klorida) 0,09%, MgCl₂ (Magnesium Klorida) 0,31%, CaSO₄ (Kalsium Sulfat) 0,12%, MgSO₄ (Magnesium Sulfat) 0,69%. *Brine* kemudian diumpankan ke mixing tank (M-01) untuk direaksikan dengan reagen kimia seperti soda abu (Na₂CO₃) kemurnian 99% yang berasal dari silo (SL-01) dan hidroksida naftalenat (caustic soda, NaOH) kemurnian 99% yang juga berasal dari silo (SL-02). Proses ini bertujuan untuk membentuk padatan solid yang lebih mudah diisolasi dari larutan *brine*. Reaksi yang terjadi dalam mixing tank mengikuti prinsip kesetimbangan kelarutan dan reaksi pertukaran ion berdasarkan kelarutan senyawa dalam air.

1. Reaksi Pengendapan Kalsium (Ca²⁺) dengan Karbonat (CO₃²⁻)



Kelarutan kalsium karbonat (CaCO₃) sangat rendah, sehingga ketika ion Ca²⁺ bertemu dengan ion CO₃²⁻ dari Na₂CO₃, bereaksi membentuk endapan CaCO₃. Baik CaCl₂ maupun CaSO₄ mengandung Ca²⁺, sehingga Ca²⁺ dari kedua senyawa ini bereaksi dengan CO₃²⁻ untuk membentuk CaCO₃. Na₂CO₃ larut dalam air, sehingga dapat melepaskan CO₃²⁻ yang bereaksi dengan Ca²⁺.

2. Reaksi Pengendapan Magnesium (Mg²⁺) dengan Hidroksida (OH⁻)



Mg(OH)₂ memiliki kelarutan yang sangat rendah, sehingga saat Mg²⁺ bertemu dengan OH⁻ dari NaOH, bereaksi membentuk endapan Mg(OH)₂. NaOH adalah basa kuat, yang terdisosiasi sepenuhnya menjadi Na⁺ dan OH⁻. Mg²⁺ dari MgCl₂ dan MgSO₄ bereaksi dengan OH⁻, sehingga terbentuk Mg(OH)₂ sebagai endapan. Produk lainnya (NaCl dan Na₂SO₄) tetap larut dalam air.

3. Reaksi Pengendapan Sulfat (SO₄²⁻)



Reaksi ini terjadi karena BaSO₄ memiliki kelarutan yang sangat rendah dalam air (sekitar 0,00002 g/100 mL pada 25°C). Kadar kelarutannya yang sangat rendah menyebabkan BaSO₄ tidak bisa larut lebih jauh dalam larutan dan akan mengendap saat ion Ba²⁺ (dari BaCl₂) bertemu dengan ion SO₄²⁻ (dari Na₂SO₄). Sebaliknya, NaCl memiliki kelarutan yang sangat tinggi dalam air, sehingga tetap berada dalam bentuk larutan.

Tabel 3.1 Kelarutan reaksi impuritas pada *mixing tank-01*

Senyawa	Kelarutan (g/100 mL air, 25°C)	Penjelasan
CaCO ₃ (Kalsium Karbonat)	0,0013 g/100 mL	Sangat sedikit larut dalam air, digunakan dalam proses pengendapan.
Mg(OH) ₂ (Magnesium Hidroksida)	0,0009 g/100 mL	Sangat tidak larut dalam air, kelarutannya dapat meningkat dalam larutan basa.
BaSO ₄ (Barium Sulfat)	0,00002 g/100 mL	Sangat tidak larut dalam air, digunakan untuk mengendapkan ion SO ₄ ²⁻ .

Setelah reaksi kimia, campuran larutan *brine* dan sludge dialirkan ke centrifuge (CF-01) dengan efektifitas 95% untuk memisahkan liquid dari padatan melalui sedimentasi. Sebelum melakukan sentrifugas, campuran tersebut dicampur secara homogen dengan menggunakan mixing tank untuk mendapatkan distribusi sempurna antara cairan dan padatan. Langkah sentrifugas merupakan salah satu cara efektif untuk memisahkan cairan dari padatan. Sentrisfuga bekerja dengan prinsip gaya sentripetal

yang membuat cairan bergerak ke luar sedangkan padatan tetap di tengah-tengah drum. Hasilnya adalah cairan yang jernih dan padatan yang terkumpul bersama-sama. Padatan yang terbentuk berupa lumpur yang mengandung impurities seperti CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, dan BaSO_4 kemudian dialirkan menuju unit waste water treatment.

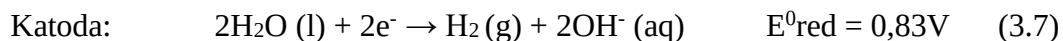
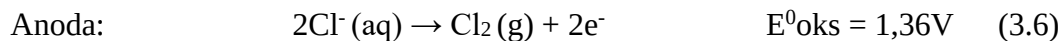
Selanjutnya, larutan *brine* dengan kemurnian NaCl 5% dibawa ke mixing tank tahap kedua (M-02) untuk diaduk secara homogen dengan tambahan NaCl padatan dengan kemurnian 98% serta NaCl *recycle* kemurnian 98%. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk NaOH nantinya.

3.2.2 Proses *Brine Electrolysis*

Setelah proses *brine purification*. Larutan *brine* diumpankan menuju Reaktor *diaphragm electrolyzer* (R-01). Larutan *brine* akan masuk menuju ruang anoda pada *diaphragm electrolyzer*. *Diaphragm electrolyzer* yang digunakan yaitu produk reaktor elektrolisis buatan *asahi kasei's* tipe *ML32NC*. Kondisi operasi pada R-01 yaitu tekanan 1,36 atm dan suhu 80°C dengan konversi sebesar 50% (Patent google, EP0427972A1).

Pada anoda, ion-ion klorida yang terkandung dalam larutan *brine* akan teroksidasi menjadi gas klorin (Cl_2) sedangkan pada katoda, ion-ion hidrogen dalam air akan tereduksi menjadi gas hidrogen (H_2). *Cell voltage* pada elektrolisa ini yaitu 2,5 - 4 volt dengan *current density* 5 A/in^2 (O'Brien, 2004).

Reaksi yang terjadi adalah sebaagai berikut:



$$E^0_{\text{sel}} = 2,19 \text{ V}$$

Gas hidrogen dan klorin yang terbentuk akan keluar pada bagian atas *diaphragm 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 sodium hidroksida dengan konsentrasi 32- 35% (O'Brien, 2004). Sisa larutan *brine* yang tidak terkonversi akan tetap terbawa oleh Larutan NaOH, sehingga diperlukan purifikasi lebih lanjut untuk meningkatkan kemurnian produk.

Setelah proses elektrolisis, gas-gas yang dihasilkan (Cl_2 dan H_2) biasanya mengandung impuritas yang harus dihilangkan agar kualitasnya baik. Pada umumnya, gas klorin dapat mengandung uap air atau gas-gas lainnya, sementara gas hidrogen bisa mengandung oksigen. Pemurnian klorin dilakukan dengan cara mengalirkan gas tersebut melalui media penyerapan untuk menghilangkan uap air atau kontaminan lain. Pada pabrik ini, klorin dialirkan menuju *Drying Tower* (DT-01) dan dipilih media penyerapan berupa cairan H_2SO_4 (Asam Sulfat). Pemurnian hidrogen umumnya melibatkan proses pemisahan atau pengeringan untuk menghilangkan oksigen atau kelembaban yang terlarut dalam gas hidrogen. Pada pabrik ini digunakan 2 rangkaian *Compressor* dan juga *Cooler* untuk menyesuaikan tekanan serta suhu hidrogen dalam proses penyimpanan.

Tangki penyimpanan didesain untuk menahan tekanan dan menghindari kebocoran, karena kedua gas tersebut sangat reaktif dan berpotensi berbahaya. Gas klorin disimpan dalam tangki bertekanan (T-04) dengan tekanan 11 atm dan suhu 30°C sebanyak 4 buah tangki horizontal. Gas hidrogen disimpan dalam tangki bertekanan berbentuk *Spherical* (T-05) dengan tekanan 150 atm dan suhu 30°C .

3.2.3 Proses *Product Purification*

Kemurnian larutan NaOH keluaran R-01 yaitu sebesar 10%. Larutan tersebut akan diumpankan menggunakan pompa menuju *evaporator* (EV-01) untuk dipekatkan hingga kemurniannya 50%. Jenis *evaporator* yang digunakan yaitu *long tube evaporator* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 120°C .

Sebelum larutan NaOH 50% diumpan ke *filter* (F-01), larutan didinginkan menggunakan Cooler (CL-06) dari suhu 120°C menjadi 30°C . Larutan dilanjutkan dengan diumpankan menuju *filter* (F-01) menggunakan pompa. Fungsi dari F-01 yaitu

untuk Memisahkan NaCl dari larutan NaOH 50%. Tipe *filter* yang digunakan yaitu *Rotary Vacuum Filter* dengan kondisi operasi pada tekanan 3 atm dan tekanan vakum 0,8 atm serta *Specific Cake Resistance* 13.793,189 m/kg. Adapun efektifitasnya yaitu 95%.

Larutan NaOH keluaran *filter* (F-01) diumpankan menggunakan pompa menuju *evaporator* (EV-02) untuk dipekatkan lebih lanjut sehingga kemurniannya 75%. Jenis evaporator yang digunakan yaitu *long tube evaporator* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 120°C.

Terakhir, larutan NaOH 75% mengalami pemanasan pada proses cair-padat menggunakan alat *dryer* (D-1). *Dryer* berjenis *Double Drum Dryer* dengan tekanan operasi 1 atm dan suhu operasi 150°C (Perry 7th ed). Sehingga seluruh kandungan H₂O pada larutan menguap dan produk akhir berbentuk serpihan padatan NaOH yang selanjutnya dibawa menggunakan *screw conveyor* untuk disimpan didalam *silo* (SL-04).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis

Reaktor -01	
Parameter	Jenis dan ukuran
Spesifikasi umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan larutan NaCl dengan H ₂ O untuk menghasilkan NaOH
Jenis	Reaktor elektrolisis dari <i>Asahi kasei's tipe ML32NC</i>
Mode operasi	Kontinyu
Jumlah <i>cell</i>	131 Buah
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Isothermal</i>
Suhu	30°C - 80°C
Tekanan	1,36 atm
Dimensi dan material	
Jenis katoda	<i>Gasket PTFE</i>
Jenis anoda	<i>Gasket EPDM</i>
Jenis cell	<i>Polymer-Based Diaphragm</i>
Tinggi	1,67 m
Lebar	3,86 m
Panjang 1 <i>cell</i>	0,08 m
Panjang total	10,47 m
Ukuran elektroda	5,10 m ²

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis (lanjutan)

Spesifikasi Khusus	
Tegangan	3,19 V
<i>Current density</i>	5,00 kA/m ²
Arus listrik	3.305,43 kA
Daya listrik	10,54 MW
Jenis pemanas	<i>Electric</i>
Energi listrik pemanas	48.029.084,76 kJ/jam
Daya listrik pemanas	14,02 MW
Daya listrik total	24,56 MW
Harga	\$181.000

3.3.2 Alat Pendukung

Tabel 3.4 Spesifikasi *Mixing Tank-01*

<i>Mixing Tank-01</i>	
Kode	M-01
Fungsi	Mencampur limbah brine dengan bahan baku Na_2CO_3 dan NaOH
Jenis	Tangki silinder dengan pengaduk
Mode operasi	<i>Kontinyu</i>
Waktu tinggal	10 menit
Jumlah	1 buah
Kapasitas maksimum	7,85 m ³
Kondisi Operasi	
Kondisi proses	<i>Isothermal</i>
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Konstruksi Dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-201 Grade A</i>
OD <i>shell</i>	2,13 m
Tebal <i>shell</i>	0,25 in
Tinggi total	2,95 m
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Spesifikasi Khusus	
Jenis pengaduk	<i>Marine Propeller With 3 Blade</i>
Diameter pengaduk	0,71 m
Kecepatan pengaduk	125 rpm
Power pengaduk	10 hp
Jumlah <i>baffel</i>	4 buah
Lebar <i>baffel</i>	0,07 m
Harga	\$79.000

Tabel 3.5 Spesifikasi *Centrifuge-01*

<i>Centrifuge-01</i>	
Kode	CF-01
Fungsi	Memisahkan impuritas dari larutan brine
Jenis	<i>Disc centrifuge</i>
Material	<i>High Alloy Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Jumlah	1 buah
Waktu Tinggal	30 Menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi	
Kapasitas	46,00 ton/jam
Diameter <i>bowl</i>	0,61 in
Panjang <i>bowl</i>	4,03 m
Radius <i>bowl</i>	0,30 m
Laju putar motor	200 rpm
Daya motor	75 hp
Harga	\$23.600

Tabel 3.6 Spesifikasi *Mixing Tank-02*

<i>Mixing Tank-02</i>	
Kode	M-02
Fungsi	Melarutkan brine keluaran CF-01 dengan bahan baku NaCl tambahan dan NaCl recycle
Jenis	Tangki silinder dengan pengaduk
Mode operasi	<i>Kontinyu</i>
Waktu tinggal	10 menit
Jumlah	1 buah
Kapasitas maksimum	9,63 m ³
Kondisi operasi	
Kondisi proses	<i>Isothermal</i>
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
OD <i>shell</i>	2,29 m
Tebal <i>shell</i>	0,25 in
Tinggi total	3,16 m
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical flanged & dished</i>
Spesifikasi khusus	
Jenis pengaduk	<i>Marine propeller with 3 blade</i>
Diameter pengaduk	0,76 m
Kecepatan pengaduk	125 rpm
Power pengaduk	15 hp
Jumlah <i>baffel</i>	4 buah
Lebar <i>baffel</i>	0,08 m
Harga	\$79.000

Tabel 3.7 Spesifikasi *Drying Tower-01*

<i>Drying Tower-01</i>	
Kode	DT-01
Fungsi	Mengeringkan H ₂ O dari impuritas Cl ₂ menggunakan H ₂ SO ₄
Jenis	<i>Packed Bed Tower</i>
Mode operasi	<i>Kontinyu</i>
Waktu tinggal	5 menit
Jenis aliran	<i>Annular Flow</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	1,5 atm
Suhu	50°C
Konstruksi Dan Material	
Bahan konstruksi	<i>StainlessSteel SA 283 Grade C</i>
OD <i>shell</i>	1,96 m
Tebal <i>shell</i>	0,1875 in
Tinggi total	4,11 m
Jenis <i>head</i>	<i>Flanged Standart Dished Head</i>
Spesifikasi Khusus	
Jenis packing	<i>Ceramic Raschig Rings</i>
Ukuran	1 in
Luas permukaan	1,103 m
Tinggi tumpukan	3,34 m
Harga	\$20.000

Tabel 3.8 Spesifikasi *Evaporator-01*

Evaporator-01			
Kode	EV-01		
Fungsi	Memekatkan NaOH dengan menguapkan H ₂ O dari 9% menjadi 50 %		
Jenis	Long-Tube Vertical, Natural Circulation Evaporator		
Mode Operasi	Kontinyu		
Jumlah	1 buah		
Kondisi Operasi			
Tekanan	1 atm		
Suhu	120°C		
Spesifikasi khusus			
Shell		Tube	
IDs	23 inch	Panjang Tube	20 ft
Baffle Space	6 inch	IDt	0,482 in
Jumlah baffle	41 buah	ODt	0,75 in
Pt	1 inch	a't (Flow Area per Tube)	0,182 in ²
Pressure Drop	0,099 psi	N (Jumlah Passes)	2
		Nt (Jumlah Tube)	371 buah
		Pressure Drop	0,007 psi
Dirt Factor	0,003		
Waktu Tinggal	10 menit		
Diameter	2,751 m		
Tinggi	5,503 m		
Tinggi Head	0,370 m		
Tebal Head (inch)	0,296 inch		
Tebal Dinding (inch)	0,250 inch		
Tinggi Total	6,244 m		
Harga	\$90.300		

Tabel 3.9 Spesifikasi *Filter-01*

<i>Filter-01</i>	
Kode	F-01
Fungsi	Memisahkan NaCl dari larutan NaOH 50%
Jenis	<i>Rotary Vacuum Filter</i>
Material	<i>Carbon Steel SS316L</i>
Kondisi operasi	
<i>Kondisi proses</i>	<i>Isothermal</i>
Tekanan masuk	3 atm
Tekanan operasi	0,8 atm
<i>Pressure drop</i>	223 KPa
Mode Operasi	<i>Kontinyu</i>
Volume	17,8 m ³
Spesifikasi	
<i>Pre-coat</i>	<i>Diatomaceous Earth Filter Aids</i>
Filter area	33 m ²
<i>Submerged filter area</i>	9,9 m ²
Diameter	2,62 m
Panjang	6,4 m
Tinggi	4 m
Kecepatan rotasi	0,139 rpm
Daya motor	50 hp
Harga	\$81.700

Tabel 3.10 Spesifikasi *Evaporator-02*

Evaporator-02			
Kode	EV-02		
Fungsi	Memekatkan NaOH dengan menguapkan H ₂ O dari 50% sampai 75 %		
Jenis	Long-Tube Vertical, Natural Circulation Evaporator		
Mode Operasi	Kontinyu		
Jumlah	1 buah		
Kondisi Operasi			
Tekanan	1 atm		
Suhu	120°C		
Spesifikasi khusus			
Shell		Tube	
IDs	23,25 inch	Panjang Tube	20 ft
Baffle Space	6 inch	IDt	0,482 in
Jumlah baffle	41 buah	ODt	0,75 in
Pt	1 inch	a't (Flow Area per Tube)	0,182 in ²
Pressure Drop	0,0577 psi	N (Jumlah Passes)	6
		Nt (Jumlah Tube)	345 buah
		Pressure Drop	0,0201 psi
Dirt Factor	0,003		
Waktu Tinggal	10 menit		
Diameter	1,913 m		
Tinggi	3,826 m		
Tinggi Head	0,355 m		
Tebal Head (inch)	0,296 inch		
Tebal Dinding (inch)	0,250 inch		
Tinggi Total	4,5364 m		
Harga	\$81.700		

Tabel 3.11 Spesifikasi *Dryer-01*

<i>Dryer-01</i>	
Kode	D-01
Fungsi	Memadatkan produk bawah keluaran EV-02
Jenis	<i>Double drum dryer</i>
Material	<i>Stainless steel ss316l</i>
Kondisi operasi	
Suhu masuk	100°c
Suhu operasi	150°c
Suhu keluar	50°c
Tekanan	1 atm
Kecepatan penguapan	0,540 kg/m ² /s
Spesifikasi	
Diameter <i>drum</i>	0,828 m
Panjang <i>drum</i>	2,484 m
Jarak antar <i>drum</i>	0,005 m
Luas perpindahan panas	12,917 m ²
Kecepatan rotasi	0,545 rpm
Power	0,33 hp
Harga	\$103.700

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan

Tabel 3.12 Spesifikasi Tangki Penyimpan Padatan

Parameter	Silo-01	Silo-02
Kode	SL-01	SL-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku Na_2CO_3 sebelum masuk ke M-01	Menyimpan bahan baku NaOH sebelum masuk ke M-01
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°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>Stainless steel 317L</i>
Spesifikasi		
Volume Tangki	15,251 m ³	22,512 m ³
Diameter	2,078 m	2,365 m
Tinggi	5,169 m	5,877 m
Tebal <i>shell</i>	0,188 in	0,250 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>	0,250 in	0,313 in
Harga	\$15.700	\$17.400

Tabel 3.13 Spesifikasi Tangki Penyimpan Padatan (lanjutan)

Parameter	Silo-03	Silo-04	Silo-05
Kode	SL-03	SL-04	SL-05
Fungsi	Menyimpan bahan baku NaCl sebelum masuk ke M-02	Menyimpan produk NaOH dari D-01	Menyimpan bahan pendukung BaCl ₂ sebelum masuk ke M-02
Lama penyimpanan	7 hari	3 hari	7 hari
Fasa	Padat	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>	Silinder tegak dengan <i>Conical Bottom</i> dan <i>Flat Head</i>
Kondisi Operasi			
Suhu	30°C	50°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>	<i>Stainless steel 317L</i>	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi			
Volume Tangki	468,264 m ³	207,331 m ³	31,627
Diameter	6,508 m	4,962 m	2,649
Tinggi	15,508 m	11,619 m	6,572
Tebal <i>shell</i>	0,313 in	0,313 in	0,250
Jenis <i>head</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Jenis <i>bottom</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>
Tebal <i>head</i>	0,500 in	0,438 in	0,313
Harga	\$19.000	\$28.000	\$17.600

Tabel 3.14 Spesifikasi Tangki Penyimpan Cairan

Parameter	Tangki-01	Tangki-02	Tangki-03
Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku limbah Brine	Menyimpan bahan baku larutan H ₂ SO ₄	Menyimpan larutan H ₂ SO ₄ dari DT-01
Tipe	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</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	4.267,91 m ³	640,19 m ³	810,24 m ³
Waktu tinggal	3 hari	7 hari	7 hari
Kondisi Operasi			
Suhu	30°C	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Spesifikasi			
Jenis <i>head</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>
Jenis <i>bottom</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Tinggi	16,81 m	7,45 m	7,55 m
Diameter	24,38 m	12,19 m	13,72 m
Tebal <i>shell</i>	0,88 in	0,31 in	0,38 in
Tebal <i>head</i>	2 in	1,88 in	2 in
Tebal <i>bottom</i>	1,25 in	0,63 in	0,75 in
<i>Number of courses</i>	5	3	3
Harga	\$20.600	\$10.200	\$10.200

Tabel 3.15 Spesifikasi Tangki Penyimpan Gas

Parameter	Tangki-04
Kode	T-04
Fungsi	Menyimpan produk samping Cl ₂
Jenis	Tangki silinder dengan <i>torispherical head & bottom</i>
Bahan konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Orientasi	<i>Horizontal</i>
Fase	Gas
Waktu tinggal	7 hari
Kapasitas maksimum	538,37 m ³
Jumlah	4 buah
Kondisi operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	11 atm
Spesifikasi	
Panjang total	20,92 m
<i>OD</i>	6,10 m
Tebal <i>shell</i>	1 in
Jenis <i>head & bottom</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished</i>
Tebal <i>head & bottom</i>	1,75 in
Harga	\$20.200

Tabel 3.16 Spesifikasi Tangki penyimpan Gas (lanjutan)

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	7 hari
Kapasitas maksimum	1.881,40 m ³
Jumlah	1 buah
Suhu	30°C
Tekanan	150 atm
Diameter	15,32 m
Tebal tangki	0,17 m
Harga	\$23.400

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3.17 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Parameter	SCREW CONVEYOR-01	SCREW CONVEYOR-02	SCREW CONVEYOR-03
Kode	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut Na ₂ CO ₃ dari SL-01 menuju M-01	Mengangkut NaOH dari SL-01 menuju M-01	Mengangkut limbah padatan impuritas dari CF-01
Tipe	<i>Horizontal screw conveyor</i>	<i>Horizontal screw conveyor</i>	<i>Horizontal closed 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>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Laju alir massa masuk	0,228/jam	0,281 ton/jam	0,9284/jam
Kapasitas maksimal	5 ton	5 ton	5 ton
Kondisi operasi			
Suhu	30°C	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi dan power			
Panjang	80 ft	80 ft	80 ft
Diameter <i>flight</i>	9 in	9 in	9 in
Diameter <i>shaft</i>	2 in	2 in	2 in
Diameter <i>feed section</i>	6 in	6 in	6 in
Kecepatan	40 rpm	40 rpm	40 rpm
Power motor	0,05 Hp	0,05 Hp	0,16 Hp
Harga	\$3.100	\$3.100	\$3.100

Tabel 3.18 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (lanjutan)

Parameter	SCREW CONVEYOR-04	SCREW CONVEYOR-05	SCREW CONVEYOR-06
Kode	SC-04	SC-05	SC-06
Fungsi	Mengangkut NaCl dari SL-04 menuju M-02	Mengangkut produk NaOH dari D-01 menuju SL-04	Mengangkut produk BaCl ₂ dari SL-05 menuju M-01
Tipe	<i>Horizontal closed screw conveyor</i>	<i>Horizontal closed screw conveyor</i>	<i>Horizontal closed 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>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Laju alir massa masuk	6,017 ton/jam	0,3019/jam	0,726/jam
Kapasitas maksimal	10 ton	5 ton	5 ton
Kondisi operasi			
Suhu	30°C	50°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi dan power			
Panjang	80 ft	80 ft	80 ft
Diameter <i>flight</i>	10 in	9 in	9 in
Diameter <i>shaft</i>	2 in	2 in	2 in
Diameter <i>feed section</i>	9 in	6 in	6 in
Kecepatan	55 rpm	40 rpm	40 rpm
Power motor	1 Hp	0,05 Hp	0,05 Hp
Harga	\$3.100	\$3.100	\$3.100

Tabel 3.19 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan

Parameter	POMPA-01	POMPA-02	POMPA-03
Kode	P-01	P-02	P-03
	Memompa larutan	Memompa larutan	Memompa larutan
Fungsi	Brine dari T-01 menuju M-01	Brine dari M-01 menuju CF-01	Brine dari CF-01 menuju M-02
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>Mixed flow</i>	<i>Axial flow</i>
Kapasitas	230,837 gpm	231,915 gpm	226,811 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	13,602 cP	13,593 cP	13,712 cP
Suhu fluida	30°C	30°C	30°C
<i>Total head</i>	3,663 m	4,655 m	3,745 m
Spesifikasi pipa			
Bahan kontruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	4 in	4 in	4 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	4,5 in	4,5 in	4,5 in
<i>ID</i>	4,026 in	4,026 in	4,026 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	80%	80%	80%
Daya motor	1,5 Hp	1,5 Hp	1,5 Hp
Harga	\$6.300	\$6.300	\$6.300

Tabel 3.20 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)

Parameter	POMPA-04	POMPA-05	POMPA-06
Kode	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Memompa larutan Brine dari M-02 menuju R-01	Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari T-02 menuju HT-01	Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari HT-01 menuju DT-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>Mixed flow</i>
Kapasitas	259,276 gpm	13,912 gpm	13,912 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	15,329 cP	2,155 cP	2,155 cP
Suhu fluida	30°C	30°C	50°C
<i>Total head</i>	1,76 m	0,352 m	3,311 m
Spesifikasi pipa			
Bahan kontruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	6 in	1,5 in	1,5 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	6,625 in	1,9 in	1,9 in
<i>ID</i>	6,055 in	1,61 in	1,61 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	80%	80%	80%
Daya motor	0,75 Hp	0,05 Hp	0,25 Hp
Harga	\$8.300	\$3.200	\$3.200

Tabel 3.21 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)

Parameter	POMPA-07	POMPA-08	POMPA-09
Kode	P-07	P-08	P-09
Memompa larutan	Memompa larutan	Memompa larutan	Memompa larutan
Fungsi	NaOH dari R-01 menuju EV-01	NaOH dari EV-01 menuju CL-06	NaOH dari CL-06 menuju F-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	243,097 gpm	179,731 gpm	179,731 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	11,528 cP	11,790 cP	11,790 cP
Suhu fluida	80°C	120°C	30°C
<i>Total head</i>	1,081 m	0,498 m	2,372 m
Spesifikasi pipa			
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	6 in	4 in	4 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	6,625 in	4,5 in	4,5 in
<i>ID</i>	6,055 in	4,026 in	4,026 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	80%	80%	80%
Daya motor	0,5 Hp	0,3 Hp	0,750 Hp
Harga	\$8.300	\$6.300	\$6.300

Tabel 3.22 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)

Parameter	POMPA-10	POMPA-11	POMPA-12
Kode	P-10	P-11	P-12
Fungsi	Memompa larutan NaCl Recycle dari F-01 menuju M-02	Memompa larutan NaOH dari F-01 menuju EV-02	Memompa larutan NaOH dari EV-02 menuju DD-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>Mixed flow</i>	<i>Axial flow</i>	<i>Mixed flow</i>
Kapasitas	18,586 gpm	76,847 gpm	20,707 gpm
Kondisi operasi			
Viskositas fluida	16,700 cP	9,494 cP	10,466 cP
Suhu fluida	30°C	30°C	120°C
<i>Total head</i>	3,270 m	1,251 m	1,131 m
Spesifikasi pipa			
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	2 in	3 in	2 in
<i>Sch.No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	2,38 in	3,5 in	2,38 in
<i>ID</i>	2,06 in	3,068 in	2,06 in
Spesifikasi Motor			
Efisiensi motor	80%	80%	80%
Daya motor	0,3 Hp	0,25 Hp	0,125 Hp
Harga	\$3.900	\$5.100	\$3.900

Tabel 3.23 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan (lanjutan)

Parameter	POMPA-13	POMPA-14
Kode	P-14	P-15
Fungsi	Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari DT-01 menuju CL-05	Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari CL-05 menuju T-05
Jenis pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Jenis <i>impeller</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>
Kapasitas	16,439 gpm	16,439 gpm
Kondisi Operasi		
Viskositas fluida	2,064 cP	10,466 cP
Suhu fluida	50°C	30°C
<i>Total head</i>	1,231 m	5,576 m
Spesifikasi Pipa		
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
<i>IPS</i>	2 in	2 in
<i>Sch.No</i>	40	40
<i>OD</i>	2,38 in	2,38 in
<i>ID</i>	2,06 in	2,06 in
Spesifikasi Motor		
Efisiensi motor	80%	80%
Daya motor	0,125 Hp	0,5 Hp
Harga	\$3.900	\$3.900

Tabel 3.24 Spesifikasi Alat Transportasi Gas

Parameter	<i>Compressor-01</i>	<i>Compressor-02</i>
Kode	C-01	C-02
Fungsi	Menaikan tekanan gas Cl ₂ dari R-01	Menaikan tekanan gas Cl ₂ dari DT-01
Jenis	<i>Sentrifugal singlestage</i>	<i>Sentrifugal multistage</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>
Kapasitas	1708,693 m ³ /jam	1563,478 m ³ /jam
Kondisi operasi		
Tekanan masuk	1 atm	1 atm
Tekanan keluar	1,5 atm	10,5 atm
Suhu masuk	80°C	50°C
Suhu keluar	85°C	75°C
Spesifikasi		
Jumlah <i>stage</i>	1	2
Rasio kompresi	1,5	3,25
Power motor	0,5 Hp	0,75 Hp
Harga	\$2.000	\$2.000

Tabel 3.25 Spesifikasi Alat Transportasi Gas (lanjutan)

Parameter	<i>Compressor-03</i>	<i>Compressor-04</i>
Kode	C-03	C-04
Fungsi	Menaikan tekanan gas H ₂ dari R-01	Menaikan tekanan gas H ₂ dari CL-03
Jenis	<i>Sentrifugal triplestage</i>	<i>Sentrifugal singlestage</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Kapasitas	1693,041 m ³ /jam	29,064 m ³ /jam
Kondisi operasi		
Tekanan masuk	1 atm	50 atm
Tekanan keluar	50 atm	150 atm
Suhu masuk	80°C	30°C
Suhu keluar	347,5°C	82,5°C
Spesifikasi		
Jumlah <i>stage</i>	3	1
Rasio kompresi	3,7	3
Power motor	15 Hp	5 Hp
Harga	\$4.600	\$3.600

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3.26 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Parameter	HEATER - 01	COOLER-01	COOLER-02
Kode	H-01	CL-01	CL-02
Fungsi	Memanaskan larutan H ₂ SO ₄ dari 30°C menjadi 50°C	Mendinginkan gas Cl ₂ dari suhu 85°C menjadi 50°C	Mendinginkan gas Cl ₂ dari suhu 75°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	1 buah	2 buah
Luas transfer panas	33,44 ft ²	17,33 ft ²	32,46 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0014 /0,001 h.ft. °F/btu	0,0010/0,001 h.ft. °F/btu	0,0010/0,001 h.ft. °F/btu
Mechanical design			
Annulus			
Fluida	<i>Steam (g)</i>	<i>Air (l)</i>	<i>Air (l)</i>
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>	<i>Cold fluid</i>	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	33,292 kg/jam	1360,15 kg/jam	960,25 kg/jam
<i>Outer pipe. IPS</i>	3 in	3 in	3 in
<i>Inner pipe. IPS</i>	2 in	2 in	2 in
<i>Flow area</i>	2,93 in ²	2,93 in ²	2,93 in ²
Panjang	15 ft	15 ft	15 ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,002/10 psi	0,01/10 psi	0,01/10 psi

Tabel 3.27 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<i>Inner Pipe</i>			
Fluida	H ₂ SO ₄ (aq)	Cl ₂ (g)	Cl ₂ (g)
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>	<i>Hot fluid</i>	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	4647,729 kg/jam	4647,73 kg/jam	4182,96 kg/jam
<i>IPS</i>	2 in	2 in	2 in
<i>Schedule No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	2,38 in	2,38 in	2,38 in
<i>ID</i>	2,07 in	2,07 in	2,07 in
<i>Flow area</i>	3,35 in ²	3,35 in ²	3,35 in ²
<i>Surface area</i>	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	2,41/10 psi	2,77/10 psi	4,23/10 psi
Harga	\$13.400	\$16.100	\$19.800

Tabel 3.28 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Parameter	COOLER-03	COOLER-04	COOLER-05
Kode	CL-03	CL-04	CL-05
Fungsi	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 347,5°C ke 30°C	Mendinginkan gas H ₂ dari suhu 82,5°C menjadi 30°C	Mendinginkan Larutan H ₂ SO ₄ dari suhu 50C menjadi 30C
Jenis	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Arah aliran	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>	<i>Counter current</i>
Jumlah <i>hairpin</i>	4 buah	3 buah	4 buah
Luas transfer panas	76,21 ft ²	61,76 ft ²	83,64 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,0010/0,001 h.ft. °F/btu	0,0010/0,001 h.ft. °F/btu	0,0010/0,001 h.ft. °F/btu
<i>Mechanical design</i>			
<i>Annulus</i>			
Fluida	H ₂ (g)	H ₂ (g)	Air (l)
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>	<i>Hot fluid</i>	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	117,829 kg/jam	117,829 kg/jam	1205,13 kg/jam
<i>Outer pipe. IPS</i>	3 in	3 in	3 in
<i>Inner pipe. IPS</i>	2 in	2 in	2 in
<i>Flow area</i>	2,93 in ²	2,93 in ²	2,93 in ²
Panjang	15 ft	15 ft	15 ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	2,07/10 psi	1,68/10 psi	0,26/10 psi

Tabel 3.29 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<i>Inner Pipe</i>			
Fluida	Air	Air	H ₂ SO ₄
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>	<i>Cold fluid</i>	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	1041,104 kg/jam	860,893 kg/jam	5112,50 kg/jam
<i>IPS</i>	2 in	2 in	2 in
<i>Schedule No</i>	40	40	40
<i>OD</i>	2,38 in	2,38 in	2,38 in
<i>ID</i>	2,07 in	2,07 in	2,07 in
<i>Flow area</i>	3,35 in ²	3,35 in ²	3,35 in ²
<i>Surface area</i>	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft	0,62 ft ² /ft
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,003/10 psi	0,021/10 psi	0,82/10 psi
Harga	\$27.700	\$25.500	\$28.400

Tabel 3.30 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Parameter	COOLER-06
Kode	CL-06
Fungsi	Mendinginkan feed dari EV-01 menuju F-01
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Arah aliran	<i>Counter current</i>
Luas transfer panas	3448,59 ft ²
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,003/0,003 h.ft. °F/btu
<i>Mechanical Design</i>	
<i>Shell</i>	
Fluida	NaOH 50%
Jenis Fluida	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	38656,24 kg/jam
<i>Passes</i>	1
<i>ID</i>	33 in
Jenis <i>baffle</i>	<i>Baffle</i> segmen tunggal
<i>Baffle cut</i>	25%
Jumlah <i>baffle</i>	32 buah
Jarak antar <i>baffle</i>	8,9 in
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,035/10 psi

Tabel 3.31 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<i>Tube</i>	
Fluida	Air (l)
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>
Laju alir massa	59349,28 kg/jam
<i>Lay out</i>	<i>Triangular pitch</i>
<i>BWG</i>	16
<i>Passes</i>	8
<i>Pitch</i>	1 in
Panjang <i>tube</i>	24 ft
<i>OD</i>	0,75 in
<i>ID</i>	0,62 in
<i>Flow area</i>	0,302 in ²
<i>Surface area</i>	0,1963 ft ² /ft
Jumlah <i>tube</i>	732 buah
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	6,29/10 psi
Harga	\$38.200

3.4 Neraca Massa

Pra-Rancang pabrik pembuatan sodium hidroksida dari limbah *brine* berkapasitas sebesar 40.000 ton/tahun berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

- Operasi = 330 hari
- Basis waktu = 1 jam
- Satuan massa = kg/jam

NaOH yang dihasilkan adalah dalam bentuk padatan (serbuk).

3.4.1 Neraca Massa Alat

1. *Mixing Tank - 01*

Tabel 3.32 Neraca Massa Alat *Mixing Tank-01*

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
NaCl		1943,590			2492,685
KCl		69,479			69,479
CaCl ₂		39,669			
MgCl ₂		135,974			
CaSO ₄		54,542			
MgSO ₄		302,230			
CaCO ₃					75,883
Mg(OH) ₂					230,041
BaCl ₂				605,548	
BaSO ₄					678,393
Na ₂ CO ₃	80,347				
H ₂ O		41239,972			41239,972
NaOH			315,101		
Total	80,347	43785,456	315,101	605,548	44786,452
	44786,452				

2. Centrifuge-01

Tabel 3.33 Neraca Massa Alat *Centrifuge-01*

Komponen	Input	Output	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
NaCl	2492,685		2492,685
KCl	69,479		69,479
CaCO ₃	75,883	74,365	1,518
Mg(OH) ₂	230,041	225,440	4,601
BaSO ₄	678,393	664,825	13,568
H ₂ O	41239,972	412,400	40827,572
Total	44786,452	1377,030	43409,422
		44786,452	

3. Mixing Tank-02

Tabel 3.34 Neraca Massa Alat *Mixing Tank-02*

Komponen	Input			Output
	Arus 7	Arus 8	Arus 14	Arus 9
NaCl	2492,685	4652,140	6464,366	13609,191
KCl	69,479			69,479
CaCO ₃	1,518			1,518
Mg(OH) ₂	4,601			4,601
BaSO ₄	13,568			13,568
H ₂ O	40827,572		115,182	40942,754
Total	43409,422	4652,140	6579,547	54641,110
	54641,110			

4. Reaktor Elektrolisis

Tabel 3.35 Neraca Massa Alat Reaktor Elektrolisis

Komponen	Input	Output		
	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 20
NaCl	13609,191	6804,595		
KCl	69,479	34,740		
CaCO ₃	1,518	1,518		
Mg(OH) ₂	4,601	4,601		
BaSO ₄	13,568	13,568		
Cl				4145,838
H ₂			116,784	
KOH		26,113		
H ₂ O	40942,754	38379,990		460,649
NaOH		4652,715		
Total	54641,110	49917,839	116,784	4606,487
		54641,110		

5. *Drying Tower-01*

Tabel 3.36 Neraca Massa Alat *Drying Tower-01*

Komponen	Input		Output	
	Arus 20	Arus 22	Arus 21	Arus 23
Cl ₂	4145,838		4145,838	
H ₂ SO ₄		4514,357		4514,357
H ₂ O	460,649	92,130		552,778
Total	4606,487	4606,487	4145,838	5067,135
	9212,974		9212,974	

6. *Evaporator-01*

Tabel 3.37 Neraca Massa Alat *Evaporator-01*

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 13	Arus 12
NaCl	6804,595	6804,595	
KCl	34,740	34,740	
CaCO ₃	1,518	1,518	
Mg(OH) ₂	4,601	4,601	
BaSO ₄	13,568	13,568	
KOH	26,113	26,113	
H ₂ O	38379,990	11518,163	26861,827
NaOH	4652,715	4652,715	
Total	49917,839	23056,012	26861,827
		49917,839	

7. *Filter-01*

Tabel 3.38 Neraca Massa Alat *Filter-01*

Komponen	Input	Output	
	Arus 13	Arus 15	Arus 14
NaCl	6804,595	340,230	6464,366
KCl	34,740	34,740	
CaCO ₃	1,518	1,518	
Mg(OH) ₂	4,601	4,601	
BaSO ₄	13,568	13,568	
KOH	26,113	26,113	
H ₂ O	11518,163	11402,981	115,182
NaOH	4652,715	4652,715	
Total	23056,012	16476,464	6579,547
		23056,012	

8. *Evaporator-02*

Tabel 3.39 Neraca Massa Alat *Evaporator-02*

Komponen	Input	Output	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
NaCl	340,230	340,230	
KCl	34,740	34,740	
CaCO ₃	1,518	1,518	
Mg(OH) ₂	4,601	4,601	
BaSO ₄	13,568	13,568	
KOH	26,113	26,113	
H ₂ O	11402,981	1149,823	10253,158
NaOH	4652,715	4652,715	
Total	16476,464	6223,306	10253,158
		16476,464	

9. *Dryer-01*

Tabel 3.40 Neraca Massa Alat *Dryer-01*

Komponen	Input	Output	
	Arus 16	Arus 18	Arus 19
NaCl	340,230	336,827	3,402
KCl	34,740	34,392	0,347
CaCO ₃	1,518	1,502	0,015
Mg(OH) ₂	4,601	4,555	0,046
BaSO ₄	13,568	13,432	0,136
KOH	26,113	25,852	0,261
H ₂ O	1149,823		1149,823
NaOH	4652,715	4652,715	
Total	6223,306	5069,276	1154,030
		6223,306	

3.4.2 Neraca Massa Total

Tabel 3.41 Neraca Massa Total

Komponen	Input						Output							
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 8	Arus 22	Arus 6	Arus 11	Arus 12	Arus 16	Arus 18	Arus 19	Arus 20	Arus 21
NaCl		1943,590			4652,140						336,827	3,402	Arus 20	Arus 21
KCl		69,479									34,392	0,347		
CaCl ₂		39,669												
MgCl ₂		135,974												
CaSO ₄		54,542												
MgSO ₄		302,230												
CaCO ₃							74,365				1,502	0,015		
Mg(OH) ₂							225,440				4,555	0,046		
BaCl ₂				605,548										
BaSO ₄							664,825				13,432	0,136		
Cl														4145,838
H ₂								116,784						
KOH											25,852	0,261		
H ₂ SO ₄						4514,357							4514,357	
Na ₂ CO ₃	80,347													
H ₂ O		41239,972				92,130	412,400		26861,827	10253,158		1149,823	552,778	
NaOH			315,101								4652,715			
Total	80,347	43785,456	315,101	605,548	4652,140	4606,487	1377,030	116,784	26861,827	10253,158	5069,276	1154,030	5067,135	4145,838
	54045,080						54045,080							

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Alat

1. *Mixing tank-01*

Tabel 3.42 Neraca Panas Alat *Mixing tank-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q1	1068,568702	Q4	860852,6716
Q2	867387,0992	Q5	9540,058245
Q3	1937,06199		
Total	870392,7299	Total	870392,7299

2. *Centrifuge-01*

Tabel 3.43 Neraca Panas Alat *Centrifuge-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q6	867977,7925	Q7	12409,69987
		Q8	855568,0927
Total	867977,7925	Total	867977,7925

3. *Mixing tank-02*

Tabel 3.44 Neraca Panas Alat *Mixing tank-02*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q9	855568,0927	Q12	35285,116
Q10	15393,16189	Q13	858243,3078
Q11	22567,16925		
Total	893528,4238	Total	893528,4238

4. Reaktor Elektrolisis

Tabel 3.45 Neraca Panas Alat Reaktor Elektrolisis

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q14	894421,9379	Q16	9881243,187
Q15	48029084,76	Q17	225045,2097
		Q18	94179,98564
		Q19	38723038,32
Total	48923506,7	Total	48923506,7

5. Drying tower-01

Tabel 3.46 Neraca Panas Alat Drying Tower-01

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q20	99990,16619	Q22	51149,42844
Q21	173219,1108	Q23	222059,8485
Total	273209,277	Total	273209,277

6. Evaporator-01

Tabel 3.47 Neraca Panas Alat Evaporator-01

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	Komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q24	10100857,62	Q25	7236801,33
		Q26	2864056,29
Total	10100857,62	Total	10100857,62

7. *Filter-01*

Tabel 3.48 Neraca Panas Alat *Filter-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q27	295996,8535	Q28	273429,6842
		Q29	22567,16925
Total	295996,8535	Total	295996,8535

8. *Evaporator-02*

Tabel 3.49 Neraca Panas Alat *Evaporator-02*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	Komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q30	246939,15	Q31	213028,41
		Q32	33910,74
Total	246939,15	Total	246939,15

9. *Dryer-01*

Tabel 3.50 Neraca Panas Alat *Dryer-01*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kJ/Jam)	komponen	Jumlah (kJ/Jam)
Q33	1255705,423	Q34	19196,91087
		Q35	1236508,513
Total	1255705,423	Total	1255705,423

10. *Compressor-01*

Tabel 3.51 Neraca Panas Alat *Compressor-01*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q36	380109,4453	Q38	427680,87136
Q37	47571,43		
Total	427680,8714	Total	427680,8714

11. *Cooler-01*

Tabel 3.52 Neraca Panas Alat *Cooler-01*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q39	242228,81	Q40	99990,17
		Q41	142238,65
Total	242228,81	Total	242228,81

12. *Compressor-02*

Tabel 3.53 Neraca Panas Alat *Compressor-02*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q42	141556,9941	Q44	334271,57145
Q43	192714,58		
Total	334271,5714	Total	334271,5714

13. *Cooler-02*

Tabel 3.54 Neraca Panas Alat *Cooler-02*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q45	112201,10	Q46	11782,18
		Q47	100418,92
Total	112201,10	Total	112201,10

14. *Compressor-03*

Tabel 3.55 Neraca Panas Alat *Compressor-03*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q48	93235,3834	Q50	552229,76889
Q49	458994,39		
Total	552229,7689	Total	552229,7689

15. *Cooler-03*

Tabel 3.56 Neraca Panas Alat *Cooler-03*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q51	552827,53	Q52	8455,10
		Q53	544372,43
Total	552827,53	Total	552827,53

16. *Compressor-04*

Tabel 3.57 Neraca Panas Alat *Compressor-04*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q54	8401,75	Q56	97533,54
Q55	89131,78		
Total	97533,54	Total	97533,54

17. *Cooler-04*

Tabel 3.58 Neraca Panas Alat *Cooler-04*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q57	98560,83	Q58	8532,01
		Q59	90028,82
Total	98560,83	Total	98560,83

18. *Cooler-05*

Tabel 3.59 Neraca Panas Alat *Cooler-05*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q60	93766,78	Q61	18149,95
		Q62	75616,83
Total	93766,78	Total	93766,78

19. *Cooler-06*

Tabel 3.60 Neraca Panas Alat *Cooler-06*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q63	13023773,46	Q64	610754,68
		Q65	12413018,78
Total	13023773,46	Total	13023773,46

20. *Heater-01*

Tabel 3.61 Neraca Panas Alat *Heater-01*

Masuk		Keluar	
komponen	jumlah (kJ/Jam)	komponen	jumlah (kJ/Jam)
Q66	19763,27889	Q68	102101,6095
Q67	89307,47654	Q69	6969,14597
TOTAL	109070,7554	TOTAL	109070,7554

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik memiliki dampak signifikan terhadap kelancaran operasional dan potensi pengembangan di masa depan. Lokasi pabrik yang strategis dapat meminimalkan biaya transportasi dan produksi sekaligus menawarkan prospek pengembangan yang menjanjikan. Oleh karena itu, penentuan lokasi yang tepat menjadi salah satu aspek krusial dalam perencanaan pabrik.

Pendirian pabrik NaOH ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan NaOH dalam negeri, terutama di wilayah Jawa - Bali. Saat ini, banyak industri pengguna NaOH di Jawa - Bali lebih memilih mengimpor daripada membeli dari produsen lokal. Hal ini disebabkan oleh fasilitas pelabuhan dalam negeri yang semakin memadai, sehingga biaya pengiriman barang impor menjadi lebih ekonomis. Akibatnya, harga total NaOH impor, termasuk ongkos kirimnya, sering kali lebih rendah dibandingkan dengan harga NaOH domestik, yang sebagian besar diproduksi di Pulau Jawa (Bizteka, CCI, 2022). Berdasarkan pertimbangan tersebut, pabrik direncanakan akan dibangun di Pulau Jawa tepatnya Jawa Barat.

Untuk lokasi yang lebih spesifik, pabrik direncanakan didirikan di Desa Citemu, Kecamatan Mundu, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Lokasi tersebut dipilih dengan mempertimbangkan berbagai faktor strategis yang mendukung keberhasilan operasional pabrik. Visualisasi lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik (titik dan garis putih)

Adapun pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan berikut:

4.1.1 Faktor Utama

Faktor utama adalah aspek yang secara langsung memengaruhi proses produksi dan distribusi suatu pabrik. Berikut adalah faktor utama yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Sumber Bahan Baku

Bahan baku utama untuk produksi Sodium Hidroksida adalah limbah brine. Di Indonesia, terdapat beberapa sumber utama limbah brine untuk kebutuhan industri, seperti limbah brine hasil Desalinasi Air Laut dari PLTU Cirebon, Jawa Barat. Lokasi pabrik dipilih di kota yang sama karena jaraknya relatif lebih dekat ke produsen limbah brine dibandingkan lokasi industri lain di Jawa

– Bali. Hal ini memungkinkan penghematan waktu dan biaya pengiriman bahan baku.

b. Pemasaran

Pabrik berlokasi di kawasan industri Cirebon, Jawa Barat yang dianggap strategis karena belum ada pabrik sejenis yang memproduksi NaOH di kawasan tersebut. Selain itu, kawasan ini memiliki banyak industri pengguna NaOH, seperti industri kertas, detergen, pengolahan air, dan lainnya, sehingga mendukung kemudahan distribusi produk.

c. Utilitas

Kebutuhan utilitas seperti air, listrik, dan bahan bakar dapat terpenuhi dengan mudah di lokasi pabrik ini. Lokasinya dekat dengan muara Sungai Cimanuk, serta berdekatan dengan fasilitas Pertamina dan PLTU. Faktor ini berkontribusi dalam menekan biaya operasional utilitas seminimal mungkin, sehingga memberikan keuntungan tambahan bagi operasional pabrik.

d. Transportasi

Fasilitas transportasi di sekitar lokasi pabrik sangat mendukung operasional dan distribusi. Untuk transportasi darat, lokasi pabrik terhubung dengan jaringan jalan yang memadai, termasuk pembangunan jalan tol besar yang menghubungkan Cirebon dengan kawasan industri lainnya. Jalan tol ini merupakan bagian dari proyek jalan tol Trans Jawa - Bali yang menghubungkan berbagai provinsi di Pulau Jawa - Bali (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas, 2016). Infrastruktur ini mempermudah distribusi dan aktivitas pendukung lainnya.

Untuk transportasi laut, dekat lokasi terdapat Pelabuhan Tanjung Priok yang menghubungkan berbagai wilayah di Indonesia. Selain itu, terdapat Pelabuhan Cirebon yang akan mendukung distribusi produk dalam skala yang lebih kecil.

Untuk transportasi udara, lokasi pabrik juga memiliki akses ke Bandara Internasional Kertajati yang terletak di Majalengka, sekitar 45 kilometer dari

pabrik. Alternatif lainnya adalah Bandara Cakrabhuwana Cirebon, yang terletak lebih dekat di Cirebon, namun saat ini lebih banyak melayani penerbangan domestik dengan kapasitas yang lebih kecil dibandingkan Kertajati.

e. Tenaga kerja

Sebagai kawasan industri, daerah ini menjadi magnet bagi pencari kerja, sehingga tenaga kerja yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan mudah. Baik tenaga kerja berpendidikan tinggi, menengah, maupun tenaga terampil siap pakai tersedia di kawasan ini. Ketersediaan tenaga kerja terus meningkat dari tahun ke tahun, memberikan dukungan optimal untuk operasional pabrik.

f. Keadaan iklim dan geografis

Lokasi pabrik berada di kawasan yang stabil secara geografis, dengan risiko bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor, dan banjir besar yang sangat rendah. Lokasi ini berada di dataran rendah dengan permukaan tanah yang datar dan memiliki iklim tropis dengan suhu berkisar antara 25–35°C. Kondisi ini sangat ideal untuk keberlangsungan operasional pabrik.

4.1.2 Faktor Penunjang

Meskipun faktor penunjang lokasi pabrik tidak secara langsung memengaruhi proses industri, faktor ini memainkan peran penting dalam memastikan kelancaran proses produksi. Berikut adalah faktor-faktor penunjang yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik:

a. Perluasan Area Pabrik

Salah satu pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pabrik adalah ketersediaan lahan untuk perluasan di masa depan. Ekspansi pabrik mungkin diperlukan untuk meningkatkan kapasitas produksi, menambah peralatan, atau menyediakan fasilitas pendukung lainnya. Oleh karena itu, diperlukan area khusus yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan di masa mendatang. Lokasi pabrik yang dipilih berada di wilayah yang masih relatif baru sebagai

kawasan industri dan tidak padat penduduk. Selain itu, tersedia banyak lahan kosong yang dapat digunakan jika pabrik membutuhkan ekspansi di kemudian hari.

b. Perijinan

Lokasi pabrik yang dipilih berada di kawasan industri Cirebon, yang memberikan kemudahan dalam pengurusan berbagai izin terkait pendirian pabrik. Selain itu, tata letak pabrik juga menjadi aspek penting yang harus diperhatikan selama proses pembangunan, untuk memastikan efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Keberadaan prasarana yang memadai, seperti jalan dan sarana transportasi lainnya, sangat mendukung kelancaran aktivitas industri. Selain itu, ketersediaan fasilitas sosial seperti tempat ibadah, layanan kesehatan, pendidikan, hiburan, perbankan, dan perumahan juga menjadi faktor yang memengaruhi kelancaran proses produksi. Lokasi pabrik yang hanya berjarak sekitar 5-10 km dari pusat Kota Cirebon memastikan akses yang mudah ke berbagai fasilitas tersebut, sehingga kebutuhan prasarana dan fasilitas sosial dapat terpenuhi dengan baik.

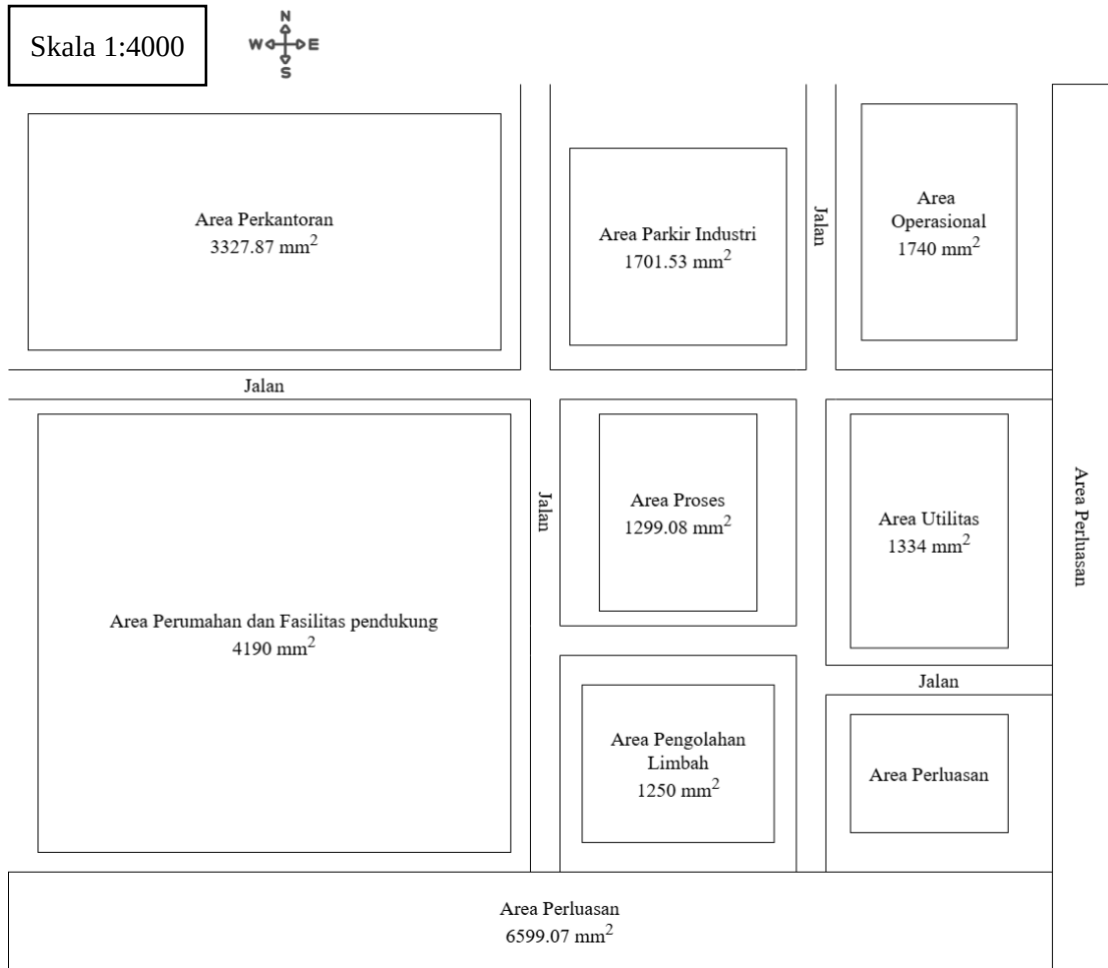
4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah proses pengaturan perangkat dan fasilitas dalam pabrik secara optimal. Tata letak yang baik sangat memengaruhi efisiensi operasional, kelancaran produksi, serta keselamatan kerja karyawan. Dengan pengaturan yang tepat, tata letak pabrik dapat meningkatkan efektivitas kerja, menjamin keselamatan, dan mendukung kelancaran proses operasional. Menurut Peters dan Timmerhaus (1991), terdapat beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik, yaitu:

- a. Optimalisasi waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, distribusi produk, perpindahan peralatan, dan mobilitas karyawan di area pabrik.

- b. Pemanfaatan area pabrik secara efisien dan efektif.
- c. Penyesuaian tata letak berdasarkan urutan proses produksi.
- d. Kesiapan untuk pengembangan lokasi baru atau kemungkinan perluasan area pabrik di masa depan.
- e. Distribusi ekonomis untuk pengadaan air, steam proses, tenaga listrik, dan bahan baku, serta kemudahan dalam pemeliharaan dan perbaikan fasilitas.
- f. Keamanan dari risiko kebakaran serta jaminan keselamatan kerja bagi karyawan.
- g. Konstruksi bangunan yang memenuhi persyaratan keselamatan dan teknis.
- h. Fleksibilitas tata letak, sehingga perubahan proses atau mesin dapat dilakukan dengan biaya yang minimal.
- i. Penyediaan *service area* seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, dan tempat ibadah, yang diatur agar mudah dijangkau dari tempat kerja.

Berikut merupakan tata letak pabrik:



Gambar 4.2 Tata letak pabrik

Tabel 4.1 Keterangan Gambar 2

Keterangan	Unit	Luas (m ²)	Total (m ²)
A (Area Perkantoran)	Lahan parkir umum	881,87	3.327,87
	Bangunan aula	289	
	Bangunan Kantor utama	800	
	Lahan taman 1	632	
	Bangunan Kantor teknik dan produksi	700	
	Bangunan Pos keamanan 1	25	
B (Area Perumahan dan Fasilitas pendukung)	Bangunan minimarket	725	4.190
	Bangunan perpustakaan	225	
	Bangunan Fasilitas olahraga	300	
	Bangunan Perumahan/mess	1.200	
	Bangunan Pos keamanan 2	25	
	Lahan taman 2	1.190	
	Bangunan poliklinik	225	
	Bangunan masjid	300	
C (Area Operasional)	Bangunan laboratorium	150	1.740
	Lahan taman 3	500	
	Bangunan Pos Keamanan 3	25	
	Bangunan Gudang alat	440	
	Bangunan bengkel	400	
	Bangunan Ruang kendali proses	225	
D (Area Parkir Industri)	Bangunan Pos keamanan 4	25	1.701,53
	Lahan parkir truk	1.641,53	
	Bangunan Jembatan timbang	35	
E (Area Proses)	Bangunan Pos keamanan 5	75	1.299,08
	Bangunan Alat produksi	1.224,08	
G (Area Utilitas)	Bangunan Unit pengolahan limbah	1.050	1.250
	Bangunan Unit pemadam kebakaran	200	
F (Area Pengolahan Limbah)	Bangunan Ruang kendali utilitas	200	1.334
	Bangunan Alat utilitas	1.059	
	Bangunan Pos keamanan 6	75	
H (Area Perluasan)	Lahan perluasan	6.955,07	6.955,07
			21.797,55

4.3 Tata Letak Alat Proses

Pengaturan tata letak alat proses bertujuan untuk menciptakan alur kerja yang efisien, meningkatkan produktivitas, dan memberikan keuntungan maksimal bagi pabrik. Untuk mencapai tata letak alat proses yang optimal, berikut adalah pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan:

a. Laju Alir Bahan Baku Berserta Produk

Ketepatan dalam menentukan laju alir bahan baku dan produk sangat memengaruhi keuntungan ekonomis pabrik. Selain itu, pengaturan aliran yang tepat juga mendukung kelancaran dan keamanan selama proses produksi berlangsung, mengurangi potensi kerugian dan gangguan operasional.

b. Aliran Udara

Untuk menghindari stagnasi udara atau penumpukan bahan kimia yang berbahaya, arah hembusan udara dan kelancaran sirkulasi udara perlu diperhatikan dengan seksama. Hal ini sangat penting untuk menjaga keselamatan para pekerja dan mencegah terjadinya bahaya kesehatan atau kebakaran yang disebabkan oleh bahan kimia yang terakumulasi.

c. Pencahayaan

Pencahayaan yang memadai di lokasi pabrik sangat penting untuk memastikan visualisasi yang jelas di seluruh area pabrik, terutama di tempat-tempat yang berbahaya atau berisiko tinggi. Pencahayaan yang cukup akan meminimalkan kecelakaan dan kesalahan manusia dalam menjalankan tugasnya.

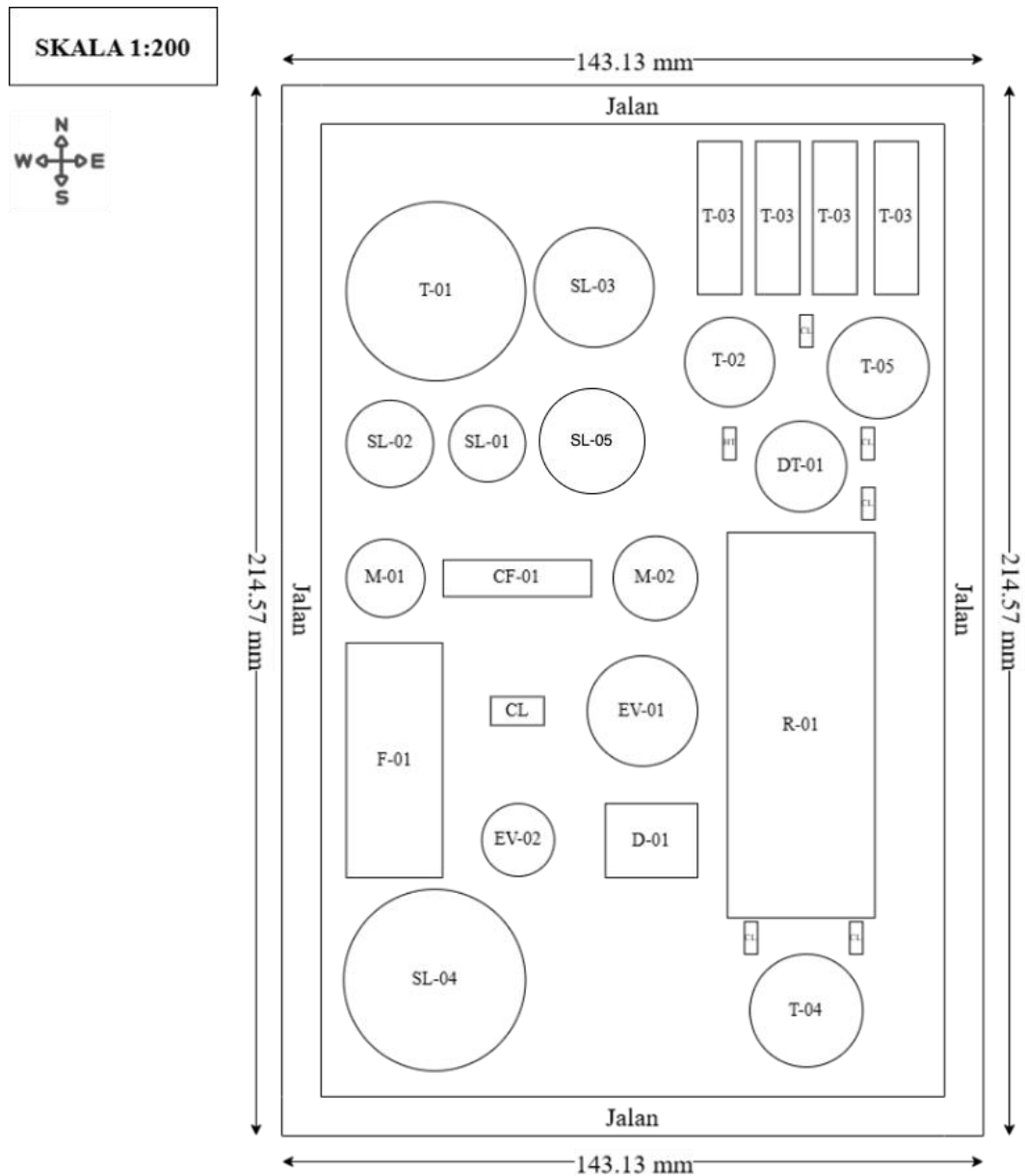
d. Lalu Lintas

Lalu lintas yang dimaksud di sini adalah jalur yang digunakan untuk menuju alat proses. Agar keselamatan dan keamanan terjamin, perlu diterapkan peraturan yang ketat bagi setiap karyawan dan pengunjung yang menggunakan jalur ini. Lalu lintas ini juga digunakan oleh teknisi untuk memantau, mengawasi, dan mengatur alat proses yang ada di pabrik.

e. Jarak Antar Proses

Penentuan jarak antar proses harus diperhatikan untuk mencegah dampak yang lebih besar jika terjadi kecelakaan seperti ledakan atau kebakaran pada salah satu alat proses. Jarak yang cukup antara proses-proses yang ada dapat mengurangi risiko kerusakan yang lebih luas pada alat proses lainnya, serta memberikan ruang untuk evakuasi atau penanggulangan bahaya.

Berikut merupakan tata letak alat proses:



Keterangan	
M	Mixer
CF	Centrifuge
R	Reaktor Elektrolisis
DT	Drying Tower
EV	Evaporator
F	Filter
D	Dryer
T	Tangki
SL	Silo
CL	Cooler
HT	Heater

Gambar 4.3 Tata letak alat proses

4.3.1 Perawatan

Untuk mencapai target spesifikasi yang diinginkan, pemeliharaan dan perbaikan sarana dan fasilitas pabrik sangat penting. Dengan melakukan pemeliharaan secara teratur, proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan mengurangi risiko kerusakan alat yang dapat mengganggu operasional pabrik.

Terdapat dua jenis perawatan utama yang perlu diperhatikan, yaitu perawatan preventif dan perawatan periodik. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga kebersihan lingkungan pabrik dan alat-alat produksi. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan alat dan memastikan terciptanya lingkungan kerja yang bersih dan aman. Perawatan periodik dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dalam buku petunjuk. Penjadwalan ini bertujuan agar setiap alat mendapatkan perawatan secara bergantian, sehingga kerusakan dapat diminimalisir. Penjadwalan perawatan yang tepat sangat penting untuk memastikan alat-alat mendapatkan perawatan yang maksimal.

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*

Perawatan ini mencakup pemeriksaan dan perbaikan menyeluruh pada alat. Proses ini termasuk pembongkaran alat, penggantian bagian-bagian yang rusak, dan perbaikan alat hingga kembali ke kondisi semula.

b. *Repairing*

Merupakan perawatan yang dilakukan pada beberapa bagian alat setelah pemeriksaan. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki bagian tertentu yang rusak tanpa melakukan perbaikan menyeluruh.

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi *maintenance* meliputi:

a. *Umur Alat*

Semakin tua umur alat, semakin sering alat mengalami kerusakan, sehingga perawatan harus dilakukan lebih intensif dan frekuensinya meningkat, yang pada gilirannya dapat menambah biaya perawatan.

b. Bahan Baku

Penggunaan bahan baku yang tidak berkualitas atau tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan kerusakan pada alat, sehingga memperburuk kondisi mesin dan peralatan di pabrik.

c. Tenaga Manusia

Tenaga kerja yang terdidik, terlatih, dan berpengalaman dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (human error) dalam melakukan perawatan. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan dengan lebih cermat dan efisien.

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan dan mengelola suatu perusahaan, penting untuk memiliki bentuk perusahaan yang jelas. Pabrik Sodium Hidroksida ini akan didirikan dengan bentuk perseroan terbatas (PT). Perseroan terbatas adalah jenis badan usaha yang dilindungi oleh hukum, dengan modal yang berasal dari hasil penjualan saham. Saham adalah surat berharga yang diterbitkan oleh perusahaan, dan kepemilikan perusahaan dalam bentuk PT bergantung pada jumlah saham yang dimiliki oleh individu atau kelompok. Saham ini dapat diperjualbelikan secara langsung, sehingga perubahan dalam struktur organisasi atau kepemilikan perusahaan dapat terjadi tanpa perlu membubarkan atau mendirikan perusahaan baru.

Pada umumnya, perusahaan besar memilih bentuk perseroan terbatas karena kemudahan dalam perubahan kepemilikan dan pengelolaan yang lebih fleksibel. Asosiasi pemegang saham di dalam PT diatur oleh hukum dan diakui sebagai badan hukum, yang memberikan perlindungan hukum bagi perusahaan dan pemegang sahamnya.

Alasan dipilihnya bentuk perseroan terbatas (PT) untuk pabrik Sodium Hidroksida ini antara lain adalah:

- a. Berbentuk badan hukum sehingga terjamin eksistensinya walaupun terjadi pergantian kepemilikan. Sebagai badan hukum, PT menjamin eksistensinya meskipun terjadi pergantian kepemilikan. Hal ini memberikan stabilitas dan keberlanjutan bagi perusahaan.
- b. Mudah mendapatkan modal. Dengan struktur PT, perusahaan lebih mudah untuk memperoleh modal, baik melalui penjualan saham kepada investor maupun dengan sumber modal lainnya.
- c. Tanggung jawab pemegang saham terpisah dengan kegiatan produksi. Tanggung jawab pemegang saham terbatas pada saham yang dimiliki, sehingga kegiatan produksi dapat sepenuhnya diatur oleh pimpinan perusahaan tanpa campur tangan langsung dari pemegang saham. Ini memastikan kelancaran dan fokus pada operasi produksi.
- d. Kekayaan perusahaan terpisah dengan kekayaan pribadi. Kekayaan perusahaan dan kekayaan pribadi pemegang saham dipisahkan, sehingga risiko finansial pribadi tidak tercampur dengan kewajiban perusahaan.
- e. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan terdiri dari direksi dan staf yang bertanggung jawab langsung kepada dewan komisaris. Pemisahan ini memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan pengawasan yang baik terhadap jalannya operasional perusahaan.
- f. Lapangan usaha lebih luas. Bentuk PT memungkinkan perusahaan untuk mengakses lebih banyak peluang dan pasar karena kemudahan dalam melakukan ekspansi dan kerja sama dengan pihak lain, baik domestik maupun internasional.

4.4.2 Struktur Organisasi

Suatu perusahaan perlu memiliki struktur organisasi yang jelas untuk mengelola kegiatan operasional dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Struktur organisasi yang baik akan memastikan pembagian tugas dan tanggung jawab yang jelas tanpa adanya tumpang tindih. Berdasarkan pola hubungan kerja, wewenang, dan tanggung jawab, struktur organisasi dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk, yaitu:

- 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 untuk pabrik Sodium Hidroksida ini adalah struktur organisasi garis dan staf. Pemilihan struktur ini didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

1. Fleksibilitas untuk Berbagai Ukuran Organisasi

Struktur garis dan staf dapat diterapkan pada organisasi dengan berbagai ukuran, baik yang besar maupun kompleks, sehingga cocok untuk pabrik yang sedang berkembang ini.

2. Kesatuan Pimpinan dan Perintah

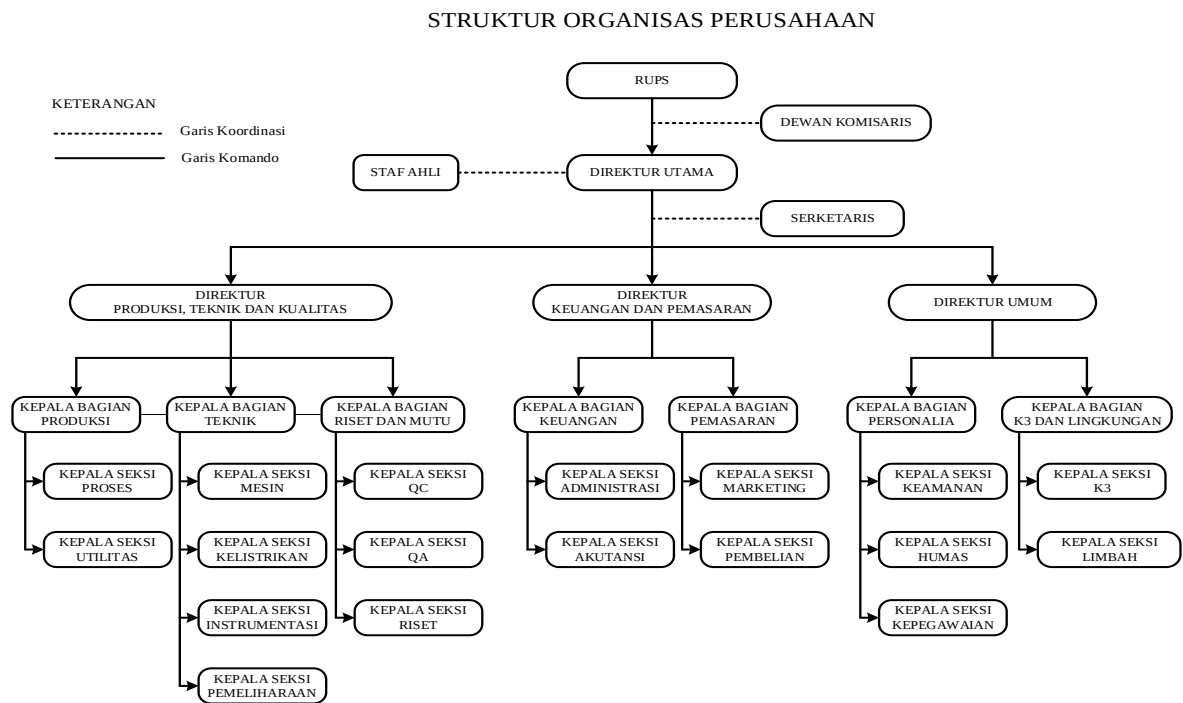
Dalam struktur ini, terdapat pembagian kewenangan dan kekuasaan yang jelas antara pimpinan, staf, dan pelaksana. Hal ini memastikan bahwa perintah dan tugas dapat dibagi dengan tegas, memudahkan koordinasi, dan menghindari tumpang tindih dalam pelaksanaan tugas.

3. Kecepatan Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat oleh pimpinan karena adanya jalur komando yang jelas. Staf memberikan dukungan, tetapi keputusan tetap berada di tangan pimpinan, memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap situasi yang membutuhkan keputusan langsung.

4. Pengembangan Bakat dan Kemampuan Karyawan

Struktur ini memungkinkan pengembangan spesialisasi berdasarkan bakat dan kemampuan individu. Staf yang memiliki keahlian di bidang tertentu dapat memberikan masukan yang berguna untuk pengambilan keputusan, sementara karyawan pelaksana dapat fokus pada tugas-tugas operasional sesuai dengan keahlian mereka.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Adapun jenjang kepemimpinan pada perusahaan ini meliputi:

- Rapat umum pemegang saham (RUPS)
- Dewan komisaris
- Direktur utama
- Direktur khusus
- Kepala bagian
- Kepala seksi

g. Karyawan dan operator

Berikut adalah tugas dari masing-masing jenjang kepemimpinan dalam struktur organisasi pabrik Sodium hidroksida:

a. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

RUPS adalah organ tertinggi dalam perusahaan yang beranggotakan para pemegang saham. Tugas RUPS antara lain:

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

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertindak sebagai pengawas atas kebijakan yang diambil oleh direksi dan bertanggung jawab kepada pemegang saham. Tugas utama dewan komisaris adalah:

1. Memberikan nasihat terkait kebijakan yang diambil oleh direksi.
2. Mengawasi pelaksanaan kebijakan strategis perusahaan untuk memenuhi harapan pemegang saham dan pemangku kepentingan lainnya.
3. Mengontrol kebijakan perusahaan, kinerja, dan pengambilan keputusan di perusahaan.

c. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi yang berwenang merumuskan dan menetapkan kebijakan serta program umum perusahaan sesuai dengan batas wewenang yang diberikan oleh dewan komisaris. Tugas direktur utama adalah:

1. Menyusun dan menerapkan visi, misi, serta menentukan arah perusahaan.
2. Menyusun strategi bisnis dan membuat rencana perusahaan.

3. Melakukan evaluasi perusahaan untuk memastikan pencapaian tujuan.
4. Mengadakan rapat rutin dengan jajaran perusahaan untuk memantau pelaksanaan kebijakan.
5. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan RUPS.
6. Mengawasi situasi kompetisi bisnis secara keseluruhan.

d. Staf Ahli

Staf ahli bertugas memberikan masukan, saran, nasihat, dan pandangan terhadap berbagai aspek operasional perusahaan untuk membantu manajemen dalam mengambil keputusan yang lebih baik.

e. Sekretaris

Sekretaris bertanggung jawab atas administrasi surat-menyurat, kearsipan, dan tugas administrasi lainnya untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan dan membantu direktur umum dalam kegiatan administrative.

f. Direktur Khusus

Direktur khusus membantu direktur utama dengan memberikan masukan dan pertimbangan dalam bidang tertentu. Tugas direktur khusus dapat dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Direktur Proses, Teknik, dan Kualitas: Bertanggung jawab atas perencanaan, pengelolaan, dan pengawasan proses produksi serta pengendalian kualitas produk.
2. Direktur Keuangan dan Pemasaran: Bertanggung jawab atas pengelolaan keuangan perusahaan, perencanaan anggaran, serta pengembangan strategi pemasaran.
3. Direktur Umum: Bertugas mengawasi operasional umum perusahaan, termasuk manajemen sumber daya manusia, logistik, dan kegiatan pendukung lainnya.

Masing-masing direktur khusus memiliki peran yang lebih terfokus pada bidangnya, dan bekerja sama untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 4.2 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	a. Melaksanakan analisa, evaluasi, kajian, dan telaah terkait ketenagakerjaan, keselamatan kerja, dan lingkungan pabrik.
	b. Memberikan pertimbangan, pandangan, dan pendapat terkait kebijakan ketenagakerjaan, keselamatan kerja, dan lingkungan pabrik.

g. Kepala Bagian dan Kepala Seksi

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur khusus yang menaunginya untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan di bidang tertentu sesuai dengan arahan dan kebijakan yang telah ditetapkan oleh

pimpinan perusahaan. Kepala bagian memastikan agar setiap tugas dan proyek dalam ruang lingkupnya dilaksanakan dengan baik dan sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Sementara itu, kepala seksi bertugas untuk melaksanakan pekerjaan dalam ruang lingkup yang lebih spesifik, berdasarkan rencana yang telah disusun oleh kepala bagian. Kepala seksi bertanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap tugas yang ada di bawah kewenangannya dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Kepala bagian dibagi menjadi:

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi bertanggung jawab terhadap kelancaran seluruh proses produksi, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga pengawasan proses produksi agar mencapai hasil yang optimal dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Kepala bagian produksi membawahi:

Tabel 4.3 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

Kepala bagian teknik bertanggung jawab untuk menjaga dan memastikan kondisi alat produksi serta instrumen penunjang lainnya dalam keadaan baik dan berfungsi secara optimal. Kepala bagian teknik membawahi:

Tabel 4.4 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

Kepala bagian riset dan mutu bertanggung jawab untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, serta melakukan pengawasan terhadap bahan baku, proses produksi, dan limbah buangan. Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu membawahi:

Tabel 4.5 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

Kepala bagian keuangan bertanggung jawab atas seluruh kegiatan yang berkaitan dengan pengelolaan keuangan perusahaan, termasuk perencanaan, penganggaran, pencatatan, pelaporan, serta analisis keuangan. Tugas utama dari kepala bagian ini adalah memastikan bahwa seluruh transaksi keuangan perusahaan tercatat dengan akurat dan sesuai dengan prinsip akuntansi yang berlaku, serta memberikan laporan keuangan yang transparan kepada manajemen dan pemegang saham. Kepala bagian keuangan membawahi:

Tabel 4.6 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

Kepala bagian pemasaran bertanggung jawab langsung kepada direktur utama dalam pengadaan bahan baku yang diperlukan untuk proses produksi dan dalam pemasaran hasil produksi perusahaan. Tugas utama kepala bagian pemasaran adalah memastikan bahwa produk yang dihasilkan perusahaan dapat terdistribusi dengan baik ke pasar, serta menjaga hubungan yang baik dengan pelanggan dan mitra bisnis. Kepala bagian pemasaran membawahi:

Tabel 4.7 Kepala Seksi Bagian Pemasaran

Jabatan	Tugas
Kepala seksi marketing	1. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi. 2. Mengatur distribusi barang dari gudang.
Kepala seksi pembelian	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

Kepala bagian personalia bertanggung jawab dalam mengkoordinir berbagai kegiatan pabrik yang bersifat umum dan mendukung kelancaran operasional pabrik, seperti perawatan kesehatan, transportasi, kebersihan, dan sarana pelayanan lainnya. Selain itu, kepala bagian personalia juga memiliki tanggung jawab atas ketertiban dan keamanan lingkungan pabrik serta menjaga hubungan baik antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan pabrik. Kepala bagian personalia membawahi:

Tabel 4.8 Kepala Seksi Bagian Personalia

Jabatan	Tugas
Kepala seksi ketenagakerjaan	1. Bertugas untuk menjaga keharmonisan antar karyawan dan mengatur seluruh kegiatan yang berkaitan dengan ketenagakerjaan.
Kepala seksi keamanan	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	1. Bertugas mengatur hubungan eksternal perusahaan dan menyelenggaraan kegiatan sosial perusahaan.

7. Kepala Bagian K3 dan Lingkungan

Kepala bagian K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dan Lingkungan memiliki tanggung jawab yang sangat penting dalam menjaga keselamatan dan kesehatan para karyawan serta kelestarian lingkungan di sekitar pabrik. Fungsi utama dari kepala bagian ini adalah untuk mengimplementasikan dan memastikan bahwa standar K3 yang tinggi diterapkan di seluruh area operasional pabrik dan untuk mengelola dampak lingkungan yang mungkin ditimbulkan oleh aktivitas pabrik. Kepala bagian K3 dan lingkungan membawahi:

Tabel 4.9 Kepala Seksi Bagian K3 dan Lingkungan

Jabatan	Tugas
Kepala seksi K3	1. Menyelenggarakan pelayanan kesehatan pada karyawan 2. 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	4. Mengatur dan mengawasi setiap proses pengolahan limbah. 5. Bekerja sama dengan seksi QA dalam melakukan pengawasan terhadap kadar limbah buangan.

4.4.4 Status Karyawan

Sistem pengupahan dan pengelolaan status karyawan dalam suatu perusahaan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan perusahaan dan hak-hak pekerja. Di pabrik Sodium hidrosida ini, status karyawan dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan jenis pekerjaan, kedudukan, tanggung jawab, dan durasi hubungan kerja. Setiap golongan memiliki aturan dan ketentuan yang berbeda mengenai hak dan kewajiban masing-masing karyawan. Berikut adalah pembagian status karyawan:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap yaitu karyawan yang dipekerjakan tanpa adanya batasan waktu. Karyawan tetap adalah karyawan yang dipekerjakan tanpa batasan waktu tertentu, artinya hubungan kerja antara perusahaan dan karyawan berlangsung terus-menerus selama kedua pihak tidak mengakhiri hubungan kerja. 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 adalah karyawan yang dipekerjakan berdasarkan kebutuhan harian, dengan hubungan kerja yang tidak diatur dalam bentuk kontrak jangka panjang. 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 adalah karyawan yang dipekerjakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu dalam waktu yang terbatas. Karyawan ini tidak terikat dengan pekerjaan jangka panjang dan hanya bekerja pada proyek atau tugas tertentu.

4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Sodium hidroksida ini akan beroperasi sepanjang tahun dengan total 330 hari kerja, 24 jam setiap hari. Sisa hari di luar hari libur akan digunakan untuk kegiatan perawatan dan shutdown pabrik. Untuk mendukung kelancaran operasional pabrik, pembagian jam kerja karyawan dibagi menjadi dua golongan utama, yaitu Karyawan Non-Shift dan Karyawan Shift. Berikut adalah penjelasan mengenai kedua golongan tersebut:

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 4.10 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* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam kegiatan proses produksi serta mendukung kelancaran operasional pabrik seperti keselamatan, keamanan, dan kontrol kualitas produksi. Mereka bekerja secara bergantian dalam beberapa *shift* untuk memastikan proses produksi berjalan tanpa henti. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam tiga *shift* dengan pengaturan sebagai berikut:

Tabel 4.11 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

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

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 table berikut:

Tabel 4.12 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)

4.4.6 Penggolongan Gaji dan Jabatan Karyawan

a. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

Setiap jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh karyawan dengan spesifikasi dan pendidikan yang sesuai dengan tugas dan tanggung jawab yang diemban. Kualifikasi pendidikan yang dibutuhkan untuk jabatan-jabatan tersebut bervariasi, dimulai dari lulusan sekolah menengah pertama (SMP) hingga jenjang pendidikan Magister (S-2).

b. Penggolongan Gaji

Gaji karyawan pada pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan jenis gaji yang diterima, sesuai dengan posisi, tanggung jawab, dan kontribusi terhadap perusahaan. Sistem gaji pada perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

- Gaji Bulanan

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

- Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

- 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 berikut:

Tabel 4.13 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/Orang/Bulan	Total Gaji/Tahun
1	Dewan Komisaris	2	S2	Rp40.000.000	Rp960.000.000
2	Direktur Utama	1	S2	Rp35.000.000	Rp420.000.000
3	Direktur Produksi Teknik Dan Kualitas	1	S2	Rp30.000.000	Rp360.000.000
4	Direktur Keuangan Dan Pemasaran	1	S2	Rp30.000.000	Rp360.000.000
5	Direktur Umum	1	S2	Rp30.000.000	Rp360.000.000
6	Staf Ahli	2	S2	Rp20.000.000	Rp480.000.000
7	Serkertaris	2	S2	Rp20.000.000	Rp480.000.000
8	Ka. Bag. Produksi	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
9	Ka. Bag. Teknik	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
10	Ka. Bag.	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
11	Ka. Bag. Keuangan	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
12	Ka. Bag. Pemasaran	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
13	Ka. Bag. Personalia	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
14	Ka. Bag. K3 Dan Lingkungan	1	S2	Rp20.000.000	Rp240.000.000
15	Ka. Sek. Proses	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
16	Ka. Sek. Utilitas	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
17	Ka. Sek. Mesin	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
18	Ka. Sek. Kelistrikan	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
19	Ka. Sek. Instrumentasi	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
20	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
21	Ka. Sek. QC	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
22	Ka. Sek. QA	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000

Tabel 4.14 Gaji Karyawan (lanjutan)

23	Ka. Sek. Riset	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
24	Ka. Sek. Administrasi	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
25	Ka. Sek. Akutansi	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
26	Ka. Sek. Marketing	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
27	Ka. Sek. Pembelian	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
28	Ka. Sek. Keamanan	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
29	Ka. Sek. Humas	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
30	Ka. Sek. Kepegawaian	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
31	Ka. Sek. K3	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
32	Ka. Sek. Limbah	1	S1	Rp15.000.000	Rp180.000.000
33	Karyawan Proses	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
34	Karyawan Utilitas	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
35	Karyawan Mesin	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
36	Karyawan Kelistrikan	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
37	Karyawan Instrumentasi	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
38	Karyawan Pemeliharaan	10	S1/D3	Rp8.500.000	Rp1.020.000.000
39	Karyawan QC	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
40	Karyawan QA	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
41	Karyawan Riset	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
42	Karyawan Adminitrasi	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
43	Karyawan Akutansi	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
44	Karyawan Marketing	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000

Tabel 4.15 Gaji Karyawan (lanjutan)

45	Karyawan Pembelian	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
46	Karyawan Keamanan	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
47	Karyawan Humas	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
48	Karyawan Kepegawaian	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
49	Karyawan K3	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
50	Karyawan Pengolahan Limbah	5	S1/D3	Rp8.500.000	Rp510.000.000
51	Dokter	2	S1	Rp7.500.000	Rp180.000.000
52	Perawat	5	S1/D3	Rp5.000.000	Rp300.000.000
53	Operator	30	S1/D3	Rp7.500.000	Rp2.700.000.000
54	Satpam	5	SMA/K	Rp4.500.000	Rp270.000.000
55	Supir	5	SMA/K	Rp4.500.000	Rp270.000.000
56	<i>Cleaning Service</i>	10	SMA/K	Rp4.250.000	Rp510.000.000
Total		212		Rp801.250.000	Rp24.810.000.000

4.4.7 Fasilitas dan Kesejahteraan Sosial Karyawan

Untuk meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan perlu memastikan bahwa kondisi jasmani dan rohani karyawan dalam keadaan baik. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan fasilitas yang mendukung dan menjamin kesejahteraan sosial karyawan, sehingga moral kerja tetap terjaga dan karyawan dapat bekerja dengan optimal. Adapun fasilitas dan kesejahteraan sosial yang diberikan perusahaan kepada karyawan antara lain:

Fasilitas kesejahteraan yang disediakan oleh perusahaan bertujuan untuk mendukung kesejahteraan fisik, mental, dan sosial karyawan. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang fasilitas dan tunjangan yang akan diberikan kepada karyawan:

a. Tunjangan

1. Tunjangan Gaji Pokok: Gaji pokok yang diberikan sesuai dengan golongan dan tingkat jabatan karyawan, yang mencerminkan tanggung jawab dan keahlian yang dimiliki.
2. Tunjangan Jabatan: Tunjangan ini diberikan kepada karyawan sesuai dengan jabatan yang dipegang, untuk mengakomodasi tanggung jawab lebih yang diemban oleh karyawan dalam jabatan tertentu.
3. Tunjangan Lembur: Tunjangan tambahan diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang ditetapkan, dihitung berdasarkan jumlah jam lembur yang dilakukan.

b. Cuti

1. Cuti Tahunan: Setiap karyawan berhak mendapatkan cuti tahunan selama 12 hari kerja dalam satu tahun untuk beristirahat dan memulihkan tenaga.
2. Cuti Sakit: Karyawan yang sakit dapat mengajukan cuti sakit yang akan diberikan berdasarkan keterangan dokter. Perusahaan akan mendukung kesehatan karyawan dengan memberikan cuti untuk pemulihan.

c. Pakaian Kerja

Pakaian Kerja: Setiap karyawan akan diberikan pakaian kerja sejumlah 3 pasang setiap tahunnya. Hal ini bertujuan untuk menjaga penampilan profesional karyawan selama bekerja.

d. Pengobatan

1. Pengobatan Akibat Kecelakaan Kerja: Biaya pengobatan akan ditanggung oleh perusahaan jika karyawan mengalami kecelakaan kerja, sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam undang-undang yang berlaku.
2. Pengobatan Non-Kecelakaan Kerja: Untuk karyawan yang sakit karena alasan lain, biaya pengobatan akan diatur berdasarkan kebijakan perusahaan.

e. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

Perusahaan akan memberikan asuransi tenaga kerja untuk perusahaan dengan karyawan berjumlah lebih dari 10 orang dengan gaji bulanan lebih dari Rp 1.000.000,00. Asuransi ini melindungi karyawan dari risiko kecelakaan atau kematian yang terjadi saat bekerja.

f. Fasilitas Pendukung Kegiatan Karyawan di Pabrik

Untuk memudahkan karyawan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari di pabrik, perusahaan akan menyediakan beberapa fasilitas tambahan yang meliputi:

1. Transportasi: Penyediaan mobil dan bus antar jemput untuk karyawan, untuk memudahkan akses menuju dan dari lokasi pabrik.
2. Kantin: Tersedianya kantin di area pabrik untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan, dengan harga yang terjangkau.
3. Sarana Peribadatan: Fasilitas tempat ibadah untuk mendukung karyawan dalam menjalankan kewajiban agama mereka.
4. Pakaian Seragam dan Peralatan Keamanan: Pemberian pakaian seragam kerja serta peralatan keselamatan seperti helm, sepatu keselamatan,

kacamata pelindung, masker, earplug, dan sarung tangan tahan api untuk menjaga keselamatan karyawan.

5. Fasilitas Kesehatan: Tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis untuk menangani kebutuhan kesehatan darurat dan perawatan rutin bagi karyawan.

Dengan fasilitas-fasilitas dan tunjangan yang lengkap ini, perusahaan berharap dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan mendukung kesejahteraan karyawan, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktivitas dan kepuasan kerja karyawan.

BAB V

UTILITAS

Untuk mendukung kelancaran suatu proses produksi, diperlukan sarana yang berfungsi sebagai pendukung di pabrik. Sarana pendukung ini sering disebut sebagai unit utilitas. Unit utilitas memiliki peran yang sangat penting dalam kelangsungan proses produksi, karena menyediakan berbagai kebutuhan yang diperlukan sepanjang tahapan produksi, dari awal hingga akhir. Beberapa unit penyedia utilitas meliputi:

1. Unit pengolahan dan penyediaan air (Water Treatment System).
2. Unit pembangkit uap (Steam Generation System).
3. Unit pembangkit energi listrik (Power Plant System).
4. Unit penyedia udara untuk 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

Umumnya, untuk memenuhi kebutuhan air dalam suatu industri, air yang digunakan berasal dari sumur, sungai, danau, atau laut. Pada perancangan pabrik sodium hidroksida ini, sumber air yang digunakan adalah air dari sungai Musi. Penggunaan air sungai menjadi pilihan utama karena lokasi pabrik yang sangat dekat dengan sungai dibandingkan dengan sumber air lainnya. Selain itu, terdapat beberapa pertimbangan dalam memilih air sungai sebagai sumber utama, yaitu:

- a. Proses pengolahan air sungai lebih mudah dibandingkan dengan pengolahan sumber air lainnya.
- b. Biaya pengolahan air sungai relatif lebih murah dibandingkan dengan sumber air lainnya.

- c. Air sungai memiliki kontinuitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber air lain, sehingga kemungkinan kekurangan air dapat dihindari.

Pada pabrik ini, terdapat beberapa jenis air yang digunakan, di antaranya:

a. Air Pendingin

Air pendingin digunakan sebagai media untuk mendinginkan proses produksi. Kebutuhan total air pendingin tercantum dalam table berikut:

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
COOLER	CL-01	1.360,15
	CL-02	960,25
	CL-03	1.041,10
	CL-04	860,89
	CL-05	1.205,13
	CL-06	59.349,28
TOTAL		64.776,806

Untuk memastikan ketersediaan air pendingin, perancangan dilakukan dengan tambahan kapasitas (over design) sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 77.732,167 kg/jam. Untuk mengurangi penggunaan air pendingin, aliran air yang telah digunakan akan didaur ulang. Air yang sudah digunakan akan memiliki suhu yang lebih tinggi akibat perpindahan panas, sehingga sebelum digunakan kembali, aliran air tersebut akan didinginkan terlebih dahulu di cooling tower. Selama proses pendinginan di cooling tower, akan terjadi kehilangan massa air akibat penguapan, blowdown, dan drift loss. Untuk menggantikan air yang hilang, diperlukan tambahan air (make-up water) untuk menutupi kehilangan tersebut dan menjaga keseimbangan panas. Pada pabrik ini, kebutuhan make-up water untuk pendingin yaitu 1.982,17 kg/jam

selama siklus pendinginan. Direncanakan untuk menggunakan 4 siklus air pendingin. Setelah siklus air pendingin selesai, air yang tersisa dari siklus tersebut akan masuk ke unit pengolahan limbah dan digantikan dengan air pendingin baru yang telah diproses sebelumnya.

b. Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)

Air umpan boiler adalah air yang digunakan untuk menghasilkan uap yang mendukung kelangsungan proses produksi. Kebutuhan steam untuk peralatan di pabrik ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
EVAPORATOR	EV-01	29.750,1454
	EV-02	27.661,494
HEATER	HE-01	33,292
TOTAL		57.444,9321

Untuk memastikan ketersediaan air umpan boiler, perancangan dilakukan dengan over design sebesar 20%, sehingga totalnya menjadi 68.933,918 kg/jam. Seperti halnya air pendingin, uap yang telah terkondensasi setelah digunakan akan didaur ulang dan digunakan kembali sebagai air umpan boiler. Air umpan boiler akan diubah menjadi uap dengan menggunakan boiler. Di dalam boiler, juga terjadi kehilangan massa air akibat steam trap dan blowdown. Untuk menggantikan massa air yang hilang, diperlukan make-up water untuk menjaga keseimbangan panas. Pada pabrik ini, kebutuhan make-up water untuk air umpan boiler adalah 475,80 kg/jam selama siklus berlangsung. Jumlah siklus pada sistem steam-condensing steam akan disamakan dengan air pendingin, yaitu sebanyak 4 siklus. Setelah siklus selesai,

condensing steam akan diproses dalam unit pengolahan limbah dan digantikan dengan air umpan boiler baru yang telah diproses sebelumnya.

c. 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 berikut:

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Domestik

No.	Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
1	Air Kantor	883,33
2	Air Rumah Tangga	1.666,67
Total		2.550

d. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water adalah air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan operasional atau kegiatan sehari-hari yang tidak termasuk dalam kategori air minum atau air untuk proses industri tertentu. Biasanya, service water digunakan untuk berbagai aplikasi seperti kebersihan, pendinginan, pemadam kebakaran, sanitasi, dan penggunaan umum lainnya yang mendukung aktivitas di suatu fasilitas atau gedung. Total kebutuhan *service water* pada pabrik ini tercantum pada tabel berikut:

Tabel 5.4 Kebutuhan *Service Water*

No	Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
1	Bengkel	8,3
2	Poliklinik	12,5
3	Laboratorium	12,5
4	Pemadam Kebakaran	166,67
5	Kantin, Mushola	250
	Total	450

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik sodium hidroksida ini, air yang digunakan diambil dari sungai yang terletak dekat dengan lokasi pabrik. Untuk memastikan kualitas air yang mendukung proses produksi dan kebutuhan lainnya, diperlukan unit pengolahan air yang dapat menghasilkan air sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan proses pengolahan air yang dilakukan:

a. Pengolahan Air Awal

1. Penghisapan

Air dari sungai akan dipompa menuju unit pengolahan air dan diteruskan ke alat penyaringan.

2. Penyaringan (Screening)

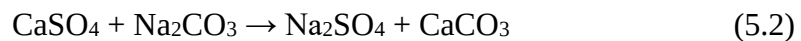
Penyaringan bertujuan untuk menyaring kotoran besar seperti kayu, ranting, sampah, dan lain-lain yang terbawa dalam air sungai. Kotoran besar ini akan disaring tanpa menggunakan bahan kimia, sementara partikel kecil yang lolos akan dipisahkan pada tahap berikutnya. Air yang telah disaring akan diteruskan ke bak pengendapan.

3. Pengendapan Awal

Partikel kecil yang tidak tersaring pada proses sebelumnya akan mengendap di bak pengendapan awal karena gravitasi. Air yang telah mengendap kemudian dipindahkan ke bak penggumpalan.

4. Penggumpalan/Koagulasi

Air yang sudah mengendap masih mengandung koloid pengotor yang harus digumpalkan. Proses ini dilakukan dengan menambahkan koagulan seperti tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Pengadukan dilakukan dengan kecepatan tinggi untuk membentuk gumpalan secara maksimal. Reaksi yang terjadi dalam bak penggumpalan adalah:



5. Flokulasi

Setelah bibit gumpalan terbentuk, aliran air akan dipindahkan ke bak flokulator. Di sini, gumpalan akan berkembang menjadi flok yang lebih besar melalui proses flokulasi dengan pengadukan kecepatan rendah. Setelah flok terbentuk, air akan dipindahkan ke bak pengendapan kedua.

6. Pengendapan II

Bak pengendapan kedua berfungsi untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk. Flok-flok ini memiliki massa jenis tinggi, sehingga mudah mengendap dan terpisah dari air. Air yang telah terpisah akan dipindahkan ke penyaring pasir.

7. Filtrasi

Air yang keluar dari bak pengendapan kedua masih mengandung partikel halus dan flok-flok yang belum terendapkan. Untuk memisahkan pengotor ini, digunakan metode filtrasi dengan sand filter. Lapisan pasir, antrasit, dan kerikil pada sand filter akan menyaring partikel-partikel halus yang

ada dalam air. Air yang keluar dari unit penyaringan memiliki kandungan Total Suspended Solids (TSS) sekitar 1-2 ppm.

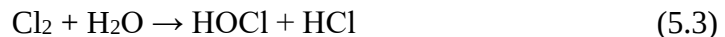
Air yang sudah melewati tahap filtrasi ini dapat dianggap sebagai air bersih. Air ini akan ditampung dalam bak penampungan sementara dan dapat langsung digunakan sebagai air layanan khusus (service water) maupun air pendingin. Untuk service water, air akan dialirkan ke tangki service water, sementara untuk air pendingin, air akan dialirkan ke tangki air pendingin. Sementara itu, air umpan boiler, air proses, dan air domestik akan diproses lebih lanjut karena memiliki spesifikasi yang berbeda.

b. Pengolahan Air Domestik

1. Klorinasi

Klorinasi adalah proses penambahan klorin (Cl_2) ke dalam air untuk membunuh mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan protozoa yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Proses klorinasi digunakan dalam unit pengolahan air sebagai langkah akhir untuk memastikan bahwa air yang dihasilkan aman untuk digunakan, baik untuk keperluan domestik, industri, maupun sebagai air minum.

Klorin bereaksi dengan air membentuk asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-), yang keduanya memiliki kemampuan disinfektan yang sangat baik. Reaksi ini berlangsung secara cepat:



Setelah klorin ditambahkan, air akan dikondisikan dalam wadah tertentu untuk memberikan waktu kontak yang cukup antara klorin dan air, sehingga proses disinfeksi dapat terjadi secara efektif. Waktu kontak diambil 12 jam.

c. Pengolahan Air Pendingin

1. *Cooling Tower*

Unit cooling tower pada pengolahan air pendingin berfungsi untuk mengurangi suhu air yang digunakan dalam proses pendinginan, terutama di

industri atau pembangkit listrik, dengan cara melepaskan panas dari air ke atmosfer. Cooling tower bekerja dengan prinsip mengalirkan air panas yang berasal dari proses industri, seperti dari kondensor boiler atau sistem mesin, untuk mendinginkannya sebelum air tersebut digunakan kembali dalam proses atau dibuang. Fungsi utama cooling tower adalah untuk menjaga suhu air pada tingkat yang efisien untuk proses pendinginan lebih lanjut dan untuk memastikan bahwa sistem tetap berjalan dengan baik tanpa pemanasan berlebih.

Proses kerja cooling tower dimulai dengan air panas yang mengalir ke dalam unit dari sistem industri. Di dalam cooling tower, air ini disemprotkan atau dialirkan melalui media pengisi (fill media) yang meningkatkan luas permukaan kontak antara air dan udara. Selama proses ini, sebagian air akan menguap, dan dalam proses penguapan ini, panas dari air akan dibawa keluar oleh udara. Penguapan menyebabkan penurunan suhu air yang dialirkan, dan air yang sudah mendingin kemudian dialirkan kembali ke sistem pendinginan untuk digunakan lagi. Air yang menguap keluar dari cooling tower membawa energi panas, dan udara yang mengalir di dalam menambah proses pendinginan ini.

Selain itu, untuk menjaga kualitas air pendingin dan mencegah masalah seperti pembentukan kerak, korosi, dan pertumbuhan mikroorganisme, pengolahan air untuk cooling tower sering melibatkan proses filtrasi dan penggunaan bahan kimia. Bahan kimia seperti biocide, antiscalant, dan korosi inhibitor sering ditambahkan ke dalam sistem untuk mencegah pembentukan gangguan yang dapat memengaruhi kinerja cooling tower. Sistem blowdown pada cooling tower juga digunakan untuk mengurangi konsentrasi total padatan terlarut (TDS) dalam air, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi masalah penumpukan endapan. Dengan demikian, cooling tower memainkan peran vital dalam menjaga suhu dan kualitas air pendingin, serta mendukung

efisiensi dan umur panjang sistem industri atau pembangkit listrik yang bergantung pada air pendingin.

d. Pengolahan Air Umpan Boiler

1. Demineralisasi

Reaktor Mixed Bed adalah salah satu komponen penting dalam proses pengolahan air umpan boiler, yang berfungsi untuk menghasilkan air dengan kualitas yang sangat tinggi, bebas dari kontaminan seperti ion-ion yang dapat menyebabkan pembentukan kerak atau korosi pada boiler. *Mixed bed* menggunakan teknik pertukaran ion untuk menyaring kation dan anion dalam air, sehingga memastikan bahwa air yang masuk ke dalam boiler memiliki tingkat kemurnian yang sangat tinggi.

Reaktor Mixed Bed menggunakan dua jenis resin, yaitu resin kation dan resin anion, yang dicampur dalam satu wadah. Kation (seperti kalsium, magnesium, sodium) dan anion (seperti sulfat, klorida, bikarbonat) yang terkandung dalam air umpan akan dipertukarkan dengan ion-ion hidrogen (H^+) dan hidroksil (OH^-) yang ada pada resin. Proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

i. Pertukaran Kation:

Resin kation akan menyerap ion kation (misalnya, Ca^{2+} , Mg^{2+}) dalam air, dan menggantikannya dengan ion H^+ (proton). Reaksi yang terjadi:



Resin anion akan menyerap ion anion (misalnya, SO_4^{2-} , Cl^-) dan menggantinya dengan ion OH^- . Reaksi yang terjadi:

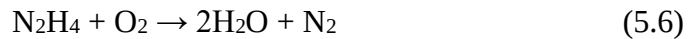


Setelah proses pertukaran ion, air yang keluar dari reaktor mixed bed akan menjadi sangat murni, dengan kadar ion yang sangat rendah, menghasilkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (umumnya resistivitas air mencapai $18,2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ atau hampir murni).

Proses ini menghilangkan hampir semua kandungan padatan terlarut dalam air, termasuk ion-ion yang dapat menyebabkan korosi atau pembentukan kerak pada sistem boiler.

ii. Unit Deaerator

Pada unit deaerator dengan N_2H_4 (hidrazin), hidrazin digunakan untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air umpan boiler dengan cara mengikat oksigen dan mengubahnya menjadi air. Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam reaksi ini, hidrazin (N_2H_4) bereaksi dengan oksigen (O_2) terlarut dalam air untuk membentuk air (H_2O) dan nitrogen (N_2) yang tidak berbahaya. Nitrogen yang dihasilkan kemudian dibuang melalui saluran pembuangan gas. Dengan proses ini, oksigen yang dapat menyebabkan korosi pada sistem boiler dihilangkan, sehingga memperpanjang umur peralatan boiler dan meningkatkan efisiensinya. Setelah proses deaerasi selesai, air yang bebas oksigen siap digunakan sebagai air umpan boiler untuk menghasilkan uap.

Tabel 5.5 Spesifikasi Bak Utilitas

Parameter	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Nama Alat	Bak pengendapan awal	Bak pengendapan flok	Bak penampungan sementara	Bak penampungan air pendingin
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter	Menampung air untuk kebutuhan cooling tower
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan Kontruksi	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Kapasitas (m ³)	1798,601	1079,160	179,707	2238,686
Jumlah (buah)	1	1	1	1
Waktu Tinggal	12 jam	6 jam	1 jam	24 jam
Dimensi				
Panjang (m)	15,322	12,923	7,110	16,482
Lebar (m)	15,322	12,923	7,110	16,482
Tinggi (m)	7,661	6,462	3,555	8,241

Tabel 5.6 Spesifikasi Tangki Utilitas

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Nama Alat	Tangki Flukolator	Tangki Larutan Alum	Tangki Air Bertekanan	Tangki Klorinasi
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.	Menyimpan larutan alum 5 %	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jenis	Silinder Berpengaduk	Silinder	silinder tegak	Silinder Tegak
Bahan Kontruksi	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Kapasitas	179,707	6,421	73,440	30,600
Jumlah	1	1	1	1
Waktu Tinggal	1 jam	14 Hari	24 jam	12 jam
Dimensi				
Diameter	6,117	1,599	4,540	3,603
Tinggi	6,117	3,198	4,540	3,603
Jenis Pengaduk	Marine Propeller 3 blade	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-
Power	0,5	-	-	-

Tabel 5.7 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Parameter	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08
Nama Alat	Tangki Penyimpan Kaporit	Tangki Air Bersih	Tangki Air Demin	Tangki N ₂ H ₄
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air bebas mineral sebagai air umpan boiler	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan Kontruksi	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Kapasitas	0,019	73,440	1985,297	107,412
Jumlah	1	1	1	1
Waktu Tinggal	7 Hari	24 jam	24 jam	90 Hari
Dimensi				
Diameter	0,289	4,540	13,624	5,153
Tinggi	0,289	4,540	13,624	5,153

Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Penukar Ion

Parameter	MB-01
Nama Alat	Mixed Bed
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Bahan Kontruksi	Stainless Steel
Kapasitas Tangki	303,507 gpm
Kapasitas Resin	36079,517 m ³
Jumlah	1 buah
Waktu Operasi	12 jam
Spesifikasi	
Tinggi Bed	1,27 m
Diameter Tangki	2,447 m
Tinggi Tangki	1,524 m
Tebal Tangki	3/16 in

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai ke Screening (FU-01)	Mengalirkan air dari Screening (FU-01) ke Bak pendendapan I (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak pengendapan I (BU-01) ke Tangki Umpan I (TU-01)	Mengalirkan larutan alum dari Tangki Penyimpanan (TU-02) ke TU-01	Mengalirkan air dari Tangki Umpan I (TU-01) ke Clarifier (CU-01)
Jenis pompa	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Jenis <i>impeller</i>	Axial Flow impeller	Axial Flow impeller	Axial Flow impeller	Radial Flow impeller	Mixed Flow impeller
Kapasitas (m ³ /jam)	175,69	175,69	175,69	0,001	175,69
<i>Total head</i> (ft)	1,69	8,82	4,04	3,20	11,01
Spesifikasi Pipa					
Bahan kontruksi	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel
<i>IPS</i> (in)	8,00	8,00	8,00	0,38	8,00
<i>Sch, No</i>	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
<i>OD</i> (in)	8,63	8,63	8,63	0,41	8,63
<i>ID</i> (in)	7,98	7,98	7,98	0,27	7,98
Spesifikasi Motor					
Efisiensi motor	0,85	0,85	0,85	0,20	0,85
Daya motor (hp)	2,00	10,00	5,00	0,05	10,00

Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Parameter	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Clarifier (CL-01) ke Bak Pengendapan (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan (BU-02) ke Sand Filter (FU-02)	Mengalirkan air dari Sand Filter (FU-02) ke Bak Penampung (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air lanjutan	Mengalirkan air dari Tangki Umpan (TU-04) ke Tangki Umpan (TU-06)
Jenis pompa	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Jenis <i>impeller</i>	Axial Flow <i>impeller</i>	Axial Flow <i>impeller</i>	Axial Flow <i>impeller</i>	Axial Flow <i>impeller</i>	Mixed Flow <i>impeller</i>
Kapasitas (m ³ /jam)	175,69	175,6883845	175,69	175,69	2,99
<i>Total head</i> (ft)	7,53	2,40	4,43	3,73	5,35
Spesifikasi Pipa					
Bahan konstruksi	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel
<i>IPS</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	1,50
<i>Sch, No</i>	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
<i>OD</i>	8,63	8,63	8,63	8,63	1,90
<i>ID</i>	7,98	7,98	7,98	7,98	1,61
Spesifikasi Motor					
Efisiensi motor	0,85	0,85	0,85	0,85	0,20
Daya motor (Hp)	7,50	3,00	5,00	7,50	0,25

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Parameter	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan kebutuhan Kaporit dari Tangki Penyimpanan (TU-05) ke Tangki Umpan (TU-04)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-04) ke Cooling Tower (CT-01)	Mengalirkan air dari Cooling Tower (CT-01) ke Alat Proses (Cooler)	Mengalirkan air recycle dari Alat Proses (Cooler) ke Bak Penampung Air Pendingin (BU-04)	Mengalirkan air dari Mixed Bed ke Tangki Air Demin (TU-07)
Jenis pompa	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Jenis <i>impeller</i>	Radial Flow impeller	Mixed Flow impeller	Axial Flow impeller	Axial Flow impeller	Mixed Flow impeller
Kapasitas (m ³ /jam)	0,0003	91,19	91,19	91,19	80,87
<i>Total head</i> (ft)	3,60	9,51	1,74	9,51	15,82
Spesifikasi Pipa					
Bahan konstruksi	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel
<i>IPS</i>	0,38	6,00	6,00	6,00	6,00
<i>Sch, No</i>	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
<i>OD</i>	0,41	6,63	6,63	6,63	6,63
<i>ID</i>	0,27	6,07	6,07	6,07	6,07
Spesifikasi Motor					
Efisiensi motor	0,20	0,80	0,80	0,80	0,80
Daya motor (Hp)	0,05	5,00	1,00	5,00	7,50

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Parameter	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
Fungsi	Mengalirkan air Tangki Air Demin (TU-07) ke Deaerator	Mengalirkan N ₂ H ₄ dari Tangki Penyimpan (TU-08) ke Deaerator	Mengalirkan air dari Deaerator ke Tangki Umpan Boiler	Mengalirkan Steam dari Tangki Umpan Boiler ke Alat Proses	Mengalirkan Steam Recycle Alat Proses ke TU-07
Jenis pompa	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Jenis <i>impeller</i>	Axial Flow impeller	Axial Flow impeller	Axial Flow impeller	Mixed Flow impeller	Mixed Flow impeller
Kapasitas (m ³ /jam)	80,87	82,88	80,87	80,87	80,87
<i>Total head</i> (ft)	5,52	5,55	5,52	11,42	14,93
Spesifikasi Pipa					
Bahan konstruksi	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel	Comercial Steel
<i>IPS</i>	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
<i>Sch, No</i>	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
<i>OD</i>	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
<i>ID</i>	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07
Spesifikasi Motor					
Efisiensi motor	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Daya motor (Hp)	3,00	3,00	3,00	7,50	7,50

Tabel 5.13 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya

Parameter	FU-01
Nama alat	<i>Screening/</i> Saringan
Fungsi	Menyaring kotoran dari air sungai yang berukuran besar
Material	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas	149.756,086 kg/jam
Panjang	10 ft
Lebar	8 ft
Diameter lubang	1 cm
Jumlah	1 buah
Parameter	FU-02
Nama alat	Sand filter
Fungsi	Menyaring partikel-pengotor halus keluaran dari BU-02
Bentuk	Bak berbentuk balok
Material	Sphere
Ukuran pasir	28 mesh
Spesifikasi	
Volume	18,452 m ³
Panjang	3,329 m
Lebar	3,329 m
Tinggi	1,665 m
Jumlah	1 buah

Tabel 5.14 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya (lanjutan)

Parameter	CL-01
Nama alat	Clarifier
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis	Tangki Silinder Conical Bottom
Waktu tinggal	4 jam
Kapasitas	718,829 m ³
Spesifikasi	
Diameter	9,711 m
Tinggi	9,711 m
Tinggi <i>conical</i>	1,214 m
Tinggi total	10,925 m
Jenis pengaduk	<i>Marine Propeller 3 Blade</i>
Jumlah impeller	1 buah
Power	0,5 hp
Parameter	CT-01
Nama alat	Cooling tower
Fungsi	Mendinginkan warm water dari alat proses
Jenis	Induced draft cooling tower
Material	Carbon steel SA-201 grade A
Kondisi operasi	
Suhu air masuk	45°C
Suhu air keluar	25°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Panjang	1,552 m
Lebar	1,552 m
Tinggi	9,348 m
Jumlah	1 buah

Tabel 5.15 Spesifikasi Filter dan Alat Pendukung lainnya (lanjutan)

Parameter	BL-01
Nama alat	<i>Blower udara</i>
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan oleh CT-01
Jenis	<i>Centrifugal blower</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-201 grade A</i>
Spesifikasi	
Kapasitas	66703,129 m ³ /jam
Efisiensi	86%
<i>Power</i>	7,50
Jumlah	1 buah
Parameter	DE-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler
Jenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas	68,934 kg/jam
Diameter	4,723 m
Tinggi	4,723 m
Volume	82.721 m ³

5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan uap dalam proses produksi dengan menyediakan katel uap (boiler) yang memiliki spesifikasi berikut:

Kapasitas	: 184.388.363,32 kJ/jam
Jenis	: Fire tube boiler
Jumlah	: 1 unit

Spesifikasi uap yang dihasilkan adalah uap superheated dengan suhu 180°C dan tekanan 1 atm. Boiler dilengkapi dengan unit economizer, sistem katup pengaman (safety valve), dan pengaman otomatis lainnya. Air yang berasal dari water treatment plant harus diperhatikan kandungan silika, O₂, Ca, dan Mg yang mungkin masih terikat. Apabila kadar tersebut tidak memenuhi standar, maka bahan kimia perlu ditambahkan ke dalam boiler feed water tank. Selain itu, kadar pH juga perlu diperhatikan dan dijaga antara 10,5 hingga 11,5. Jika pH terlalu tinggi, tingkat korosivitas akan meningkat.

Untuk memudahkan proses penguapan dan mencapai kondisi uap superheated, air akan dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai kondisi saturated liquid pada 1 atm dengan suhu 100°C. Untuk mencapai kondisi saturated liquid, air akan mengalir ke economizer, alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas buang sisa pembakaran batu bara yang keluar dari boiler. Setelah suhu yang diinginkan tercapai, air kemudian akan dipompa menuju boiler.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Pabrik akan memperoleh pasokan listrik dari PLN. Keuntungan menggunakan listrik dari PLN adalah biaya yang relatif rendah, namun kekurangannya adalah ketidakpastian dalam keberlanjutan pasokan listrik dan fluktuasi daya yang tidak tetap. Oleh karena itu, diperlukan sumber daya cadangan untuk memastikan pasokan listrik tetap tersedia jika terjadi gangguan pada pasokan utama.

Untuk itu, pabrik akan dilengkapi dengan unit pembangkit listrik berupa generator. Fungsi generator ini adalah menyediakan listrik cadangan apabila terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN, sehingga pasokan listrik tetap dapat terjaga. Spesifikasi generator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kapasitas : 60.000 kW

Jenis : Generator set

Jumlah : 1 unit

Berikut adalah rincian daya dan kebutuhan listrik pada pabrik ini:

Tabel 5.16 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixing Tank-01	M-01	10	7457
Centrifuge-02	CF-01	75	55927,5
Mixing Tank-02	M-02	15	11185,5
Reaktor Elektrolisis	R-01	32935,502	24560003,84
Filter-01	F-01	50	37285
Dryer-01	D-01	0,3	223,71
Pompa-01	P-01	1,5	1118,55
Pompa-02	P-02	1,5	1118,55
Pompa-03	P-03	1,5	1118,55
Pompa-04	P-04	0,75	559,275
Pompa-05	P-05	0,05	37,285
Pompa-06	P-06	0,25	186,425
Pompa-07	P-07	0,5	372,85
Pompa-08	P-08	0,3	223,71
Pompa-09	P-09	0,75	559,275
Pompa-10	P-10	0,3	223,71
Pompa-11	P-11	0,25	186,425
Pompa-12	P-12	0,125	93,2125
Pompa-13	P-13	0,05	37,285
Pompa-14	P-14	0,125	93,2125
Pompa-15	P-15	0,5	372,85
Screw Conveyor-01	SC-01	0,05	37,285
Screw Conveyor-02	SC-02	0,05	37,285
Screw Conveyor-03	SC-03	0,16	119,312
Screw Conveyor-04	SC-04	1	745,7
Screw Conveyor-05	SC-05	0,05	37,285
Screw Conveyor-06	SC-06	0,05	37,285
Compressor-01	C-01	0,5	372,85
Compressor-02	C-02	0,75	559,275
Compressor-03	C-03	15	11185,5
Compressor-04	C-04	5	3728,5
TOTAL		33116,862	24695243,995

Tabel 5.17 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Daya	
	Hp	Watt
Blower Cooling Tower	7,5	5592,750
Tangki Umpan-01	0,5	372,850
Clarifier Utilitas	0,5	372,850
Udara Tekan	7,5	5592,750
Pompa Utilitas-01	2	1491,400
Pompa Utilitas-02	10	7457,000
Pompa Utilitas-03	5	3728,500
Pompa Utilitas-04	0,05	37,285
Pompa Utilitas-05	10,00	7457,000
Pompa Utilitas-06	7,50	5592,750
Pompa Utilitas-07	3,00	2237,100
Pompa Utilitas-08	5,00	3728,500
Pompa Utilitas-09	7,50	5592,750
Pompa Utilitas-10	0,25	186,425
Pompa Utilitas-11	0,05	37,285
Pompa Utilitas-12	5,00	3728,500
Pompa Utilitas-13	1,00	745,700
Pompa Utilitas-14	5,00	3728,500
Pompa Utilitas-15	7,50	5592,750
Pompa Utilitas-16	3,00	2237,100
Pompa Utilitas-17	3,00	2237,100
Pompa Utilitas-18	3,00	2237,100
Pompa Utilitas-19	7,50	5592,750
Pompa Utilitas-20	7,50	5592,750
TOTAL	108,8500	81169,445

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk mengoperasikan instrumen-instrumen kontrol proses. Udara tekan yang dibutuhkan memiliki tekanan 5,5 bar dan harus dalam kondisi bersih. Di pabrik sodium hidroksida ini, terdapat 35 instrumen kontrol yang membutuhkan udara tekan untuk penggerakannya. Total kebutuhan udara tekan mencapai 59,472 m³/jam. Udara tekan yang digunakan berasal dari lingkungan sekitar dan akan dialirkan melalui compressor. Spesifikasi compressor yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.18 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	59,472 m ³ /jam
Daya motor	7,5 Hp
Jumlah	1 buah

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertanggung jawab untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar di pabrik. Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar dengan spesifikasi sebagai berikut:

Specific gravity	: 0,87
Densitas	: 870 kg/m ³
Heating value	: 250.000,00 BTU/gal

Pemilihan bahan bakar ini didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah, harga yang murah, kemudahan dalam memperoleh, dan kemampuan untuk disimpan dengan mudah. Bahan bakar yang disediakan oleh unit ini akan digunakan untuk keperluan boiler dan generator. Total kebutuhan bahan bakar untuk boiler adalah 5,8741 m³/jam, sementara untuk generator adalah 2,993 m³/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Selama proses produksi, pabrik menghasilkan limbah industri yang perlu diproses sebelum dibuang ke lingkungan, karena limbah tersebut dapat berisiko merusak lingkungan sekitar. Oleh karena itu, setiap pabrik membutuhkan unit pengolahan limbah yang berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan. Jenis limbah yang dihasilkan meliputi:

- a. Air Buangan Sanitasi yang berasal dari toilet, dapur, dan pencucian. Limbah ini akan dikumpulkan dalam unit stabilisasi dan diolah menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin digunakan sebagai disinfektan karena kemampuannya untuk membunuh mikroorganisme penyebab penyakit.
- b. Air Buangan Utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa, sehingga perlu dinetralisasi dengan menambahkan H_2SO_4 atau $NaOH$. Setelah proses penetralan, air ini akan dialirkan ke penampungan akhir sebelum dibuang.
- c. Air sisa pencucian peralatan umumnya mengandung total dissolved solid (TDS) dan partikel padat yang tidak terlarut. Partikel ini berasal dari sisa bahan yang menempel pada peralatan setelah pabrik beroperasi. Air sisa ini akan diolah lebih lanjut dan dibuang sebagai limbah.
- d. Gas buangan yang dihasilkan di pabrik ini terdiri dari CO_2 dan N_2 . Gas-gas ini berasal dari pembakaran bahan bakar di boiler, generator listrik, dan *rotary dryer*. Gas-gas ini perlu diawasi dengan ketat agar dapat terkondensasi dengan sempurna.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan keberhasilan investasi modal dalam produksi pabrik. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan modal investasi, estimasi laba, waktu pengembalian modal, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan yang dihasilkan. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi ekonomi terhadap suatu pabrik dengan tujuan untuk menentukan apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk dibangun. Beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
4. Analisa Keuntungan
5. Analisa Kelayakan
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI)
 - b. *Pay Out Time* (POT)
 - c. *Break Event Point* (BEP)
 - d. *Shut Down Point* (SDP)
 - e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

6.1 Penaksiran harga alat

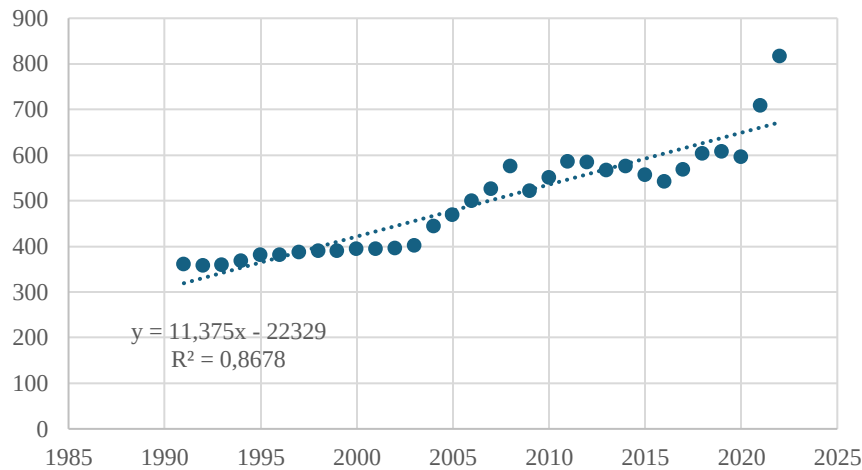
Setiap tahunnya, harga peralatan dapat berubah-ubah naik atau turun tergantung kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Salah satu cara untuk memperkirakan harga

peralatan adalah dengan menggunakan indeks harga peralatan operasi pada tahun tersebut sebagai acuan.

Tabel 6.1. Data Indeks Harga Alat

No.	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1
6	1996	381,7
7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,3
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6
17	2007	525,4
18	2008	575,4
19	2009	521,9
20	2010	550,8
21	2011	585,7
22	2012	584,6
23	2013	567,3
24	2014	576,1
25	2015	556,8
26	2016	541,7
27	2017	567,5
28	2018	603,1
29	2019	607,5
30	2020	596,2
31	2021	708,8
32	2022	816

Berdasarkan data di atas, dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan grafik hasil *plotting* data:



Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga

Sehingga dari grafik di atas, didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = 11,375x - 22329 \quad (6.1)$$

$$R^2 = 0,8678 \quad (6.2)$$

Pabrik Sodium hidroksida dengan kapasitas 40.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun tahun 2030, maka dari persamaan regresi linear diperoleh indeks sebesar 762,250. Harga-harga alat dan lainnya akan diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga berdasarkan referensi. (Peters and Timmerhaus, 1990) & (Aries and Newton, 1995). Oleh karena itu, harga alat dapat dicari menggunakan persamaan:

$$E(X) = E(Y) \times \frac{Nx}{Ny} \quad (6.3)$$

Dimana:

E_x = Harga pembelian pada tahun 20230

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx = Indeks harga pada tahun 2030

Ny = Indeks harga pada tahun referensi 2014

Berdasarkan rumus, didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut:

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Jumlah	Kode Alat	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2030
Mixer	1	M-01	\$79.000,00	\$103.778,97
Mixer	1	M-02	\$79.000,00	\$103.778,97
Centrifuge	1	CF-01	\$23.600,00	\$31.002,33
Reaktor sel elektrolisis	1	R-01	\$181.000,00	\$237.772,08
Drying Tower	1	DT-01	\$20.000,00	\$26.273,16
Evaporator	1	EV-01	\$90.300,00	\$118.623,31
Evaporator	1	EV-02	\$81.700,00	\$107.325,85
Double Drum Dryer	1	D-01	\$103.700,00	\$136.226,32
Silo Tank	1	SL-01	\$15.700,00	\$20.624,43
Silo Tank	1	SL-02	\$17.400,00	\$22.857,65
Silo Tank	1	SL-03	\$19.000,00	\$24.959,50
Silo Tank	1	SL-04	\$28.000,00	\$36.782,42
Silo Tank	1	SL-05	\$17.600,00	\$23.138,59
Taangki Penyimpanan brine	1	T-01	\$20.600,00	\$27.061,35
Tangki penyimpanan H2SO4	1	T-02	\$10.200,00	\$13.399,31
Rotary Drum Filter	1	F-01	\$115.400,00	\$151.596,12
Tangki penyimpanan H2SO4	1	T-03	\$10.200,00	\$13.399,31
Tangki penyimpanan Cl	4	T-04(A-D)	\$20.200,00	\$106.143,56
Tangki penyimpanan H2	1	T-05	\$23.400,00	\$30.739,60
Compressor	1	C-01	\$2.000,00	\$2.627,32
Compressor	1	C-02	\$2.000,00	\$2.627,32
Compressor	1	C-03	\$4.600,00	\$6.042,83
Compressor	1	C-04	\$3.600,00	\$4.729,17
Screw Conveyor	1	SC-01	\$3.100,00	\$4.072,34
Screw Conveyor	1	SC-02	\$3.100,00	\$4.072,34
Screw Conveyor	1	SC-03	\$3.100,00	\$4.072,34
Screw Conveyor	1	SC-04	\$3.100,00	\$4.072,34

Tabel 6.3 Harga Alat Proses (lanjutan)

Nama Alat	Jumlah	Kode Alat	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2030
Screw Conveyor	1	SC-05	\$3.100,00	\$4.072,34
Screw Conveyor	1	SC-06	\$3.100,00	\$4.072,34
Pompa	1	P-01	\$6.300,00	\$8.276,04
Pompa	1	P-02	\$6.300,00	\$8.276,04
Pompa	1	P-03	\$6.300,00	\$8.276,04
Pompa	1	P-04	\$8.300,00	\$10.903,36
Pompa	1	P-05	\$3.200,00	\$4.203,71
Pompa	1	P-06	\$3.200,00	\$4.203,71
Pompa	1	P-07	\$8.300,00	\$10.903,36
Pompa	1	P-08	\$6.300,00	\$8.276,04
Pompa	1	P-09	\$6.300,00	\$8.276,04
Pompa	1	P-10	\$3.900,00	\$5.123,27
Pompa	1	P-11	\$5.100,00	\$6.699,66
Pompa	1	P-12	\$3.900,00	\$5.123,27
Pompa	1	P-14	\$3.900,00	\$5.123,27
Pompa	1	P-15	\$3.900,00	\$5.123,27
Cooler	1	CL-01	\$16.100,00	\$21.149,89
Cooler	1	CL-02	\$19.800,00	\$26.010,43
Cooler	1	CL-03	\$27.700,00	\$36.388,32
Cooler	1	CL-04	\$25.500,00	\$33.498,28
Cooler	1	CL-05	\$28.400,00	\$37.307,88
Cooler	1	CL-06	\$38.200,00	\$50.181,73
Heater	1	HT-01	\$13.400,00	\$17.603,02
Total			\$1.210.400,00	\$1.669.659,20

Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Kode Alat	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2030
1	Screening/ saringan	1	FU-01	\$125,86	\$162,87
2	Clarifier	1	CU-01	\$4.500,00	\$5.823,24
3	Cooling Tower	1	CT-01	\$6.800,00	\$8.799,57
4	Mixed Bed	1	MB-01	\$12.000,00	\$15.528,65
5	Boiler	1	BO-01	\$5.000,00	\$6.470,27
6	Kompresor	1	C-01	\$2.700,00	\$3.493,95
7	Bak pengendapan -1	1	BU-01	\$1.600,00	\$2.070,49
8	Bak pengendapan -2	1	BU-02	\$1.600,00	\$2.070,49
9	Bak saringan pasir	1	FU-2	\$1.000,00	\$1.294,05
10	Bak penampungan Sementara	1	BU-03	\$1.600,00	\$2.070,49
11	Bak air pendingi	1	BU-04	\$1.600,00	\$2.070,49
12	Tangki Tawas	1	TU-02	\$1.250,00	\$1.617,57
13	Tangki Flokulator	1	TU-01	\$3.200,00	\$4.140,97
14	Tangki Klorinasi	1	TU-04	\$3.370,00	\$4.360,96
15	tangki Kaporit	1	TU-05	\$1.250,00	\$1.617,57
16	Tangki Air Bersih	1	TU-06	\$1.250,00	\$1.617,57
17	Tangki air bertekanan	1	TU-03	\$1.250,00	\$1.617,57
18	Tangki umpan Boiler	1	T-10	\$1.250,00	\$1.617,57
19	Tangki H2SO4	1	TU-12	\$1.250,00	\$1.617,57
20	Tangki NaOH	1	TU-09	\$1.250,00	\$1.617,57
21	Tangi Deaerator	1	DE-01	\$1.250,00	\$1.617,57
22	Tangki N2H4	1	TU-08	\$1.250,00	\$1.617,57
23	Tangki Air Demin	1	TU-07	\$1.250,00	\$1.617,57
24	Tangki Bahan Bakar	1	TU-11	\$1.250,00	\$1.617,57
25	Blower	1	BL-01	\$1.200,00	\$1.552,87
26	Pompa Utilitas	1	PU-1	\$10.200,00	\$13.199,35
27	Pompa Utilitas	1	PU-2	\$10.200,00	\$13.199,35
28	Pompa Utilitas	1	PU-3	\$10.200,00	\$13.199,35
29	Pompa Utilitas	1	PU-4	\$2.400,00	\$3.105,73
30	Pompa Utilitas	1	PU-5	\$10.200,00	\$13.199,35
31	Pompa Utilitas	1	PU-6	\$10.200,00	\$13.199,35
32	Pompa Utilitas	1	PU-7	\$10.200,00	\$13.199,35
33	Pompa Utilitas	1	PU-8	\$10.200,00	\$13.199,35

Tabel 6.5 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

No	Nama Alat	Jumlah	Kode Alat	EY (\$)	EX (\$)
				2014	2030
34	Pompa Utilitas	1	PU-9	\$10.200,00	\$13.199,35
35	Pompa Utilitas	1	PU-10	\$10.200,00	\$13.199,35
36	Pompa Utilitas	1	PU-11	\$3.900,00	\$5.046,81
37	Pompa Utilitas	1	PU-12	\$2.400,00	\$3.105,73
38	Pompa Utilitas	1	PU-13	\$9.300,00	\$12.034,70
39	Pompa Utilitas	1	PU-14	\$9.300,00	\$12.034,70
40	Pompa Utilitas	1	PU-15	\$9.300,00	\$12.034,70
41	Pompa Utilitas	1	PU-16	\$9.300,00	\$12.034,70
42	Pompa Utilitas	1	PU-17	\$9.300,00	\$12.034,70
43	Pompa Utilitas	1	PU-18	\$9.300,00	\$12.034,70
44	Pompa Utilitas	1	PU-19	\$9.300,00	\$12.034,70
45	Pompa Utilitas	1	PU-20	\$9.300,00	\$12.034,70
Total				\$197.745,86	\$255.893,88

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 40.000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$
: Rp 16.365,00
- e. Tahun pabrik didirikan : 2030

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (Capital Investment)

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari:

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6.6 *Direct Plant Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Purchase Equipments Cost</i>	Rp 32.376.145.765,00	\$1.973.691,89
<i>Installation. Insultation. Painting</i>	Rp 17.806.880.170,75	\$1.085.530,54
<i>Instrumentation and Controls</i>	Rp 9.712.843.729,50	\$592.107,57
<i>Piping</i>	Rp 17.806.880.170,75	\$1.085.530,54
<i>Electrical</i>	Rp 9.712.843.729,50	\$592.107,57
<i>Buildings. Process and Auxiliary</i>	Rp 77.902.200.000,00	\$4.749.019,29
<i>Service Facilities and Yard</i>	Rp 25.900.916.612,00	\$1.578.953,51
<i>Land</i>	Rp 2.179.755.000,00	\$132.880,70
Total	Rp 161.022.319.412,49	\$9.816.129,71

Tabel 6.7 *Indirect Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Engineering. Supervision</i>	Rp 32.204.463.882,50	\$1.963.225,94
<i>Construction</i>	Rp 32.204.463.882,50	\$1.963.225,94
Total	Rp 64.408.927.765,00	\$3.926.451,89

Tabel 6.8 *Contractor fee & Contingency*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Contractor fee</i>	Rp 45.086.249.435,50	\$2.748.516,32
<i>Contingency</i>	Rp 33.814.687.076,62	\$2.061.387,24

Tabel 6.9 *Total Fixed Capital Investment*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Total Direct Cost</i>	Rp 161.022.319.412,49	\$9.816.129,71
<i>Total Indirect Cost</i>	Rp 64.408.927.765,00	\$3.926.451,89
<i>Contractor fee</i>	Rp 45.086.249.435,50	\$2.748.516,32
<i>Contingency</i>	Rp 33.814.687.076,62	\$2.061.387,24
Total	Rp 304.332.183.689,60	\$18.552.485,16

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 6.10 *Working Capital Investment*

<i>Type of Working Capital</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 27.341.111.829,60	\$1.666.749,69
<i>Inprocess Inventory</i>	Rp 39.929.634.693,02	\$2.434.162,39
<i>Produck Inventory</i>	Rp 79.859.269.386,04	\$4.868.324,78
<i>Extended Credit</i>	Rp 967.740.942,96	\$58.994,74
<i>Available cash</i>	Rp 79.859.269.386,04	\$4.868.324,78
Total	Rp 227.957.026.237,65	\$13.896.556,37

6.3.2 Biaya Produksi

Manufacturing Cost merupakan jumlah yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing Cost* meliputi:

a Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 6.11 *Direct Manufacturing Cost*

Type of Manufacturing Cost	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material</i>	Rp 300.752.230.125,60	\$18.334.246,54
<i>Labor</i>	Rp 24.810.000.000,00	\$1.512.449,82
<i>Direct Supervisory and Clerical Labor</i>	Rp 2.481.000.000,00	\$151.244,98
<i>Maintenance</i>	Rp 24.346.574.695,17	\$1.484.198,81
<i>Operating Supplies</i>	Rp 2.434.657.469,52	\$148.419,88
<i>Royalty and Patents</i>	Rp 10.645.150.372,56	\$648.942,19
<i>Utilities</i>	Rp 464.057.488.540,80	\$28.289.547,18
Total	Rp 829.527.101.203,65	\$50.569.049,41

b Biaya Produksi Tidak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

Tabel 6.12 *Indirect Manufacturing Cost*

Type of Manufacturing Cost	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 3.721.500.000,00	\$226.867,47
<i>Laboratory</i>	Rp 2.481.000.000,00	\$151.244,98
<i>Plant Overhead</i>	Rp 4.962.000.000,00	\$302.489,96
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 1.240.500.000,00	\$75.622,49
Total	Rp 12.405.000.000,00	\$756.224,91

c Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

Fixed Manufacturing Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak/pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6.13 *Fixed Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 24.346.574.695,17	\$1.484.198,81
<i>Property Taxes</i>	Rp 9.129.965.510,69	\$556.574,55
<i>Insurance</i>	Rp 3.043.321.836,90	\$185.524,85
Total	Rp 36.519.862.042,75	\$2.226.298,22

Tabel 6.14 *Total Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Direct Cost</i>	Rp 829.527.101.203,65	\$50.569.049,41
<i>Indirect Cost</i>	Rp 12.405.000.000,00	\$756.224,91
<i>Fixed Cost</i>	Rp 36.519.862.042,75	\$2.226.298,22
Total	Rp 878.451.963.246,40	\$53.551.572,54

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses merupakan pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

Tabel 6.15 *General Expenses*

<i>Type of Expenses</i>	Biaya(Rp)	Biaya(\$)
<i>Administration</i>	Rp 26.353.558.897,39	\$1.606.547,18
<i>Sales</i>	Rp 17.569.039.264,93	\$1.071.031,45
<i>Research</i>	Rp 30.745.818.713,62	\$1.874.305,04
<i>Finance</i>	Rp 5.322.892.099,27	\$324.490,42
Total	Rp 79.991.308.975,22	\$4.876.374,08

Tabel 6.16 *Total Production Cost*

<i>Type of Production Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing Cost</i>	Rp 878.451.963.246,40	\$53.551.572,54
<i>General Expenses</i>	Rp 79.991.308.975,22	\$4.876.374,08
Total	Rp 958.443.272.221,61	\$58.427.946,62

6.3.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan	: Rp 1.064.515.037.256,00
Total Production Cost	: Rp 958.443.272.221,61
Keuntungan	: Total Penjualan – Total Production Cost
	: Rp 106.071.765.043,39

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan	: Rp 21.214.353.006,88
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak - Pajak
	: Rp 84.857.412.027,51

6.3.5 Analisis Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk mengetahui laba yang didapat agar mendapatkan keuntungan maksimum dan dapat melihat besar atau kecil hasil keuntungan, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari segi ekonomi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melihat kelayakan suatu pabrik, antara lain:

a. *Return on Investment (ROI)*

Return on Investment adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap. Untuk *industrial chemical product* dengan *high risk* nilai ROI minimal 44% sebelum pajak dan *low risk* 11% sebelum pajak (Aries and Newton, 1955).

$$ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.4)$$

$$ROI_b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.5)$$

$$ROI_a = \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.6)$$

$$\begin{aligned} ROI_b &= \text{ROI sebelum pajak} \\ &= 35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ROI_a &= \text{ROI setelah pajak} \\ &= 28\% \end{aligned}$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time merupakan waktu yang diperlukan pengembalian modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT_b = \frac{\text{Fix Capital Investment}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}} \quad (6.7)$$

$$POT_a = \frac{\text{Fix Capital Investment}}{\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{Depresiasi}} \quad (6.8)$$

$$\begin{aligned} POT_b &= \text{POT sebelum pajak} \\ &= 3 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT}_a &= \text{POT setelah pajak} \\ &= 3 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

c. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian). Kapasitas produksi saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untuk jika beroperasi di atasnya.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.9)$$

Dimana:

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 6.17 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 24.346.574.695,17	\$1.484.198,81
<i>Insurance</i>	Rp 3.043.321.836,90	\$185.524,85
<i>Property Txaes</i>	Rp 9.129.965.510,69	\$556.574,55
Total	Rp 36.519.862.042,75	\$2.226.298,22

Tabel 6.18 *Annual variable value (Va)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>Raw Material</i>	Rp 300.752.230.125,60	\$18.334.246,54
<i>packaging and shipping</i>	Rp 1.240.500.000,00	\$75.622,49
<i>Utilities</i>	Rp 464.057.488.540,80	\$28.289.547,18
<i>Royalties and Patents</i>	Rp 10.645.150.372,56	\$648.942,19
Total	Rp 776.695.369.038,96	\$47.348.358,41

Tabel 6.19 *Annual regulated expenses (Ra)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>General Expense</i>	Rp 79.991.308.975,22	\$4.876.374,08
<i>Labor</i>	Rp 24.810.000.000,00	\$1.512.449,82
<i>Supervision</i>	Rp 2.481.000.000,00	\$151.244,98
<i>Maintenance</i>	Rp 24.346.574.695,17	\$1.484.198,81
<i>Plant Supllies</i>	Rp 2.434.657.469,52	\$148.419,88
<i>Plant overhead</i>	Rp 4.962.000.000,00	\$302.489,96
<i>Laboratory</i>	Rp 2.481.000.000,00	\$151.244,98
<i>Payroll overhead</i>	Rp 3.721.500.000,00	\$226.867,47
Total	Rp 145.228.041.139,90	\$8.853.290,00

Tabel 6.20 *Annual sales value (Sa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>Annual Sales Value</i>	Rp 1.064.515.037.256,00	\$64.894.219,18
Total	Rp 1.064.515.037.256,00	\$64.894.219,18

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada *range* 40% - 60%. Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas, didapatkan nilai BEP sebesar:

$$\text{BEP} = 43,02\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* yang menyebabkan pabrik harus ditutup (Aries and Newton, 1955). Keadaan ini terjadi apabila *output* turun sampai di bawah BEP sehingga biaya untuk melanjutkan pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%.

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.10)$$

$$SDP = 23,40\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate adalah *interest rate* yang diperoleh Ketika seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk proses produksi. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah kali bunga pinjaman bank. DCFR dapat dihitung dengan metode *Present Value Analysis*.

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.11)$$

Dimana:

N = Umur pabrik 10 tahun

FC = Rp84.857.412.027,51

WC = Rp227.957.026.237,65

SV = Rp30.433.218.368,96

CF= Rp114.526.878.821,95

I = Interest/DCFR = 0,3772

Suku bunga bank Indonesia 2030 = $1,5 \times 5,75\%$

= 8,63%

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini = 5,75%)

Dari trial and error, diperoleh nilai DCFR = 37,73% dengan minimum nilai

DCFR = 8,63%

6.3.6 Analisis Risiko Pabrik

Untuk mendirikan suatu pabrik, risiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut memiliki risiko yang rendah (low risk) atau berisiko tinggi (high risk). Adapun parameter untuk menentukan pabrik Sodium Hidroksida yang akan berdiri. Parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 6.21 Analisa Risiko Pabrik

No.	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu tertinggi dalam proses 150 °C	✓	
		Tekanan 1 atm	✓	
2	Proses Produksi	Dampak pencemaran lingkungan rendah dan efisiensi energi yang tinggi	✓	
3	Karakteristik bahan Baku dan produk	Natrium Hidroksida	✓	
		Natrium Klorida	✓	
		Natrium Karbonat	✓	
		Asam Sulfat		✓
		Hidrogen		✓
		Klorin		✓
4	Keberadaan Pabrik	Pabrik yang memproduksi NaOH sudah banyak berdiri di Indonesia. pabrik yang sudah berdiri sudah mematuhi dan sudah dievaluasi dari segi keselamatan keselamatan kerja (K3) dalam pabrik.	✓	

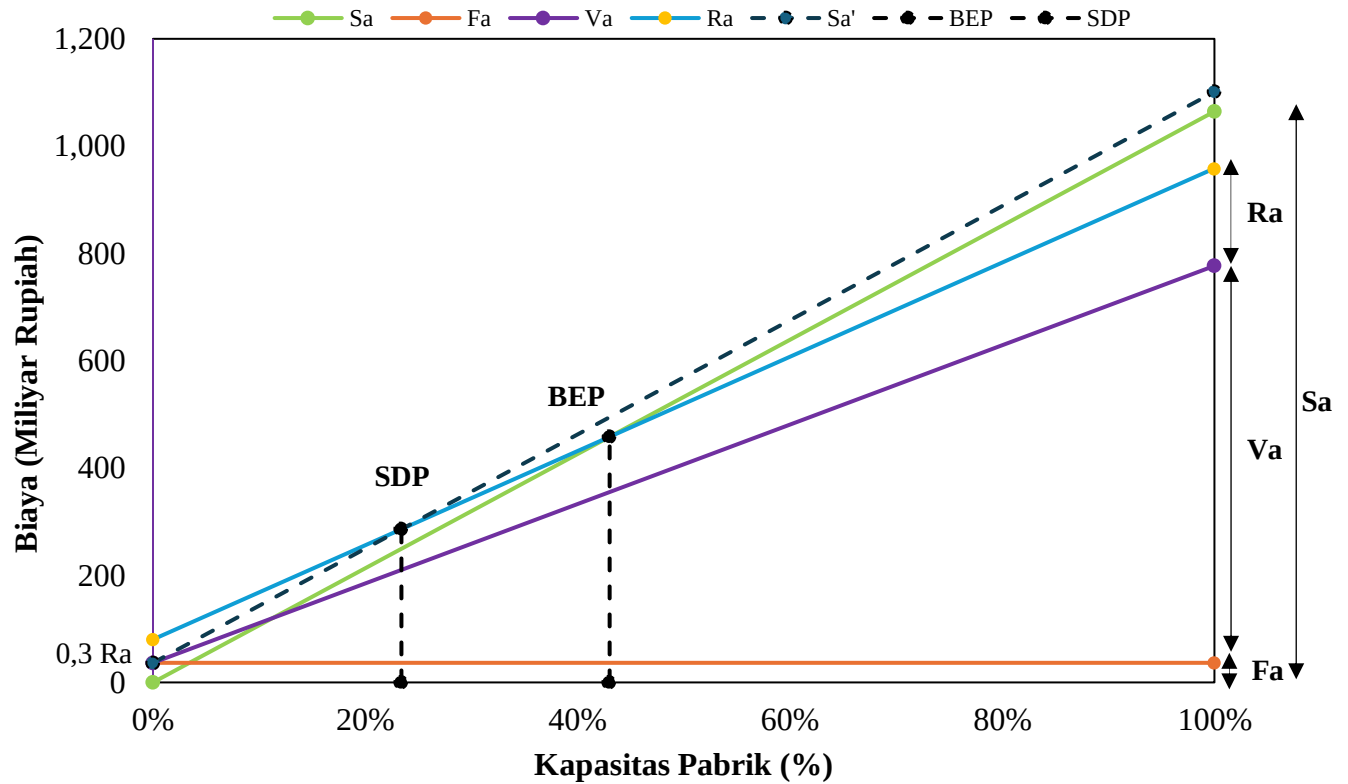
Berdasarkan parameter di atas dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik Sodium Hidroksida ini memiliki resiko yang rendah (low risk).

Tabel 6.22 Hasil Analisa Kelayakan

Kriteria	Nilai	Persyaratan	Referensi	Layak/Tidak
ROI (<i>before tax</i>)	35%	ROI before taxes minimal 11%	Aries Newton, 1955	Layak
ROI (<i>after tax</i>)	28%			
POT (<i>before tax</i>)	3	POT before taxes maximal 5 tahun	Aries Newton, 1955	Layak
POT (<i>after tax</i>)	3			
BEP	43,02%	40-60%	-	Layak
SDP	23,40%	-	-	Layak
DCFR	37,73%	>1,5 bunga bank minimum =8,63%	-	Layak

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik sodium hidroksida ini menguntungkan dan layak untuk didirikan. hasil analisis didapatkan bahwa nilai ROI sebelum pajak telah memenuhi syarat untuk pabrik *low risk* yaitu diatas 11% sedangkan POT juga sudah memenuhi syarat yaitu dibawah 5 tahun. Sedangkan nilai BEP yang didapatkan sudah diantara 40%-60% dari kapasitas produksi dan SDP yaitu 20%.

Dengan Analisa ekonomi, didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik Analisis Ekonomi

- F_a = Annual Fixed Cost
- V_a = Annual Variable Cost
- R_a = Annual Regulated Cost
- S_a = Annual Sales Cost
- SDP = Shut Down Point
- BEP = Break Event Point

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Pendirian pabrik sodium hidroksida dari natrium klorida ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik, khususnya di Pulau Jawa - Bali, mengurangi ketergantungan pada impor, menciptakan lapangan kerja, serta mendukung pertumbuhan ekonomi.
2. Prarancangan pabrik sodium hidroksida dengan kapasitas 40.000 ton per tahun 2030 akan dibangun di Desa Citemu, Kecamatan Mundu, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat, dengan luas lahan 21.797,55 m² dan melibatkan 212 pekerja.
3. Dari sisi ekonomi, hasil evaluasi menunjukkan bahwa pendirian pabrik ini sangat menguntungkan dan memiliki risiko rendah, dengan beberapa indikator berikut:
 - a. **Return On Investment (ROI)**
ROI sebelum pajak = 35%
ROI sesudah pajak = 28%
 - b. **Pay Out Time (POT)**
POT sebelum pajak = 3 tahun
POT sesudah pajak = 3 tahun
 - c. **Break Even Point (BEP)** = 43,02%
 - d. **Shut Down Point (SDP)** = 23,40%
 - e. **Discounted Cash Flow Rate (DCFR)** = 37,73%

7.2 Saran

Dalam merancang pabrik kimia, penting untuk memiliki pengetahuan dan pemahaman yang didukung oleh referensi serta analisis lain yang relevan untuk meningkatkan kelayakan pendirian pabrik. Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain:

- a. Optimalisasi pemilihan alat proses dan bahan baku pendukung untuk memaksimalkan keuntungan yang diperoleh.
- b. Perancangan pabrik kimia harus mempertimbangkan produksi limbah, dengan harapan pabrik yang dibangun lebih ramah lingkungan.
- c. Dalam merancang pabrik kimia, diperlukan pemahaman yang mendalam serta pengetahuan yang didukung oleh referensi dan analisis terkait dengan konsep dasar pendirian pabrik. Dengan mempelajari lebih lanjut tentang seluruh konsep tersebut, diharapkan produk Sodium Hidroksida dapat terwujud dan berfungsi sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan domestik serta meningkatkan ekspor di masa depan, yang diperkirakan akan terus meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. and Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Bang, J.-H., Yoo, Y., Lee, S.-W., Song, K., & Chae, S. (2017). CO₂ Mineralization Using Brine Discharged from a Seawater Desalination Plant. *Minerals*, 7(11), 207. <https://doi.org/10.3390/min7110207>
- 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.
- 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
- Goldratt, E. M. (1984). *The Theory of Constraints*. North River Press.

- Haynes, W. M. (Ed.). (2016). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (97th ed.). CRC Press.
- 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.
- Mc. Ketta, John.(1983). *Encyclopedia Chemical Process and Design*”, Marchell Dekker 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*.
- 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.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (n.d.). Solubility Data Series. Retrieved from <https://www.nist.gov>

Paneerselvam, R. (2018). Production and Operations Management (3rd ed.). PHI Learning.

Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). General Chemistry: Principles and Modern Applications (11th ed.). Pearson.

Rejda, G. E. (2020). Introduction to Risk Management and Insurance (12th ed.). Pearson Education.

Shriver, D. F., & Atkins, P. W. (2018). Inorganic Chemistry (6th ed.). Oxford University Press.

Stevenson, W. J. (2020). Operations Management (13th ed.). McGraw-Hill Education.

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

<https://www.diklatkerja.com/blog/pengembangan-inovatif-produksi-garam-dengan-teknologi-membran-pada-mini-pabrik-garam-dari-rejected-brine> di akses pada 13 Februari 2025

LAMPIRAN 1

PERANCANGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan larutan NaCl dengan H ₂ O sehingga menghasilkan larutan NaOH
Tipe	: Reaktor elektrolisis dari <i>Asahi kasei's tipe ML32NC</i>
Mode operasi	: <i>Kontinyu</i>
Kondisi operasi	
Kondisi proses	: <i>Adiabatic</i>
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 80°C

1. Neraca Massa

Ionisasi garam:	$2\text{NaCl (aq)} \rightarrow 2\text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	(A.1)
	$2\text{KCl (aq)} \rightarrow 2\text{K}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	(A.2)
Anoda:	$2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2 (\text{g}) + 2\text{e}^-$	(A.3)
Katoda:	$2\text{H}_2\text{O(l)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	(A.4)
	$2\text{Na}^+ (\text{aq}) + 2\text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaOH (aq)}$	(A.5)
	$2\text{K}^+ (\text{aq}) + 2\text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow 2\text{KOH (aq)}$	(A.6)
Overall:	$2\text{NaCl (aq)} + 2\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2\text{NaOH (aq)} + \text{Cl}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$	(A.7)
	$2\text{KCl (aq)} + 2\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2\text{KOH (aq)} + \text{Cl}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$	(A.8)

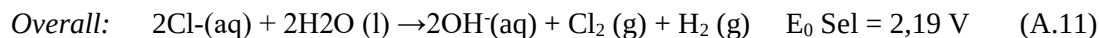
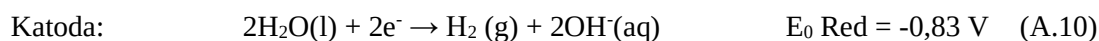
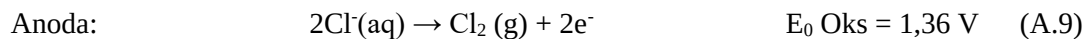
Tabel A.1 Neraca Massa Reaktor-01

Komponen	Input	Output		
	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 18
NaCl	13731,676	6865,838		
KCl	69,287	34,643		
Cl ₂				4182,957
H ₂			117,830	
KOH		26,041		
H ₂ O	41241,952	38656,243		464,773
NaOH		4694,590		
Total	55042,914	50277,355	117,830	4647,730
		55042,914		

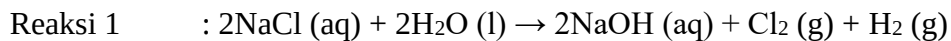
2. Perancangan Reaktor

Diketahui,

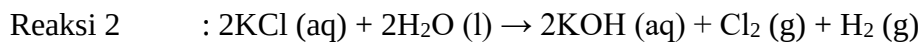
Reaksi yang terjadi:



Dari perhitungan neraca massa,



	2NaCl	2H ₂ O	2NaOH	Cl ₂	H ₂
Mula-mula	234,730	2291,220			
Reaksi	117,365	117,365	117,365	58,682	58,682
Sisa	117,365	2173,855	117,365	58,682	58,682
Massa	6865,838	39129,386	4694,590	4166,449	117,365



	2KCl	2H ₂ O	2KOH	Cl ₂	H ₂
Mula-mula	0,930	2173,855			
Reaksi	0,465	0,465	0,465	0,233	0,233
Sisa	0,465	2173,390	0,465	0,233	0,233
Massa	34,643	39121,016	26,041	16,508	0,465

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^+ dan K^+ . yang berpindah dari anoda menuju katoda untuk berkaitan dengan ion OH^- dan membentuk NaOH serta KOH. Jumlah NaCl dan KCl yang bereaksi sebesar 117,83. Maka ion Na^+ yang berpindah ke anoda juga berjumlah 117,83 Kmol/jam atau 117.830 mol/jam.

Sehingga,

$$I = \text{mol Na}^+ \times N_A \times q \quad (\text{A.12})$$

Keterangan:

- N_A (Bilangan Avogadro) = $6,02 \times 10^{23}$ partikel/mol
- q (Muatan elektron) = $1,6 \times 10^{-19}$ C
- $I = 117830 \frac{\text{mol}}{\text{jam}} \times \left(6,02 \times 10^{23} \frac{\text{partikel}}{\text{mol}} \right) \times 1,6 \times 10^{-19}$ C

Sehingga diperlukan arus minimal sebesar $3,14 \times 10^6 \text{ A} = 3,14 \times 10^3 \text{ kA}$.

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}):

$$I_{od} = \frac{I}{\text{Efisiensi arus}} \quad (\text{A.13})$$

$$I_{od} = \frac{4,43 \times 10^6 \text{ A}}{95\%} = 3,31 \times 10^6 \text{ A} = 3,31 \times 10^3 \text{ kA}$$

c. Menghitung Waktu Reaksi

$$t = \frac{F \times m}{I_{od} \times \text{BM}} \quad (\text{A.14})$$

Keterangan:

- t = Waktu reaksi (s).
- F = Konstanta *Faraday* = 96.485,3 C/mol.
- m = Massa NaOH yang terbentuk = 4.694.590,03 g
- I_{od} = Kuat arus (C/s).
- BM = Berat molekul NaOH = 39,99 g/mol.

$$t = \frac{96.485,3 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \times 4.694.590,03 \text{ g}}{3,31 \times 10^6 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 39,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

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

d. Menghitung Power Elektroda

$$P = V \times I_{od} \quad (\text{A.15})$$

Keterangan:

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

$$P \text{ Elektroda} = 3,19 \text{ V} \times (3,31 \times 10^3 \text{ kA})$$

$$P \text{ Elektroda} = 10.544,32 \text{ kW} = 10,54 \text{ MW}$$

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 *ML32NC*.

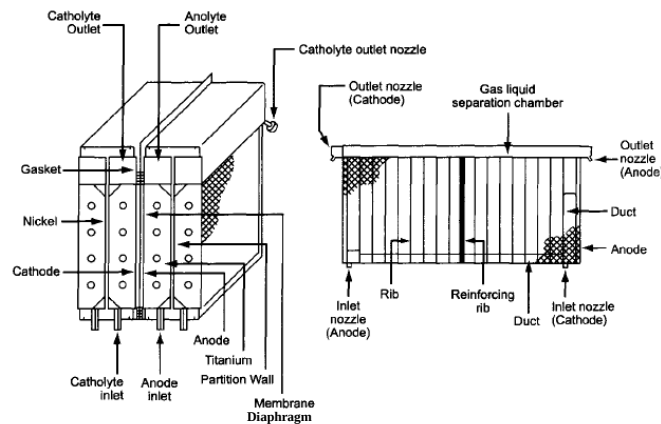


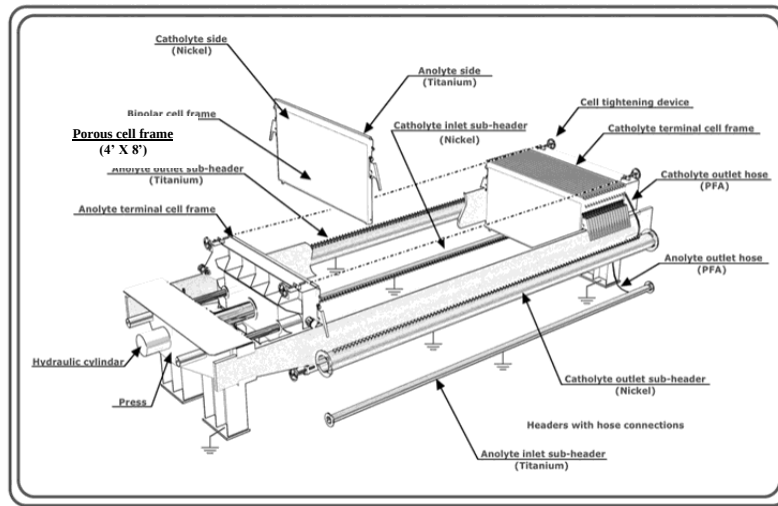
FIGURE 5.24. Schematic of Asahi Kasei's ML32NC and ML60NC cells. (With permission from Asahi Kasei Chemicals.)

Gambar A.1 Asahi Kasei's ML32NC

(Sumber: O'brein, 2004)

Dengan spesifikasi yaitu:

- Tipe Cell : Porous
- Jenis Cell : Polymer-Based Diaphragm
- Anode gasket : PTFE
- Cathode gasket : EPDM
- Tekanan Operasi : 1 atm
- Suhu operasi : 80°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



Gambar A.2 Perancangan Reaktor Elektrolisis

(Sumber: www.asahikasei.co.jp)

f. Menentukan jumlah *cell*

Tipe *ML32NC* memiliki *effective area* sebesar = 5,05 m²

Maka arus tiap *cell*

$$I = A \times J \quad (\text{A.16})$$

Keterangan:

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

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

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

Maka banyaknya *cell* yang dibutuhkan (n)

$$n = \frac{\text{total kebutuhan arus}}{\text{arus tiap cell}} \quad (\text{A.17})$$

$$n = \frac{3,31 \times 10^3 \text{ kA}}{25,25 \text{ kA}}$$

$$n = 130,91 \approx 131 \text{ buah}$$

Sehingga

Panjang total rangkaian cell (P_t):

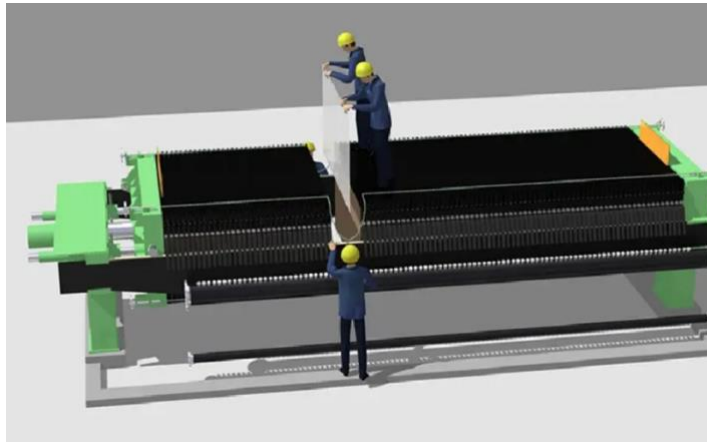
$$P_t = n \times \text{panjang 1 cell} \quad (\text{A.18})$$

$$P_t = 131 \times 0,08 \text{ m} = 10,47 \text{ m}$$

Volume luar rangkaian cell (V_t):

$$V_t = P_t \times l \times h \quad (\text{A.19})$$

$$V_t = 10,47 \text{ m} \times 3,86 \text{ m} \times 1,67 \text{ m} = 67,51 \text{ m}^3$$



Gambar A.3 Bentuk Reaktor Elektrolisis

(Sumber: www.asahikasei.co.jp)

g. Perancangan Pemanas Reaktor

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

$$Q = 38.668.273,00 \text{ kJ}$$

Energi listrik yang diperlukan:

$$W = Q = 38.668.273,00 \text{ kJ}$$

Daya listrik yang diperlukan pemanas:

$$W = P \times t \quad (\text{A.20})$$

Keterangan:

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

$$P \text{ Reaktor} = \frac{W}{t} \quad (\text{A.21})$$

$$P \text{ Reaktor} = \frac{38.668.273,00 \text{ kJ}}{3,43 \times 10^3 \text{ s}} = 11.286,32 \text{ kW}$$

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

$$P \text{ Total} = P \text{ reaktor} + P \text{ Elektroda} \quad (\text{A.22})$$

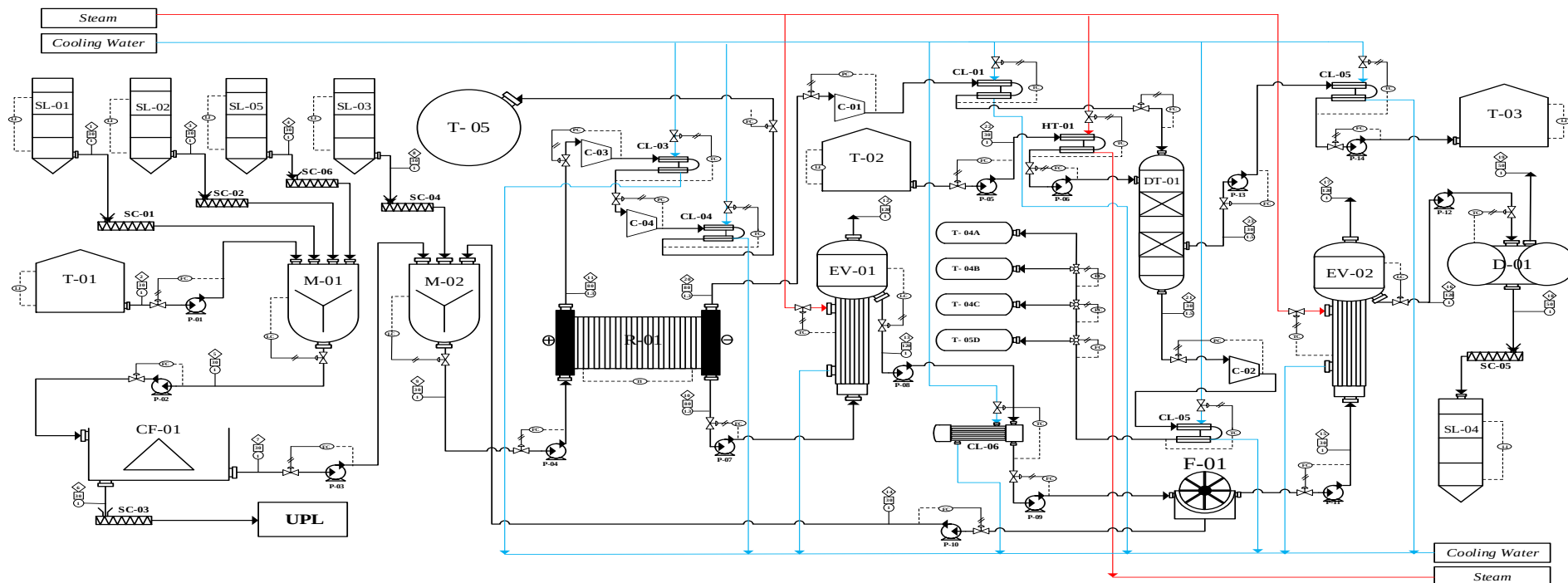
$$P \text{ Total} = 11.286,32 + 10.544,32 \text{ kW}$$

$$P \text{ Total} = 21.830,64 \text{ kW}$$

LAMPIRAN 2

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM **PRA RANCANGAN PABRIK *SODIUM HIDROKSIDA* DARI LIMBAH *BRINE*** **DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)																						
NaCl	1943.590			2492.685		2492.685	4652.140	13609.191	6804.595			6804.595	6464.366	340.230	340.230		336.827	3.402					
KCl	69.479			69.479		69.479		69.479	34.740			34.740		34.740	34.740		34.392	0.347					
CaCl2	39.669																						
MgCl2	135.974																						
CaSO4	54.542																						
MgSO4	302.230																						
CaCO3				75.883	74.365	1.518		1.518	1.518			1.518		1.518	1.518		1.502	0.015					
Mg(OH)2				230.041	225.440	4.601		4.601	4.601			4.601		4.601	4.601		4.555	0.046					
BaCl2			605.548																				
BaSO4			678.393	664.825	13.568		13.568	13.568				13.568		13.568	13.568		13.432	0.136	4145.838	0.136			
Cl																							
H2											116.784												
KOH									26.113			26.113		26.113	26.113		25.852	0.261			4514.357	4514.357	
H2SO4																							
Na2CO3	80.347							40942.754	38379.990			38379.990	11518.163	115.182	11402.981	1149.823	10253.158						
H2O		41239.972		41239.972	412.400	40827.572		40942.754	38379.990			38379.990	11518.163	115.182	11402.981	1149.823	10253.158						
NaOH		315.101							4652.715	27035.131		4652.715		4652.715	4652.715		4652.715			92.955	557.728		
Total	80.347	43785.456	315.101	605.548	44786.452	1377.030	43416.422	4652.140	54641.110	49917.839	116.784	26861.827	23056.012	6579.547	16476.464	6223.306	10253.158	5069.276	1154.030	4606.487	4145.838	4606.487	5067.135

ALAT	KETERANGAN
SL	Silo Tank
T	Tangki
M	Mixing Tank
CF	Centrifuge
R	Reaktor
EV	Evaporator
DT	Drying Tower
F	Filter
D	Dryer
SC	Screw Conveyor
C	Compressor
CL	Cooler
P	Pompa
HT	Heater

Simbol	Keterangan Alat Kontrol
TC	Temperature Controller
TI	Temperature Indicator
PC	Pressure Controller
FC	Flow Controller
LI	Level Indicator
LC	Level Controller
N	Nomor Arus
S	Suhu
T	Tekanan
CV	Control Valve
P	Pipe
SP	Sinyal Pneumatik
SE	Sinyal Elektrik



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM **PRA RANCANGAN PABRIK *SODIUM HYDROXIDE* DARI** **LIMBAH *BRINE* DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

1. Rahinosuryo Hadipamungkas Wibowo (20521020)
2. Intan Kusuma Rachmawati Santoso (20521143)

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng (1052101010)

LAMPIRAN 3
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Rahinosuryo Hadipamungkas Wibowo
 No. Mahasiswa 1 : 20521020
 Nama Mahasiswa 2 : Intan Kusuma Rachmawati Santoso
 No. Mahasiswa 2 : 20521143
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan Pabrik Sodium Hidroksida dari Limbah Brine dengan kapasitas 40.000 ton/tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024
 Selesai Masa Bimbingan : 13 Maret 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	12 Mei 2024	Latar belakang, tinjauan teori, kapasitas	
2	6 September	Produk dan bahan baku	
3	10 September	Diagram alir	
4	30 September	Neraca massa	
5	18 November	Perancangan reaktor elektrolisis	
6	11 Desember	Perancangan alat pendukung	
7	24 Desember	PEFD	
8	31 Desember	Spesifikasi alat	
9	2 Januari 2025	Neraca panas	
10	23 Januari 2025	Lokasi dan tata letak pabrik	
11	28 Januari 2025	Utilitas	
12	29 Januari 2025	Evaluasi ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 30 Januari 2025
 Pembimbing


 (Dr. Dyah Retno S, S.T., M.Eng.)

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy