

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLORIN
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Oleh:

Rizki Argianto

201910235006



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BHAYANGKARA JAKARTA RAYA
2023**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLORIN
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Oleh:

Rizki Argianto

201910235006



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BHAYANGKARA JAKARTA RAYA
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul Skripsi : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin
Dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

Nama : Rizki Argianto

Nomor Pokok Mahasiswa : 201910235006

Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Kimia

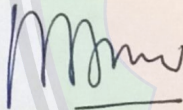
Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juli 2023

Bekasi, 27 Juli 2023

MENYETUJUI,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. M. Samsuri, S.Pd., M.T.

Dr. Tulus Sukreni, S.T., M.T.

NIDN 8807123419

NIDN 0324047505

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin
Dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

Nama Mahasiswa : Rizki Argianto

Nomor Pokok Mahasiswa : 201910235006

Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Kimia

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juli 2023

Bekasi, 27 Juli 2023

MENGESAHKAN,

Ketua Tim Penguji : Lisa Adhani, S.T., M.T.

NIDN 0324127406

Penguji I : Bungaran Saing, S.Si, Apt., M.M.

NIDN 0326027001

Penguji II : Dr. M. Samsuri, S.Pd., M.T.

NIDN 8807123419

MENGETAHUI,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia

Dekan
Fakultas Teknik

Dr. Andi Nuraliyah, S.T., M.T.

NIDN 0920017403

Dr. Tulus Sukreni, S.T., M.T.

NIDN 0324047505

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

Skripsi yang berjudul

**“Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin Dengan Kapasitas 20.000
Ton/Tahun”**

ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan tidak mengandung materi yang ditulis oleh orang lain kecuali pengutipan sebagai referensi yang sumbernya telah dituliskan secara jelas sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah.

Apabila ada di Kemudian hari ditemukan adanya kecurangan dalam karya ini, saya bersedia menerima sanksi dari Universitas Bhayangkara Jakarta Raya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Saya mengizinkan skripsi ini dipinjam dan digandakan melalui Perpustakaan Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

Saya memberikan izin kepada Perpustakaan Universitas Bhayangkara Jakarta Raya untuk menyimpan skripsi ini dalam bentuk digital dan mempublikasikannya melalui Internet selama publikasi tersebut melalui porta Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

Bekasi, 27 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Rizki Argianto

201910235006

ABSTRAK

Rizki Argianto. 201910235006. Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting dan memiliki banyak kegunaan untuk memenuhi kebutuhan *intermediate* atau sebagai bahan penunjang produksi dan resin. Pra rancangan pabrik pembuatan klorin (Cl_2) akan didirikan di Kawasan Industri Dumai, Provinsi Riau. Produk yang dihasilkan adalah gas Cl_2 99% dengan produksi samping yaitu gas H_2 sebesar 99% dan larutan NaOH sebesar 50%. Baku baku utama yang digunakan untuk memproduksi Cl_2 adalah NaCl dan H_2O dengan beberapa bahan baku penunjang seperti Na_2CO_3 dan bahan pre-treatment lainnya. Metode produksi yang digunakan adalah elektrolisis natrium klorida (NaCl). Klorin yang dibuat dengan cara mengelektrolisis air laut pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Hasil keluar dari reaktor akan terbagi menjadi tiga yaitu keluar melalui kompartemen anoda dan katoda serta sisa Na^+ dan H_2O yang tidak teroksidasi dan membentuk NaOH . Hasil keluar dari anoda berupa gas klorin yang dialirkan menuju Cooler (E-201) untuk diturunkan suhunya menjadi -34°C dan disimpan dengan tekanan 7 atm. Lalu hasil dari katoda berupa gas hidrogen yang dialirkan menuju Cooler (E-301) yang diturunkan suhunya menjadi -257°C dan disimpan dengan tekanan 10 atm. Sedangkan untuk hasil bawah berupa larutan NaOH dipekatkan untuk mendapatkan kemurnian sebesar 50% pada suhu 116°C dengan tekanan 1 atm. Hasil dari evaluasi ekonomi menunjukkan total biaya produksi Rp107.416.580.496 dan total penjualan Rp150.380.000.000 sehingga keuntungan setelah pajak sebesar Rp 34.370.735.603. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang dilakukan, pabrik yang akan dibangun memiliki resiko rendah dengan Return on Investment (ROI) setelah pajak sebesar 21,75%, dan Pay Out Time (POT) setelah pajak selama 3,1 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 50,77%, dan Shut Down Point (SDP) sebesar 19,07%. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi, peluang penjualan produk, serta hasil evaluasi ekonomi maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan pra rancangan pabrik pembuatan klorin dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Klorin, Anoda, Katoda, Elektrolisis, NaCl

ABSTRACT

Rizki Argianto. 201910235006. Chlorine is a highly significant chemical that serves numerous purposes as an intermediate substance or a supportive material in production and resin. A preliminary design for a chlorine (Cl₂) manufacturing plant is planned to be established in the Dumai Industrial Zone, Riau Province. The primary product is 99% Cl₂ gas, with by-products of 99% H₂ gas and a 50% NaOH solution. The main raw materials used to produce Cl₂ are NaCl and H₂O and several supplementary materials such as Na₂CO₃ and other pre-treatment substances. The production method employed is the electrolysis of sodium chloride (NaCl). Chlorine is produced by electrolyzing seawater at a temperature of 80°C and a pressure of 1 atm. The reactor output is divided into three streams: the anode compartment, the cathode compartment, and the unoxidized Na⁺ and H₂O, which form NaOH. The anode output consists of chlorine gas, which is directed to the Cooler (E-201) to reduce its temperature to -34°C and stored at a pressure of 7 atm. The cathode output consists of hydrogen gas, which is directed to the Cooler (E-301) to reduce its temperature to -257°C and stored at a pressure of 10 atm. The bottom product consists of a NaOH solution, which is concentrated to achieve a purity of 50% at a temperature of 116°C and a pressure of 1 atm. The economic evaluation results indicate a total production cost of Rp107,416,580,496 and a total sales revenue of Rp150,380,000,000, resulting in a post-tax profit of Rp34,370,735,603. Based on the conducted economic evaluation, the planned plant exhibits low risk with a Return on Investment (ROI) after tax of 21.75%, a Pay Out Time (POT) after tax of 3.1 years, a Break Even Point (BEP) of 50.77%, and a Shut Down Point (SDP) of 19.07%. Considering the assessment of raw materials, operational conditions, product sales opportunities, and the economic evaluation results, it can be concluded that the pre-design of a chlorine manufacturing plant with a capacity of 20,000 tons per year is feasible for establishment.

Keywords: Chlorine, Anode, Cathode, Electrolysis, NaCl

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, saya bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Rizki Argianto
Nomor Pokok Mahasiswa : 201910235006
Program Studi : Teknik Kimia
Jenis Karya : Skripsi / Tesis / Karya Ilmiah

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bhayangkara Jakarta Raya Hak bebas Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*), atas skripsi yang berjudul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLOORIN DENGAN
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN”**

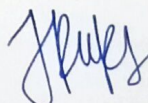
Beserta perangkat yang ada (bila diperlukan) dengan hak yang bebas royalti non-eksklusif ini. Universitas Bhayangkara Jakarta Raya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikan dan menampilkan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu permintaan izin dari saya sebagai pemilik hak cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada Tanggal : 27 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Rizki Argianto

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin Dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun”** dengan baik dan lancar. Naskah Tugas Akhir/Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

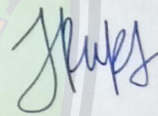
Selama melakukan penyusunan Naskah Tugas Akhir/Skripsi ini tidak lepas dari berbagai bantuan, bimbingan serta dukungan yang penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu selama proses penyusunan skripsi berlangsung, terutama kepada:

1. Orang tua penulis Suprihatin dan Jumono, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan sehingga naskah Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
2. Dr. M. Samsuri, S.Pd, M.T. dan Dr. Tulus Sukreni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 dan 2 kami yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr. Andi Nuraliyah, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya yang telah memberikan izin dan arahan untuk merampungkan skripsi yang telah saya buat.
4. Para dosen dan staf di Program Studi Teknik Kimia Universitas Bhayangkara Jakarta Raya yang telah membantu dalam mempersiapkan diri kami sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan naskah skripsi.

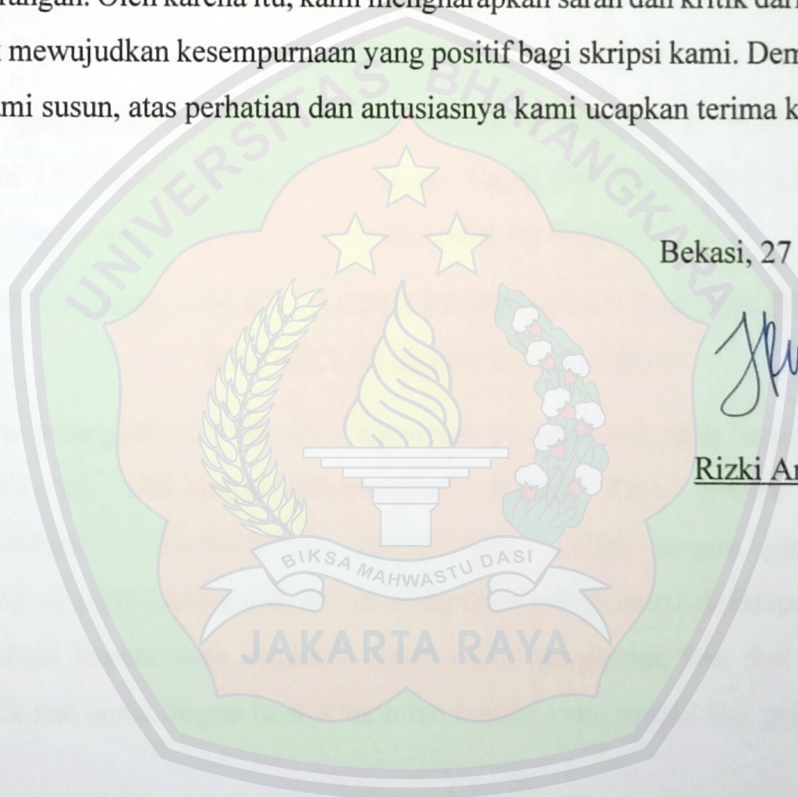
6. Teman skripsi saya yaitu Parama Pandu Novaliansyah serta teman-teman dari Wacana Grup yang memberikan support sistem dan bantuan selama penyusunan naskah skripsi.
7. Rizky Yusrina Amalia yang selalu menemani dalam suka dan duka, selalu mendengarkan keluh kesah saya, dan selalu memberikan dukungan terhadap saya. Terima kasih karena telah bersedia menemani dan mendukung saya hingga saat ini.

Kami menyadari bahwa penyusunan naskah ini memiliki banyak Kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak untuk mewujudkan kesempurnaan yang positif bagi skripsi kami. Demikian naskah ini kami susun, atas perhatian dan antusiasnya kami ucapkan terima kasih.

Bekasi, 27 Juli 2023



Rizki Argianto



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	2
BAB II PRA RANCANGAN PRODUK.....	5
2.1 Seleksi Proses	5
2.2 Uraian Proses.....	11
2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	11
2.2.2 Tahap Pemurnian Klorin	11
2.2.3 Tahap Elektrolisis.....	13
2.2.4 Tahap <i>Treatment</i> Cl ₂	14
2.2.5 Tahap Pengolahan Produk Samping	14

x

2.3	Tinjauan Termodinamika	15
2.4	Elektrolisis NaCl	18
2.5	Tegangan Reversible (E_{Rev}).....	19
2.6	Tegangan Standar	19
2.7	Arus Sel	20
2.8	Tinjauan Kinetika	20
BAB III SPESIFIKASI BAHAN		23
3.1	Spesifikasi Produk	23
3.1.1	Klorin (Cl_2)	23
3.1.2	Natrium Hidroksida (NaOH)	23
3.1.3	Hidrogen (H_2).....	24
3.2	Spesifikasi Bahan Baku	25
3.2.1	Natrium Klorida (NaCl)	25
3.2.2	Air (H_2O).....	26
3.3	Pengendalian Kualitas	26
3.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	28
3.3.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi	28
3.3.3	Pengendalian Kualitas Produk	29
BAB IV DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF		30
4.1	Diagram Alir Kualitatif	30
4.2	Diagram Alir Kuantitatif	31
BAB V NERACA MASSA		32
5.1	Neraca Massa	32
5.1.1	Neraca Massa Mixer	32
5.1.2	Neraca Massa Clarifier.....	32

5.1.3	Neraca Massa Reaktor Elektrolisis	33
5.1.4	Neraca Massa Evaporator	33
BAB VI NERACA PANAS.....		34
6.1	Neraca Panas	34
6.1.1	Heater	34
6.1.2	Reaktor Elektrolisis.....	34
6.1.3	Cooler-01	35
6.1.4	Cooler-02	35
6.1.5	Cooler-03	36
6.1.6	Evaporator.....	36
BAB VII SPESIFIKASI ALAT		37
7.1	Spesifikasi Alat.....	37
7.1.1	Alat Besar.....	37
7.1.2	Alat Kecil	41
BAB VIII UTILITAS.....		45
8.1	Pelayanan Utilitas	45
8.1.1	Unit Pengolahan Air.....	46
8.1.2	Spesifikasi Boiler	49
8.2	Kebutuhan Listrik.....	53
8.3	Kebutuhan Bahan Bakar.....	56
8.4	Pengolahan Limbah	57
BAB IX TATA LETAK PABRIK		60
9.1	Lokasi Pabrik.....	60
9.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	61
9.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	62

BAB X KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA.....	65
10.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	65
10.2 Alat Pelindung Diri	66
10.3 Penanganan Tumpahan.....	68
10.4 Penanganan Kebakaran	70
10.5 Aturan Pengiriman	72
10.6 Pertolongan Pada Kecelakaan	73
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN.....	75
11.1 Organisasi Perusahaan.....	75
11.2 Bentuk Perusahaan	75
11.3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	76
11.4 Struktur Organisasi Pabrik Klorin.....	78
11.5 Tugas dan Tanggung Jawab Dalam Organisasi	79
11.6 Penentuan Jam Kerja Karyawan.....	84
11.7 Sistem Kepegawaian dan Gaji.....	85
11.8 Kesejahteraan Sosial Karyawan	89
11.9 Manajemen Perusahaan	89
BAB XII EVALUASI EKONOMI.....	91
12.1 Evaluasi Ekonomi.....	91
12.2 Dasar Analisa	91
12.3 Perencanaan Produksi.....	92
12.4 Kapasitas Produksi	92
12.5 Hasil Perhitungan Biaya-Biaya	95
BAB XIII KESIMPULAN.....	101
13.1 Kesimpulan.....	101

13.2	Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....		103
LAMPIRAN		



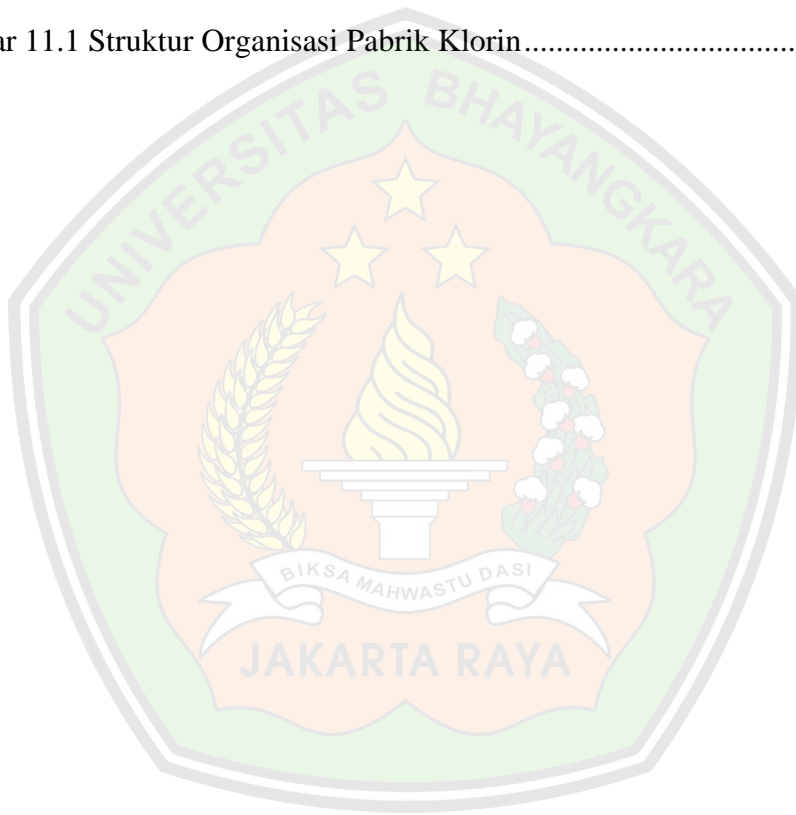
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Seleksi Proses Metode	5
Tabel 2.2 Pemilihan Jenis Proses	9
Tabel 2.3 Pemilihan Tipe Sel Reaktor	9
Tabel 2.4 Zat Pengotor Dalam NaCl.....	12
Tabel 2.5 Nilai $\Delta H^{\circ}f$	15
Tabel 2.6 Nilai $\Delta G^{\circ}f$	16
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Neraca Massa Mixer (M-101).....	32
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Neraca Massa Clarifier (CL-101).....	32
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Neraca Massa Reaktor Elektrolisis (RE-101)	33
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Neraca Massa Evaporator (FE-101).....	33
Tabel 6.1 Hasil Perhitungan Neraca Panas Heater (E-101)	34
Tabel 6.2 Hasil Perhitungan Neraca Panas Reaktor Elektrolisis (RE-101)	34
Tabel 6.3 Hasil Perhitungan Neraca Panas Cooler-01 Cl ₂ (E-201)	35
Tabel 6.4 Hasil Perhitungan Neraca Panas Cooler-02 H ₂ (E-301)	35
Tabel 6.5 Hasil Perhitungan Neraca Panas Cooler-03 NaOH (E-401)	36
Tabel 6.6 Hasil Perhitungan Neraca Panas Evaporator (FE-101).....	36
Tabel 7.1 Spesifikasi Silo Penyimpanan NaCl (TT-101)	37
Tabel 7.2 Spesifikasi Mixer (M-101).....	38
Tabel 7.3 Spesifikasi Clarifier (CL-101)	38
Tabel 7.4 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis (RE-101)	39
Tabel 7.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Cl ₂ (TT-201).....	40
Tabel 7.6 Spesifikasi Belt Conveyor (C-101).....	41
Tabel 7.8 Spesifikasi Sand Filter (P-101)	41

Tabel 7.9 Spesifikasi Heater (E-101).....	42
Tabel 7.10 Spesifikasi Pompa Menuju Reaktor Elektrolisis.....	43
Tabel 7.11 Spesifikasi Cooler (E-201).....	43
Tabel 7.12 Spesifikasi Kompresor (JC-101).....	44
Tabel 10.1 Identifikasi SDS (Safety Data Sheet) Pada Setiap Bahan.....	65
Tabel 10.2 Alat Pelindung Diri (APD) Pada Setiap Bahan	67
Tabel 10.3 Penanganan Tumpahan Pada Setiap Bahan	69
Tabel 10.4 Penanganan Kebakaran Pada Setiap Bahan	70
Tabel 10.5 Aturan Pengiriman Pada Setiap Bahan	72
Tabel 10.6 Pertolongan Pada Kecelakaan Pada Setiap Bahan.....	73
Tabel 11.1 Jumlah Karyawan dan Kualifikasi Jabatan	85
Tabel 11.2 Pemberian Gaji/Upah Tiap Jabatan Karyawan	87
Tabel 12.1 Konsumsi Dalam Negeri.....	92
Tabel 12.2 Data Impor & Ekspor Klorin di Indonesia.....	92
Tabel 12.3 Fixed Capital Investment	95
Tabel 12.4 Manufacturing Cost.....	96
Tabel 12.5 Working Capital Investment	97
Tabel 12.6 Perhitungan Penjualan Produk	97
Tabel 12.7 General Expense	98

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Struktur Senyawa Klorin.....	3
Gambar 2.1 Ion Exchange Membrane Electrolysis.....	10
Gambar 8.1 Unit Pengolahan Air.....	59
Gambar 9.1 Lokasi Pabrik Klorin.....	61
Gambar 9.2 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machine Layout).....	64
Gambar 11.1 Struktur Organisasi Pabrik Klorin.....	78



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 12.1 Grafik Impor Dengan Pendekatan Polinomial.....	93
Grafik 12.2 Grafik Ekspor Dengan Pendekatan Polinomial	93
Grafik LE.1 Cost Index Tahun 2027	233



DAFTAR LAMPIRAN

- lampiran 1. Neraca Massa
- Lampiran 2. Neraca Panas
- Lampiran 3. Spesifikasi Alat
- Lampiran 4. Utilitas
- Lampiran 5. Perhitungan Evaluasi Ekonom
- Lampiran 6. Plagiarisme
- Lampiran 7. Biodata Mahasiswa
- Lampiran 8. Kartu Bimbingan Mahasiswa

