

**PRARANCANGAN PABRIK KLORIN DARI  
ELEKTROLISIS AIR LAUT KAPASITAS 15.000  
TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Diah Lucky Cahyani      Nama : Farradilla Brillianty Faila Nisa

No.Mahasiswa : 18521005      No.Mahasiswa : 18521038

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2022**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRARANCANGAN PABRIK KLOORIN DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Diah Lucky Cahyani Nama : Farradilla Brillianty  
Faila Nisa  
No.Mahasiswa : 18521005 No.Mahasiswa : 18521038

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan 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 resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mahasiswa I

Mahasiswa II



METERAI  
TEMPEL  
B32AJX473296687

Diah Lucky Cahyani



METERAI  
TEMPEL  
2B4AJX473296686

Farradilla Brillianty Faila Nisa

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRARANCANGAN PABRIK KLOORIN DARI ELEKTROLISI AIR LAUT  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**



Oleh :

Nama : Diah Lucky Cahyani Nama : Farradilla Brillianty  
Faila Nisa

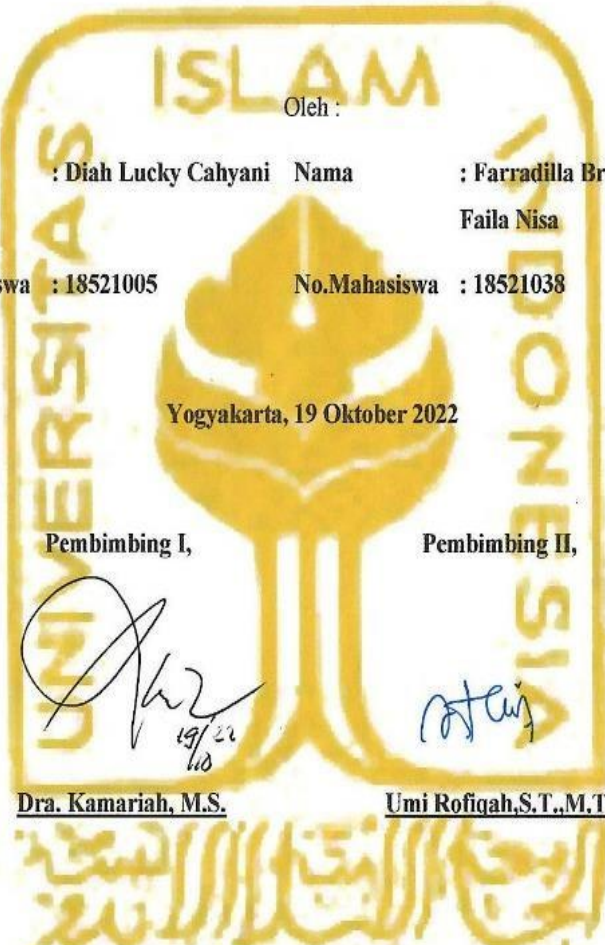
No.Mahasiswa : 18521005 No.Mahasiswa : 18521038

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Pembimbing I, Pembimbing II,

Dra. Kamariah, M.S. Umi Rofiqah, S.T., M.T.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### PRARANCANGAN PABRIK KLOORIN DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

#### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Diah Lucky Cahyani Nama : Farradilla Brillianty Faila Nisa  
No.Mahasiswa : 18521005 No.Mahasiswa : 18521038

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

Yogyakarta, November 2022

Tim Penguji,

Dra. Kamariah, M.S.

Ketua Penguji



Dr.Diana, S.T., M.Sc.

Penguji I



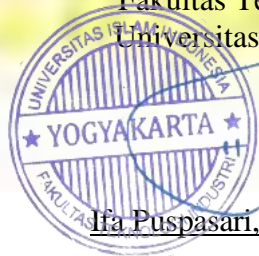
Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

Penguji II



Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



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



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Klorin dari Elektrolisis Air Laut dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun” dengan baik dan lancar. Naskah Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama melakukan penyusunan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai bantuan, bimbingan serta dukungan yang penulis dapatkan sehingga naskah ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung selama proses penyusunan berlangsung, terutama kepada :

1. Orang tua penulis Akhmad Faisol dan Choliyatun, adik penulis Rania Vieira N.L. dan Moch.Sirril Wafa Zidane F., serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan sehingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Ifa Puspasari, S.T.,M.Eng.Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin dan arahan untuk mata kuliah Tugas Akhir Prarancangan Pabrik.
3. Ibu Dra. Kamariah, M.S. dan ibu Umi Rofiqah S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kami yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir ini.

4. Para dosen dan staff di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam mempersiapkan diri kami sehingga kami mampu/siap melaksanakan tugas akhir.
5. Seluruh teman-teman Teknik Kima FTI-UII Angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan naskah.
6. Partner Tugas Akhir penulis Diah Lucky Cahyani serta teman-teman penulis (Jihan, Nabilah Aulia, Icha, Fanisa, Irawati, Gita, Wisik, Vania, Annisa, Aisyah Syamara, Yustina, Ilham Aksan M.).

Kami menyadari bahwa penyusunan naskah ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dari semua pihak untuk mewujudkan perkembangan yang positif bagi kami. Demikian naskah ini kami susun, semoga dapat bermanfaat untuk pembaca. Akhir kata kami ucapkan terimakasih.

Yogyakarta,

Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR TABEL.....	5
DAFTAR GAMBAR.....	7
ABSTRAK.....	8
ABSTRACT.....	9
BAB I.....	10
PENDAHULUAN.....	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	11
1.3 Tinjauan Pustaka.....	14
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	20
BAB II.....	27
PERANCANGAN PRODUK.....	27
2.1 Spesifikasi Produk.....	27
2.2 Pengendalian Kualitas.....	28
BAB III.....	30
METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	30
3.2 Uraian Proses.....	32
3.3 Spesifikasi Alat.....	35
3.4 Neraca Massa.....	54
3.5 Neraca Panas.....	56
BAB IV.....	58
PERANCANGAN PABRIK.....	58
4.1 Lokasi Pabrik.....	58
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	61
4.3 Tata Letak Alat Proses.....	64
4.4 Organisasi Perusahaan.....	68
BAB V.....	80

UTILITAS.....	80
5.1    Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	80
5.2    Unit Penyedia Listrik .....	88
5.3    Unit Penyedia Steam.....	91
5.4    Unit Penyedia Udara Tekan.....	91
5.5    Unit Penyedia Bahan Bakar.....	92
BAB VI .....	93
EVALUASI EKONOMI.....	93
6.1    Analisa Risiko.....	94
6.2    Penaksiran Harga Alat .....	95
6.3    Dasar Perhitungan .....	97
6.4    Perhitungan Biaya.....	98
6.5    Analisa Kelayakan .....	99
6.6    Hasil Perhitungan.....	102
6.7    Hasil Analisa Keuntungan .....	106
6.8    Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi .....	106
BAB VII.....	109
PENUTUP.....	109
7.1    Kesimpulan .....	109
7.2    Saran .....	110
DAFTAR PUSTAKA .....	111
LAMPIRAN A.....	113
LAMPIRAN B .....	122
LAMPIRAN C .....	125



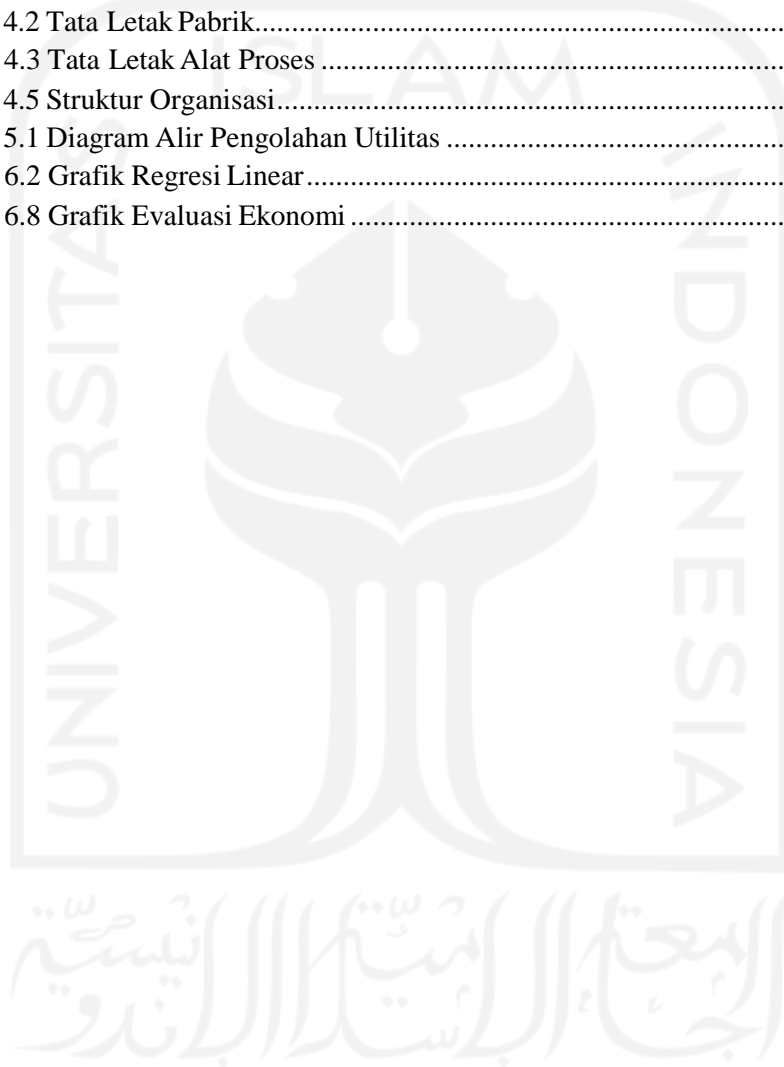
## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Impor Klorin di Indonesia .....	11
Tabel 1.2 Ekspor Klorin di Indonesia.....	12
Tabel 1.3 Pabrik Klorin di Luar Negeri .....	13
Tabel 1.4 Perbandingan Metode Produksi Klorin .....	19
Tabel 1.5 Data Entalphi Pembentukan Standar .....	20
Tabel 1.6 Data Kapasitas Panas .....	20
Tabel 1.7 Data Energi Gibbs Pembentukan Standart .....	22
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk.....	27
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat.....	35
Tabel 3.3.1 Spesifikasi Evaporator.....	37
Tabel 3.3.2 Spesifikasi Screener .....	38
Tabel 3.3.3 Spesifikasi Bak Penampung-02 .....	39
Tabel 3.3.4 Spesifikasi Bak Flokulasi Koagulasi .....	40
Tabel 3.3.5 Spesifikasi Alat Clarifier .....	41
Tabel 3.3.6 Spesifikasi Alat Sand Filter .....	42
Tabel 3.3.7 Spesifikasi Alat Water Trap.....	43
Tabel 3.3.8 Spesifikasi Alat Molekular Sieve .....	44
Tabel 3.3.9 Spesifikasi Tangki-01 .....	45
Tabel 3.3.10 Spesifikasi Tangki-02.....	46
Tabel 3.3.11 Spesifikasi Tangki-03.....	47
Tabel 3.3.12 Spesifikasi Expansion Valve-01 .....	48
Tabel 3.3.12 Spesifikasi Expansion Valve-02.....	49
Tabel 3.3.13 Spesifikasi Heat Exchanger-01 .....	50
Tabel 3.3.14 Spesifikasi Cooler-01 .....	51
Tabel 3.3.22 Spesifikasi Cooler-02 .....	52
Tabel 3.3.23 Spesifikasi Cooler-03 .....	53
Tabel 3.4.1 Neraca Massa pada Screener .....	54
Tabel 3.4.2 Neraca Massa pada Bak Pengendapan Lanjutan .....	54
Tabel 3.4.3 Neraca Massa pada Bak Flokulan-Koagulan.....	54
Tabel 3.4.4 Neraca Massa pada Clarifier .....	55
Tabel 3.4.5 Neraca Massa pada Reaktor.....	55
Tabel 3.4.6 Neraca Massa pada Water Trap (WT).....	55
Tabel 3.4.7 Neraca Massa pada Molekul Sieve (MS) .....	55
Tabel 3.4.8 Neraca Massa pada Evaporator .....	56
Tabel 3.5.1 Neraca Panas Reaktor.....	56
Tabel 3.5.3 Neraca Panas Evaporator.....	56
Tabel 3.5.5 Neraca Panas Cooler-01 .....	57
Tabel 3.5.6 Neraca Panas Cooler-02 .....	57
Tabel 3.5.7 Neraca Panas Cooler-03 .....	57
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	62
Tabel 4.2 Jadwal Pembagian Shift Karyawan.....	76
Tabel 4.3 Penggolongan Jabatan dan Gaji .....	77

Tabel 5.1 Total Kebutuhan Air.....	88
Tabel 5.2.1 Daya Lisrik untuk Plant .....	89
Tabel 5.2.2 Daya Peralatan Utilitas .....	90
Tabel 5.3.1 Unit Penyedia Steam.....	91
Tabel 6.1 Metode Penilaian Risiko Berdasarkan Peluang (Likelihood) .....	94
Tabel 6.1.2 Metode Penilaian Risiko Berdasarkan Keparahan (Severity) .....	95
Tabel 6.2 Harga Index CEPCI.....	96
Tabel 6.6.1 Physical Plant Cost (PPC) .....	102
Tabel 6.6.2 Direct Plan Cost .....	102
Tabel 6.6.3 Fixed Capital Investment (FCI) .....	102
Tabel 6.6.4 Direct Manufacturing Cost (DMC) .....	103
Tabel 6.6.5 Indirect Manufacturing Cost (IMC) .....	103
Tabel 6.6.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	103
Tabel 6.6.7 Manufacturing Cost (MC).....	103
Tabel 6.6.8 Working Capital (WC) .....	104
Tabel 6.6.9 General Expenses (GE) .....	104
Tabel 6.6.10 Total Production Cost (TPC).....	104
Tabel 6.6.11 Fixed Cost .....	104
Tabel 6.6.12 Regulated Cost .....	105
Tabel 6.6.13 Variable Cost.....	105
Tabel 6.7 Hasil Analisa Keuntungan.....	106
Tabel 6.8 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	107

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Klorin di Indonesia .....	12
Gambar 1.2 Elektrolisis NaCl .....	17
Gambar 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif .....	30
Gambar 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	31
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik .....	58
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik.....	63
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses .....	66
Gambar 4.5 Struktur Organisasi.....	70
Gambar 5.1 Diagram Alir Pengolahan Utilitas .....	83
Gambar 6.2 Grafik Regresi Linear.....	96
Gambar 6.8 Grafik Evaluasi Ekonomi .....	96



## ABSTRAK

Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki banyak kegunaan, untuk memenuhi kebutuhan bahan *intermediate* yang digunakan sebagai bahan penunjang produksi (bahan dasar) dan resin maka, dibangun pabrik Klorin dengan kapasitas 15.000 ton/tahun yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia serta menciptakan lapangan kerja. Bahan baku utama yang digunakan berupa air laut yang diperoleh dari perairan di daerah Mekarsari, Cilegon, Banten. Perusahaan dipilih badan hukum berbentuk Perseroan Terbatas (PT), dengan jumlah karyawan 162 orang dan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Klorin dibuat dengan cara mengelektrolisis air laut pada suhu 85°C dan tekanan 13 atm. Hasil keluar reaktor terbagi menjadi dua yaitu keluar melalui kompartemen anoda dan katoda. Hasil keluar kompartemen anoda berupa cairan Klorin dialirkan menuju Cooler (CL-01) diturunkan suhunya dengan kondisi operasi 30°C dan tekanan 13 atm. Selanjutnya, Klorin keluar dari Cooler (CL-01) dialirkan ke dalam Water Trap (WT-01) untuk diembunkan sebagian uap air yang terbawa oleh Klorin pada kondisi operasi 30°C dan tekanan 13 atm. Uap air yang terbawa perlu dihilangkan kembali menggunakan Molecular Sieve (MS-01) pada suhu 30°C, tekanan 13 atm. Sedangkan hasil keluar kompartemen katoda berupa Hidrogen yang tersuspensi di dalam NaOH diumpankan menuju expansion valve untuk diturunkan tekanannya. Selanjutnya, gas Hidrogen dimasukkan kedalam tangka penyimpanan. Hasil bawah larutan NaOH dipekatkan untuk mendapat kemurnian 40% pada suhu 212,2°C tekanan 1 atm lalu selanjutnya didinginkan menggunakan Cooler. Hasil yang diperoleh adalah Klorin sebagai produk utama dengan kemurnian 99,9% dan produk samping berupa Hidrogen serta larutan NaOH 40%. Utilitas proses pabrik membutuhkan air sebesar 21942,86 kg/jam, kebutuhan udara tekan yang dibutuhkan sebesar 33,644 m<sup>3</sup>/jam. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 24212,64 lt/jam, kebutuhn listrik sebesar 374923,98 kW, serta cadangan generator memiliki kapasitas sebesar 468560,43 kW. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan total biaya produksi sebesar Rp. 397.189.356.410,- dan total penjualan sebesar Rp. 719.689.225.028,- sehingga diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 160.484.286.743 ,- dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp.120.363.215.057,-. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang dilakukan, pabrik ini tergolong pabrik resiko rendah dengan Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 50,29% dan setelah pajak sebesar 37,72%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 1,7 tahun dan setelah pajak 2,1 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 40,67%, Shut Down Point(SDP) sebesar 25,33% dan Discounted Cash Flow Rate of Return(DCFR) sebesar 29,96 %. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik Klorin dari elektrolisis air laut dengan kapasitas 15.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

**Kata Kunci :** Air Laut, Anoda, Elektrolisis, Katoda, Klorin

## ABSTRACT

Chlorine is a chemical that has many uses. To meet the needs of intermediate materials used as production support materials (basic materials) and resins, a chlorine factory was built with a capacity of 15,000 tons/year which aims to reduce dependence on imports and increase the rate of economic growth in Indonesia and create jobs. The main raw material used is in the form of seawater obtained from the waters in the Mekarsari area, Cilegon, Banten. The company was chosen as a legal entity in the form of a Limited Liability Company (PT), with 162 employees, and operates continuously 24 hours a day. Chlorine is made by electrolyzing seawater at 85°C and 13 atm pressure. The output of the reactor is divided into two, namely through the anode and cathode compartments. The output of the anode compartment in the form of liquid chlorine has flowed to the Cooler (CL-01) where the temperature is lowered under operating conditions of 30°C and a pressure of 13 atm. Furthermore, the chlorine coming out of the Cooler (CL-01) is flowed into the Water Trap (WT-01) to condense some of the water vapor carried by the Chlorine at operating conditions of 30°C and a pressure of 13 atm. The carried water vapor needs to be removed again using Molecular Sieve (MS-01) at 30°C, 13 atm pressure. Meanwhile, the output of the cathode compartment in the form of hydrogen suspended in NaOH is fed to the expansion valve to reduce the pressure. Next, Hydrogen gas is put into the storage tank. The bottom result of the NaOH solution was concentrated to obtain 40% purity at a temperature of 212.2°C at a pressure of 1 atm and then cooled using a cooler. The results obtained are Chlorine as the main product with a purity of 99.9% and side products in the form of Hydrogen and 40% NaOH solution. Factory process utilities require water of 21942.86 kg/hour, and compressed air required 33.644 m<sup>3</sup>/hour. The required fuel is 24212.64 l/hour, the electricity requirement is 374923.98 kW, and the generator reserve has a capacity of 468560.43 kW. The results of the economic evaluation show that the total production cost is Rp. 397,189,356,410, - and total sales of Rp. 719,689,225,028, - to obtain a profit before tax of Rp. 160,484,286,743,- and profit after tax of Rp. 120,363,215,057, -. Based on the economic evaluation conducted, this factory is classified as a low-risk factory with a Return on Investment (ROI) before tax of 50.29% and after tax of 37.72%, Pay Out Time (POT) before tax of 1.7 years and after-tax 2.1 years, Break Even Point (BEP) of 40.67%, Shut Down Point (SDP) of 25.33% and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 29.96%. Based on a review of raw materials, process operating conditions, product sales opportunities, and economic evaluation results, it can be concluded that a Chlorine from seawater electrolysis plant with a capacity of 15,000 tons/year is feasible to build.

**Keywords:** *Seawater, Anode, Electrolysis, Cathode, Chlorine*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang bermanfaat begitu pula merugikan, dalam bidang kesehatan Klorin berfungsi sebagai disinfektan dan pengolahan air minum. Dalam sektor pertanian fungsi Klorin sebagai pestisida bagi tanaman. Tak banyak yang menyadari bahwa dalam kehidupan sehari-hari Klorin sering kita gunakan. Contohnya pada pemurnian air minum, Klorine akan bereaksi membunuh sifat bakterisidal dan germisidal, mengoksidasi zat besi, mangan, hidrogen sulphide, serta menghilangkan bau tak sedap dan mengontrol perkembangan alga dan mikroorganisme yang merugikan, proses tersebut disebut dengan Klorinasi. Produk-produk yang dihasilkan dari pengolahan Klorin diantaranya yaitu pemutih, cat, obat-obatan, pelarut serta bahan tekstil. Apabila dikelompokkan berdasarkan industri yang memproduksi dan menggunakan Klorin seperti industri farmasi, industri tekstil, dan industri kertas.

Berdasarkan variasi fungsi yang dimiliki, maka kebutuhan Klorin akan semakin meningkat baik di bidang kesehatan maupun kimia. Namun, saat ini untuk memenuhi kebutuhan Klorin di Indonesia masih mengimpor dari luar negeri.

Salah satu bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan Klorin yaitu NaCl atau umumnya disebut dengan garam dapur yang dapat diperoleh dari air laut. Bahan baku pembuatan Klorin di Indonesia sangat melimpah dikarenakan luasnya lautan yang dimiliki Indonesia, sektor industri dapat memanfaatkan hal tersebut dengan baik. Oleh karena itu, hal yang mendasari pendirian pabrik Klorin yaitu



ketersediaan bahan baku dan meningkatnya jumlah kebutuhan Klorin.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

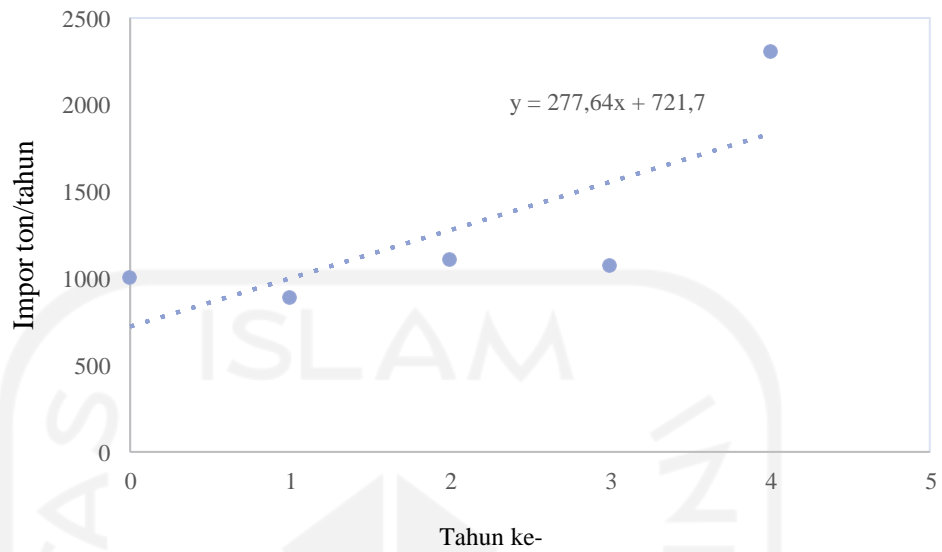
**Tabel 1.1** Impor Klorin di Indonesia

No	Tahun	Klorin (Ton/Tahun)
1	2015	1003,541
2	2016	894,057
3	2017	1113,704
4	2018	1069,655
5	2019	2303,94

Sumber : (UN Comtrade Database, 2021)

Pada tabel 1.1. menunjukkan data impor Klorin di Indonesia dari tahun 2015 hingga tahun 2019, berdasarkan data yang diperoleh kebutuhan impor Klorin cenderung fluktuatif, sehingga faktor tersebut dapat menjadi pertimbangan penentuan kapasitas. Impor dalam negeri dilakukan apabila produksi yang dihasilkan tidak dapat memenuhi kebutuhan, namun tetap memperhatikan sisi ekonomi.

Berdasarkan data pada Tabel 1.1. dapat dibuat grafik hubungan antara impor Klorin (CI) pada tahun ke-n.



**Gambar 1.1** Grafik Impor Klorin di Indonesia

**Tabel 1.2** Ekspor Klorin di Indonesia

Tahun	Klorin (Ton/Tahun)
2015	2,897
2016	11,23
2017	26,619
2018	1,44
2019	5,785

Sumber : (UN Comtrade Database, 2021)

Tabel 1.2. menunjukkan data ekspor Klorin di Indonesia dari tahun 2015 hingga tahun 2019, berdasarkan Tabel 1.2. kebutuhan ekspor tidak stabil.

a. Kapasitas pabrik yang telah berdiri

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan dapat dipertimbangkan melalui kapasitas pabrik-pabrik yang telah beroperasi baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Melalui data kapasitas pabrik yang telah beroperasi sebelumnya

dapat memberikan gambaran untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan dirancang agar pabrik tersebut tidak mengalami banyak kerugian. Berikut beberapa kapasitas pabrik Klorin yang telah beroperasi di berbagai negara, diantaranya :

**Tabel 1.3** Pabrik Klorin di Luar Negeri

Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)	Lokasi
Klorin Engineers Corp. Japan	100.000	Jepang
ChemChina	30.000	China
Phoenix Equipment Corporation	30.000	US
Nation Klorin Industries Co. Ltd	12.000	Jordan

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat dipertimbangan kapasitas pabrik yang akan didirikan agar tidak mengalami kerugian pada rentang 12.000 hingga 100.000 ton/tahun. Sehingga penentuan kapasitas pabrik Klorin yang didirikan tidak melebihi rentang yang ada.

#### b. Penentuan Kapasitas Pabrik

Berdasarkan Gambar 1.1 hubungan data impor pada tahun ke-n versus kebutuhan Klorin didapatkan persamaan hubungan data impor pada tahun ke-n dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = 277,64x + 721,7$$

Dimana :

X : Tahun ke-n

Y : Kebutuhan Cl<sub>2</sub> dalam Ton

Apabila diasumsikan pabrik akan dirancang pada 5 tahun yang akan datang, yaitu pada tahun 2027 maka dengan mengasumsikan persamaan diatas berlaku sebagai kebutuhan impor Klorin.

$$y = 277,64(13) + 721,7 = 4331,02$$

Pada tahun 2027 dapat diperkirakan kebutuhan Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) di Indonesia mencapai 4331,02 ton/tahun, angka tersebut didapatkan melalui pendekatan dengan rumus yang telah dicantumkan. Berdasarkan kemungkinan kenaikan kebutuhan Klorin, maka pabrik baru yang akan dirancang memiliki kapasitas sebesar 15.000 ton/tahun dengan sisa produk yang ada akan dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan yang lain. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan akan kebutuhan Klorin di Indonesia sehingga dapat meminimalisir kerugian yang kemungkinan terjadi.

Apabila ditinjau berdasarkan ketersediaan bahan baku, pabrik Klorin yang akan dirancang menggunakan bahan baku air laut. Seperti yang telah diketahui perairan di Indonesia sangat melimpah, sehingga peluang yang didapat untuk pendirian pabrik Klorin dengan bahan baku air laut cukup besar. Faktor-faktor tersebut yang menjadi pertimbangan pendirian pabrik Klorin berbahan baku air laut dengan kapasitas 15.000 ton/tahun.

### **1.3 Tinjauan Pustaka**

Salah satu unsur kimia yang bersimbol  $\text{Cl}_2$  atau yang umum dikenal dengan istilah Klorin merupakan senyawa yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan. Untuk menentukan proses yang paling efektif dan menguntungkan, dapat dianalisa melalui beberapa proses pembuatannya.

Pembuatan Klorin dapat melalui beberapa metode dan bahan baku. Disamping itu, Klorin dapat digunakan untuk membuat variasi produk kimia. Beberapa metode yang digunakan untuk memproduksi Klorin, diantaranya:

a. Pembuatan Klorin melalui proses elektrolisis lelehan NaCl

Reaksi elektrolisis sebagai berikut :



NaCl padat dilelehkan kemudian lelehan NaCl dimasukkan ke dalam reaktor sel elektrolisa. Lelehan NaCl akan dialiri arus listrik searah (DC), sehingga akan menguraikan NaCl menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Proses reaksi ini berlangsung pada suhu yang tinggi yaitu  $810^\circ\text{C}$ . Pada saat elektrolisis berlangsung, ion-ion  $\text{Na}^+$  akan bergerak ke arah katoda kemudian mengendap dan akan menempel pada katoda, sedangkan ion  $\text{Cl}^-$  akan membentuk sebuah gas  $\text{Cl}_2$  pada anoda. (Mantell,1950)

b. Pembuatan Klorin atau  $\text{Cl}_2$  melalui proses elektrolisis  $\text{MgCl}_2$

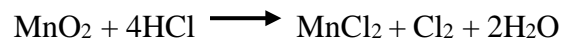
Reaksi elektrolisis sebagai berikut :



Proses reaksi ini berlangsung secara endotermis menggunakan reaktor elektrolisis dengan suhu  $670 - 730^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm. Pada saat elektrolisis berlangsung, ion-ion  $\text{Mg}^{2+}$  akan bergerak ke arah katoda yang pada akhirnya berupa pasta yang dapat dicetak, sedangkan ion  $\text{Cl}^-$  akan membentuk sebuah gas  $2\text{Cl}^-$  pada anoda dan menghasilkan berupa fasa gas. (Mantell,1950)

c. Pembuatan Klorin atau  $\text{Cl}_2$  melalui proses *Weldon*

Apabila Mangan Dioksida dengan Asam Klorida pada suhu 100-110°C dapat digunakan untuk mendapatkan Klorin dan dapat dituliskan kesetimbangan reaksinya :

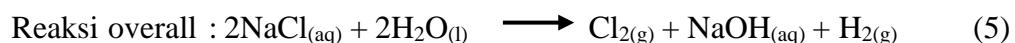
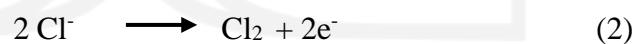


Mangan Klorida yang dihasilkan dapat didaur ulang yang berfungsi untuk meningkatkan konversi. Pada proses ini sebagian dari Mangan dan sebagian dari Klorin akan hilang menjadi senyawa  $\text{MnCl}_2$  (Thomas F O'Brien, 2005).

d. Pembuatan Klorin atau  $\text{Cl}_2$  melalui proses elektrolisis  $\text{NaCl}$

Pada umumnya bahan untuk larutan natrium klorida didapatkan dari garam yang memiliki kualitas industri yang telah dilarutkan dalam sejumlah air. Proses elektrosis ini, dilakukan dengan pemecahan larutan natrium klorida menggunakan energi listrik. Terbagi menjadi dua bagian reaksi yaitu reaksi oksidasi yang terjadi pada bagian anoda dan reaksi reduksi yang terjadi pada bagian katoda.

Reaksi elektrolisis sebagai berikut :

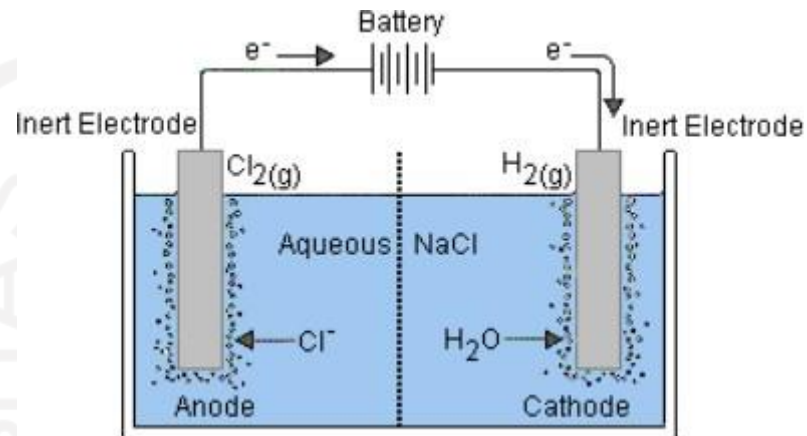


Proses reaksi ini larutan garam  $\text{NaCl}$  akan menghasilkan gelembung gas  $\text{H}_2$  dan ion  $\text{OH}^-$  fasa basa pada katoda yang dapat dibuktikan setelah diberi indikator *phenolftalein* dan terjadi perubahan warna larutan dari bening menjadi merah muda



dan gelembung gas  $\text{Cl}_2$  berada di anoda. Proses reaksi ini berlangsung pada tekanan atmosferik dan temperature  $30^\circ\text{C}$ . (Mantell, 1950)

Proses elektrolisis Klorin dari larutan NaCl sebagai berikut :



**Gambar 1.2** Elektrolisis NaCl



Pada proses klor-alkali terdapat kondisi khusus dimana gas klor yang telah terbentuk harus dipertahankan agar tidak mengalami kontak dengan larutan NaOH. Dalam mencegah hal tersebut, pada ruang katode dan anode akan dipisahkan dengan menggunakan sekat sel diafragma. Sel diafragma dapat menjaga gas hidrogen dan gas klor agar tidak bercampur, dikarenakan kedua gas ini dapat mengakibatkan ledakan apabila tercampur. Suatu selaput berpori yang dapat dilalui ion-ion tetapi tetap dapat menahan terjadinya pencampuran larutan merupakan pembuatan sel diafragma. (Faith, Keyes, and Clark, 1961)

Berdasarkan dengan metode pencegahan anolit serta katolit, proses pembuatan Klorin dibedakan menjadi :

a. Teknologi Sel Diafragma

Teknologi sel diafragma merupakan teknologi yang dikembangkan dari hasil teknologi sebelumnya yaitu merkuri. Diafragma berfungsi sebagai penyekat agar anoda dan katoda tidak bercampur, penyekat ini terbuat dari serat yang berpori yang mana berisi larutan elektrolit. Kelebihan yang dimiliki oleh sel diafragma yaitu tidak membutuhkan umpan dengan kadar garam yang tinggi. Namun, produk yang dihasilkan tidak memiliki kemurnian yang tinggi karena pemisahan tidak berlangsung secara sempurna. (P. Millet, 2013)

b. Teknologi Sel Membran

Sel membran adalah lapisan tipis yang terdiri dari asam sulfonat di katoda dan asam karboksilat di anoda (Zeynalli et al, 2015). Sel membrane merupakan hasil pengembangan teknologi sel diafragma yang masih kurang sempurna. Prinsip kerja sel membrane yaitu pada ukuran membrane yang digunakan semakin tipis membrane maka resistansi membrane akan menurun. Efisiensi penggunaan sel membrane tergolong cukup tinggi mencapai 95%. Kelebihan yang dimiliki sel membrane yaitu gas Klorin yang dihasilkan lebih besar namun sebanding dengan kemurnian umpan garam yang tinggi (M. Paidar, 2016).

c. Teknologi Sel Merkuri

Sel merkuri adalah teknologi elektrolisis konvensional yang sudah lama digunakan. Sel Merkuri memiliki dasar penggunaan yaitu tahanan fisik dari merkuri yang rendah. Hal ini cocok untuk digunakan sebagai konduktor. Proses elektrolisis

menggunakan Sel Merkuri memiliki kelebihan yaitu produk NaOH yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi dan memerlukan potensial sel yang besar. Kekurangan dari proses elektrolisis menggunakan Sel Merkuri yaitu apabila ion  $\text{Na}^+$  dengan Merkuri terjadi reaksi akan membentuk *Amalgam* yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan.

**Tabel 1.4** Perbandingan Metode Produksi Klorin

No.	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1	Proses <i>Weldon</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mangan klorida yang dihasilkan dapat didaur ulang.</li> <li>- Suhu tergolong sedang.</li> </ul>	Sebagian dari Mangan dan sebagian dari Klorin akan hilang menjadi senyawa $\text{MnCl}_2$ yang menyebabkan metode ini boros.
2	Proses Elektrolisis NaCl : a. Teknologi Sel Diafragma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak membutuhkan umpan dengan kadar garam yang tinggi.</li> <li>- Proses elektrolisis bekerja pada suhu rendah.</li> </ul>	Produk yang dihasilkan tidak memiliki kemurnian yang tinggi karena pemisahan tidak berlangsung secara sempurna.
3	Proses Elektrolisis NaCl : b. Teknologi Sel Membran	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gas Klorin yang dihasilkan lebih besar namun sebanding dengan kemurnian umpan kadar garam yang tinggi dan produk yang dihasilkan lebih murni.</li> <li>- Proses elektrolisis bekerja pada suhu rendah.</li> </ul>	Adanya pengotor yang terkandung dalam larutan garam akan mengakibatkan tersumbatnya pori membrane sehingga dibutuhkan larutan garam murni untuk meminimalisir penyumbatan pada membrane.
	Proses Elektrolisis NaCl : c. Teknologi Sel Merkuri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produk yang dihasilkan mempunyai kadar kemurnian yang tinggi.</li> <li>- Proses elektrolisis bekerja pada suhu rendah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan potensi sel yang besar.</li> <li>- Reaksi yang terjadi dapat membentuk <i>Amalgam</i> yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan.</li> </ul>

Dari perbandingan proses elektrolisis tersebut, proses elektrolisis yang dipilih adalah proses elektrolisis menggunakan teknologi sel membrane dengan beberapa pertimbangan :

- Metode elektrolisis NaCl menggunakan teknologi sel membrane yang paling menguntungkan karena menghasilkan gas Klorin yang lebih besar dan produk yang dihasilkan lebih murni.
- Proses elektrolisis bekerja pada suhu rendah.
- Teknologi sel membrane tidak membutuhkan penambahan senyawa kimia dengan demikian berbagai jenis membrane yang beragam dapat digunakan.

#### 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

##### A. Tinjauan Termodinamika

**Tabel 1.5** Data Entalpi Pembentukan Standar

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f$ (kJ/mol)
NaCl <sub>(l)</sub>	-407,27
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-285,83
NaOH <sub>(l)</sub>	-469,15
Cl <sub>2</sub>	0
H <sub>2</sub>	0

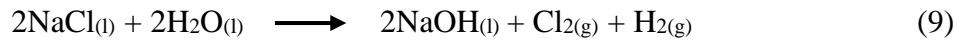
Sumber : (John A. Dean, 1961)

**Tabel 1.6** Data Kapasitas Panas

Komponen	Cp				
	A	B	C	D	E
NaCl <sub>(l)</sub>	9,5016E+01	-3,181E-02	9,6789E-07	5,5116E-09	0
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	9,2053E+01	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07	0
NaOH <sub>(l)</sub>	8,7638E+01	-4,8368E-04	-4,5423E-06	1,1863E-09	0
Cl <sub>2(g)</sub>	2,7213E+01	3,0426E-02	-3,3353E-05	1,5961E-08	-2,7021E-12
H <sub>2(g)</sub>	2,5399E+01	2,0178E-02	-3,8549E-05	3,188E-08	-8,7585E-12

Sumber : (Carl L. Yaws, 1999)

Reaksi overall elektrolisis NaCl :



•  $\Delta H_{\text{Reaksi}}$

$$\Delta H_{\text{reaktan}} = 2 \int_{358}^{298} C_p (\text{NaCl}) dT + 2 \int_{358}^{298} C_p (\text{H}_2\text{O}) dT$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan}} &= 2 \int_{358}^{298} (95,016 + (-0,03181T) + 9,6789 \times 10^{-7}T^2 + \\ &5,5116 \times 10^{-9}T^3) dT + 2 \int_{358}^{298} (92,053 + (-0,039953T) + \\ &(-2,1103 \times 10^{-4}T^2 + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan}} &= 2 \left( 95,016T + \frac{-0,03181}{2}T^2 + \frac{9,6789 \times 10^{-7}}{3}T^3 + \frac{5,5116 \times 10^{-9}}{4}T^4 \right) + \\ &2 \left( 92,053T + \frac{-0,039953}{2}T^2 + \frac{-2,1103 \times 10^{-4}}{3}T^3 + \frac{5,3469 \times 10^{-7}}{4}T^4 \right) \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{reaktan}} = \mathbf{22163,18 \text{ J/mol}}$$

•  $\Delta H_{\text{Produk}}$

$$\Delta H_{\text{produk}} = \int_{358}^{298} C_p (\text{Cl}_2) dT + 2 \int_{358}^{298} C_p (\text{NaOH}) dT + \int_{358}^{298} C_p (\text{H}_2) dT$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk}} &= \int_{358}^{298} (27,213 + 0,03046T + (-3,3353 \times 10^{-5}T^2 + \\ &1,5961 \times 10^{-8}T^3 + (-2,7021 \times 10^{-12}T^4) dT + \\ &\int_{358}^{298} 2 (87,638 + (-0,00048368T + (-4,5423 \times 10^{-6}T^2 + \\ &1,1863 \times 10^{-9}T^3) dT + \int_{358}^{298} (25,399 + 0,020178T + \\ &(-3,854910 \times 10^{-5}T^2 + 3,188 \times 10^{-8}T^3 + \\ &(-8,7585 \times 10^{-12}T^4) dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk}} &= (27,213T + \frac{0,03046}{2}T^2 + \frac{-3,3353 \times 10^{-5}}{3}T^3 + \\ &\frac{1,5961 \times 10^{-8}}{4}T^4 + \frac{-2,7021 \times 10^{-12}}{5}T^5) + 2 (87,638T + \\ &\frac{-0,00048368}{2}T^2 + \frac{-4,5423 \times 10^{-6}}{3}T^3 + \frac{1,1863 \times 10^{-9}}{4}T^4) + \end{aligned}$$

$$\left(25,399T + \frac{0,020178}{2}T^2 + \frac{-3,854910 \times 10^{-5}}{3}T^3 + \frac{3,188 \times 10^{-8}}{4}T^4 + \frac{-8,7585 \times 10^{-12}}{5}T^5\right)$$

$$\Delta H_{\text{produk}} = 13757,02 \text{ J/mol}$$

- $\Delta H^{\circ}_f$  pada suhu 298K

$$\Delta H^{\circ}_f(298) = \Delta H^{\circ}_{\text{Produk}} - \Delta H^{\circ}_{\text{Reaktan}}$$

$$\Delta H^{\circ}_f = (\Delta H^{\circ}_f(2\text{NaOH}) + \Delta H^{\circ}_f(\text{Cl}_2) + \Delta H^{\circ}_f(\text{H}_2)) - (\Delta H^{\circ}_f(2\text{NaCl}) + \Delta H^{\circ}_f(2\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta H^{\circ}_f = [(2 \times (-469,15)) + (0) + (0)] - [(2 \times (-407,27)) + (2 \times (-285,83))] \text{ (kJ/Kmol)}$$

$$\Delta H^{\circ}_f = -938,3 - (-1386,2)$$

$$\Delta H^{\circ}_f = 447,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f = 447900 \text{ J/mol}$$

- $\Delta H^{\circ}_R$  pada suhu 358K

$$\Delta H^{\circ}_R = \Delta H^{\circ}_f(298) + (\Delta H_{\text{Produk}} - \Delta H_{\text{Reaktan}})$$

$$\Delta H^{\circ}_R = 447900 \text{ J/mol} + (13757,02 \text{ J/mol} - 22163,18 \text{ J/mol})$$

$$\Delta H^{\circ}_R = 439493,8323 \text{ J/mol}$$

- Energi Gibbs

Tabel 1.7 Data Energi Gibbs Pembentukan Standart

Komponen	$\Delta G^{\circ}_f$ (kJ/mol)
NaCl(l)	-393,270
H <sub>2</sub> O(l)	-237,129
NaOH(l)	-419,20
Cl <sub>2</sub>	0
H <sub>2</sub>	0



Sumber : (John A. Dean,1961)

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G_f^\circ \text{Produk} - \Delta G_f^\circ \text{Reaktan}$$

$$\Delta G_f^\circ = (2 \cdot \Delta G_f^\circ(\text{NaOH}) + \Delta G_f^\circ \text{Cl}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2) - (2 \cdot \Delta G_f^\circ(\text{NaCl}) + 2 \cdot \Delta G_f^\circ(\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta G_f^\circ = [(2 \times (-419,20)) + (0) + (0)] - [(2 \times (-393,17)) + (2 \times (-237,129))] \text{ (kJ/Kmol)}$$

$$\Delta G_f^\circ = -838,4 - (-1260,60)$$

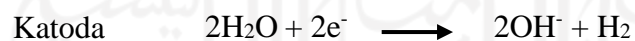
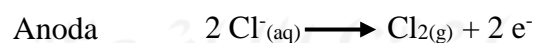
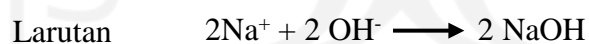
$$\Delta G_f^\circ = 422,198 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ = \mathbf{422198 \text{ J/mol}}$$

Reaksi *Overall* dari proses elektrolisis NaCl merupakan reaksi endotermik dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke kanan dengan  $\Delta H_f^\circ = +447,9 \text{ kJ/mol}$  dan  $\Delta G_f^\circ = +422,198 \text{ kJ/mol}$ . Energi gibbs memiliki nilai positif sehingga reaksi ini termasuk reaksi non-spontan.

### ELEKTROLISIS NaCl

- Potensial Elektroda



$$E^0 = 1,396 \text{ V}$$

$$E^0 = -0,828 \text{ V (John A. Dean, 1961)}$$

$$E^0_{\text{Sel}} = E^0 \text{ Anoda} - E^0 \text{ Katoda}$$

$$E^0_{\text{Sel}} = [1,396 - (-0,828)] \text{ V}$$

$$\mathbf{E^0_{\text{Sel}} = 2,224 \text{ V}}$$

Potensial elektroda yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis NaCl sebesar 2,224 V. Potensial elektroda standar seperti halnya besaran termodinamika dapat dibalik dengan mengubah tandanya.

- **Tegangan Reversibel ( $E_{Rev}$ )**

$$W_{El} = \Delta G = qE = nFE_{Rev}$$

$$W_{El} = \Delta G = 422198 \text{ J/mol}$$

$$F = 96500 \text{ C/mol}$$

$$n = 2 \text{ mol}$$

$$E_{Rev} = \frac{W_{El}}{nF}$$

$$E_{Rev} = \frac{422198 \text{ J/mol}}{2 \cdot 96500 \text{ C/mol}}$$

$$E_{Rev} = 2,1875 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$E_{Rev} = 2,1875 \text{ Volt}$$

- **Tegangan standar**

$$V_{Rev}^{\circ} = E + \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{H_2} P_{Cl_2}}{a}$$

Keterangan :

$V_0$  = Tegangan Standar

$E_{Rev}$  = Tegangan *Reversible*

R = 8,314 J/mol.K

T = Suhu (°C)

n = jumlah mol

F = konstanta Faraday (96500 C/mol)

$P_{H_2}$  = Tekanan murni  $H_2$

$P_{Cl_2}$  = Tekanan murni  $Cl_2$

a = 1

- **Arus Sel**

Bilangan Avogadro =  $6,022 \times 10^{23}$

Rumus :

$$I = 26,675 \times 10^3 \frac{\text{mol}}{\text{J}} (6,022 \times 10^{23} \text{ mol})(1,602 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$I = 2573421903 \frac{\text{C}}{\text{jam}} \left[ \frac{1 \text{ Jam}}{3600 \text{ s}} \right]$$

$$I = 714839,418 \text{ C/s}$$

$$I = \mathbf{714839,418 \text{ A}}$$

## B. Tinjauan Kinetika

Nilai konstanta kinetika reaksi dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan Arrhenius, sebagai berikut :

$$k = A e^{\frac{E_a}{RT}}$$

Dimana :

k = konstanta laju reaksi

A = factor tumbukan

$E_a$  = energy aktivasi (kJ/mol)

R = konstanta gas universal (8,314 J/K.mol)

T = suhu operasi (K)

Konstanta pada suhu 25°C (298 K) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\ln K_{298} = \left( \frac{-\Delta G_f^\circ}{TR} \right)$$

$$\ln K_{298} = \left( \frac{-422,198 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{298 \text{ K} \times 8,314 \text{ kJ}/(\text{mol} \cdot \text{K})} \right)$$

$$K = 0,8433$$

Konstanta pada suhu 85°C (358 K) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta H^{\circ}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)$$

$$\ln \frac{K}{1,0283 \times 10^{-74}} = \frac{-439,4938 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)}{8,314 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right)} \left( \frac{1}{358} - \frac{1}{298} \right) K$$

$$K = 1,05933 \times 10^{-74}$$

Dengan menggunakan pendekatan persamaan yang dikutip berdasarkan Journal of Geophysical, Vol.107, persamaan reaksi yang digunakan sebagai pendekatan dengan reaksi pembentukan Klorin yaitu sebagai berikut :



Menggunakan persamaan Arrhenius didapatkan nilai K :

$$K = A e^{\frac{E_A}{RT}}$$

$$K = -1,4 \times 10^{-12} \exp^{\frac{900}{298}}$$

$$K = -6,7 \times 10^{-14}$$

(sumber : Journal of Geophysical, Vol.107)

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk

Parameter	Bahan Baku	Produk		
		Produk Utama	Produk Samping	
	Natrium Klorida	Gas Klorin	Gas Hidrogen	Sodium Hidroksida
Rumus Molekul	NaCl	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NaOH
BM (g/mol)	58,44	70,9	2,02	39,99
Titik didih (°C)	1465 °C	-33,8889 °C	-422,968 °C	1388 °C
Titik Beku (°C)	810 °C	-100,556 °C	-434,56 °C	318 °C
Kemurnian (w/w)	3,5% NaCl	100%	100%	39,77%
Densitas	2,17 g/cm <sup>3</sup>	37,0991 kg/m <sup>3</sup>	0,9666 kg/m <sup>3</sup>	1890,9185 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	0,89 cP	0,0148 cP	0,009424 cP	435,5237 cP
Kelarutan	Larut dalam air, ammonia dan glycerol	Kelarutan dalam air 7,41 gr/L	-	Larut dalam air (100g/100ml, 25°C), larut dalam ethanol, methanol, dan glycerol
Fasa	Cair	Gas	Gas	Cair
Bentuk dan Warna	Berwarna Jernih	Gas berwarna kuniing kehijauan	Gas tak berwarna	Jernih tak berwarna
Sifat Khusus	-	Korosif, beracun, bertekanan tinggi	Mudah terbakar	korosif

Sumber : (Safety Data Sheet Airgas on Air Liquid Company, 2021)

## 2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dalam suatu industri sangat penting dilakukan oleh perusahaan ataupun pabrik, tujuan dilakukan pengendalian kualitas agar produk yang dihasilkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan secara badan lokal maupun secara internasional. Dalam mempertahankan kualitas produk pada pabrik Klorin, terdapat beberapa pengendalian kualitas yang ditetapkan diantaranya :

- **Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas merupakan bentuk aktivitas atau manajemen perusahaan yang memiliki fungsi mengarahkan dan menjaga agar dapat mempertahankan kualitas produk atau jasa sesuai dengan yang telah direncanakan (Ahyari, 1992).

Pengendalian kualitas bahan baku, dalam hal ini mempunyai tujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan saat pabrik telah berproduksi. Kualitas bahan baku akan melalui pengujian sebelum proses produksi dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan sifat bahan baku yaitu NaCl dengan pengujian yang akan dilakukan yaitu uji kadar komposisi, volatilitas, kemurnian bahan baku, dan uji viskositas. Pengawasan bahan baku yang telah dilakukan baik melalui laboratorium ataupun melalui alat harus memenuhi standar yang telah ditetapkan, apabila hasil analisa bahan baku tidak memenuhi standar, maka bahan baku akan dilakukan peninjauan kembali.

- **Pengendalian Kualitas Proses Produksi**

Pengendalian kualitas proses merupakan suatu pengendalian yang memiliki tujuan untuk mempertahankan proses produksi agar menghasilkan produk yang memenuhi standar yang telah ditentukan dan memiliki kualitas yang sesuai standar. Apabila terjadi error atau ketidaksesuaian pada saat proses produksi berlangsung, maka terdapat tanda atau sinyal yang akan mengingatkan seperti alarm dan lain sebagainya.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada saat proses produksi yaitu kerusakan pada alat produksi, kebersihan alat produksi, kesalahan pada operasi, dan lain sebagainya.

Pengendalian proses produksi dapat berfungsi sebagai *system control* yang terdiri dari alat-alat. Adapun beberapa alat pengendalian kualitas proses produksi yang dapat dilakukan diterapkan serta di aplikasikan pada kondisi tertentu diantaranya sebagai berikut :

1. *Controller* yaitu suatu komponen yang dapat mengolah data input dan referensi yang diinginkan untuk diubah menjadi output sinyal control. Seperti *pressure control*, *temperature indicator control*, dan *flow control*.
  2. Aktuator yaitu suatu komponen yang dapat mengolah input sinyal control menjadi output sinyal aksi yang akan disalurkan ke suatu *plant*. Adapun alat yang digunakan yaitu *manual hand valve* dan *automatic control valve*.
  3. Sensor yaitu suatu komponen yang dapat mendeteksi informasi keluaran atau informasi lain yang dibutuhkan dalam *system control*. Adapun alat yang digunakan yaitu *manometer* digunakan untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, serta *thermocouple* digunakan untuk sensor suhu.
- Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk mencapai kualitas atau mutu produk yang sesuai standar, pengawasan serta pengendalian yang dilakukan terhadap proses yang telah berlangsung melalui *system control* sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas sesuai standar dan layak untuk dipasarkan. Produk yang dihasilkan akan melalui pengujian terhadap produk untuk mempertahankan kualitas yang diinginkan dengan beberapa pengujian seperti uji kemurnian produk, viskositas, dan lain sebagainya.

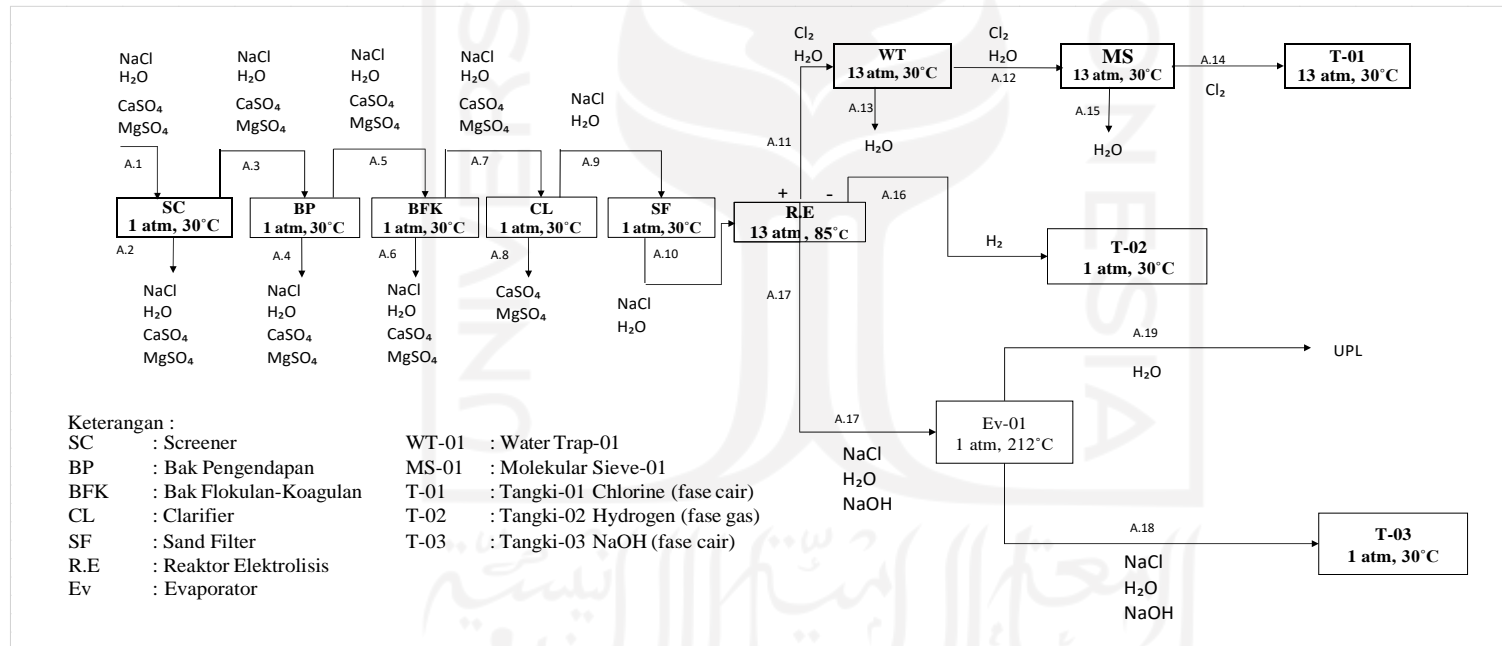


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

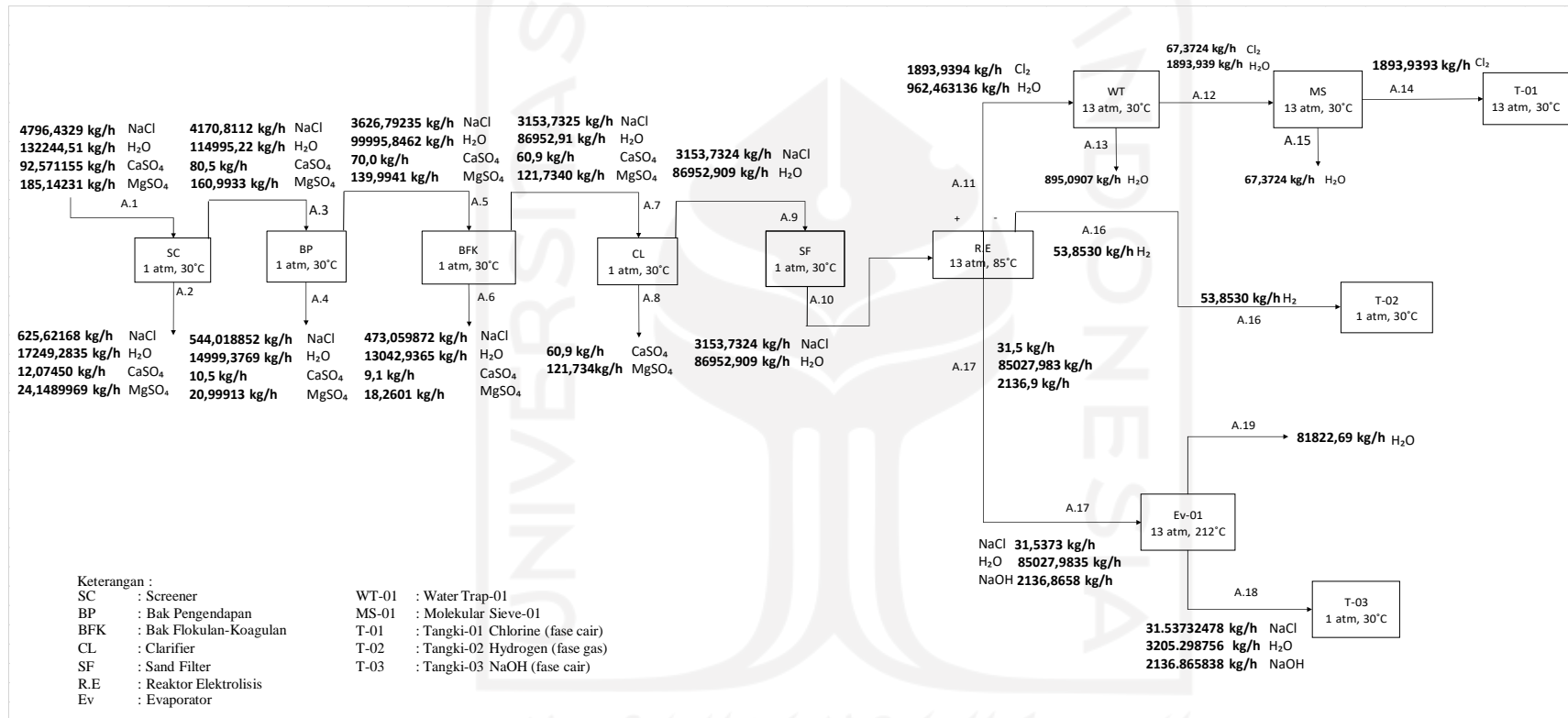
#### 3.1 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

##### 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif

### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

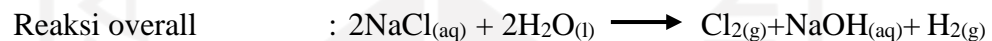
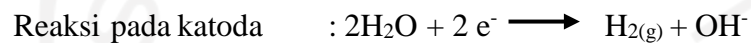
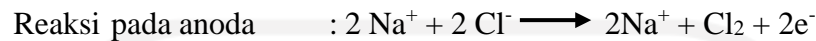
Proses produksi Klorin dengan elektrolisis air laut terbagi menjadi 3 (tiga) tahapan utama yang harus dilewati diantaranya tahap persiapan bahan baku, tahap proses elektrolisis, tahap pemurnian Klorin. Proses pembentukan Klorin ini menghasilkan produk samping gas hidrogen ( $H_2$ ) dan Natrium Hidroksida ( $NaOH$ ).

#### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap proses persiapan bahan baku dengan bahan utamanya berupa air laut, hal pertama yang dilakukan yaitu menghilangkan residu yang berpotensi akan menjadi pengganggu pada saat proses elektrolisis. Proses pertama, air laut yang telah dipompa akan dimasukkan ke dalam bak pengendap utama dengan tujuan untuk mengendapkan kotoran-kotoran berupa lumpur, pasir, dan sampah lainnya yang terbawa bersama air laut. Setelah itu, umpan akan melalui tahap pengendapan kedua dalam bak pengendap lanjut untuk menghilangkan kotoran yang masih terbawa atau tidak terendapkan pada bak pengendap utama. Setelah bahan baku dihilangkan dari pengotor kasar pada bak pengendap utama dan pengendap lanjut, air laut diumpankan pada bak flokulan-koagulan. Untuk mengikat kotoran yang tidak dapat diendapkan menggunakan bantuan senyawa PAC (*Polyaluminium Chlorida*) dan  $Ca(OH)_2$ . PAC merupakan garam khusus dari senyawa aluminium chloride yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada garam-garam aluminium biasa. Sedangkan penggunaan  $Ca(OH)_2$  yaitu koagulan yang memiliki keunggulan yang sangat efektif dalam proses pengolahan bahan organik dengan harga satuan yang relative murah dan mudah dalam penggunaannya yang memiliki fungsi untuk menaikkan pH atau menurunkan tingkat keasaman. Pada proses ini kotoran akan diikat dengan dua senyawa tersebut sehingga terbentuk flok. Flok yang telah terbentuk akan dibuang ke Clarifier dan umpan air laut yang telah bebas dari kotoran akan dialirkan ke dalam Sand filter untuk selanjutnya disaring agar terbebas dari kotoran halus yang masih terbawa dalam air laut.

### 3.2.2 Tahap Elektrolisis

Pada tahap elektrolisis, umpan berasal dari *Sand Filter* yang selanjut nya dialirkan ke dalam reaktor elektrolisis. Di dalam reaktor terjadi elektrolisis air laut (NaCl) dengan reaksi sebagai berikut :



Dalam reaksi yang telah dipaparkan, reaktan berupa air laut yang terdiri dari NaCl dan air yang dielektrolisis dengan reaktor *electrolyzer* dengan bantuan pemisah katoda anoda dalam bentuk membran. Membran pada reaktor merupakan pemisah semipermeable yang hanya mengijinkan ion natrium lewat antar kompartemen anoda dan katoda. Membran yang digunakan berupa anoda dan katoda, anoda terlapsi titanium katalitik, sedangkan katoda tegangan rendah dan polimer tahan korosi yang digunakan untuk badan sel. Saat proses elektrolisis terjadi perpindahan ion natrium dari ruang anoda ke ruang katoda. Membran tersebut mencegah mengalirnya ion Cl<sup>-</sup> ke ruang katoda dan mencegah sebagian besar ion OH<sup>-</sup> keruang anoda sehingga Na yang dihasilkan tidak bercampur dengan larutan garam. Proses elektrolisis berjalan dengan suhu 85°C serta tekanan 13 atm di dalam reaktor. Output yang dihasilkan dalam proses ini berupa gas Klorin sebagai produk utama serta terdapat dua produk samping yaitu gas hidrogen dan larutan NaOH dengan kemurnian mencapai 99%.

### 3.2.3 Tahap Pemurnian Produk

Pemisahan produk samping berupa gas hidrogen dan NaOH yang berasal dari kompartemen katoda. Produk utama yaitu Cl<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> sebelum dimurnika n harus melalui tahap penurunan suhu, kemudian dimurnikan dari imputitirs berupa uap air sebelum masuk ke dalam tangki penyimpanan. Apabila uap air yang

terkandung dalam produk tidak dihilangkan akan mengakibatkan dinding tangki penyimpanan mengalami korosi. Pada penyimpanan produk gas hidrogen tangki dilengkapi dengan metal hidrat dengan fungsi sebagai agen pengikat gas hidrogen. Proses pemurnian produk NaOH dilakukan dengan cara menguapkan air yang keluar dari katoda menggunakan Evaporator sehingga kemurnian NaOH yang didapat sebesar 40%.



### 3.3 Spesifikasi Alat

**Tabel 3.3** Spesifikasi Alat

<b>Spesifikasi umum untuk Reaktor</b>	
Kode	: <b>RE</b>
Fungsi	: Tempat untuk proses elektrolisis NaCl
Jenis/Tipe	: Reaktor <i>Membrane Electrolisis</i>
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	3
Harga, per Reaktor	: \$20.000
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu, °C	: 85°C
Tekanan, atm	: 13 atm
Kondisi Proses	: Adiabatis
<b>Konstruksi dan Material</b>	
Bahan Konstruksi	: Carbon steel
<b>Insulasi</b>	
Panjang, m	: 3,647 m
Lebar, m	: 0,563 m
Tinggi, m	: 1,286 m
Arus Total, A	: 1432104,31 A
Tegangan total, Volt	: 3,254 Volt
Daya, kWh	: 64366,627 kWh
Jumlah sel yang dibutuhkan	: 41,44 sel atau 41 sel
<b>Insulasi Anoda</b>	
Bahan	: Graphite (Carbon)
Arus per sel	: 11520 A

Beda potensial	: 3,2539 Volt
Tahanan Listrik, ohm	: 0,00028 ohm
Hambatan jenis hal.73)	: 0,00035 ohm.m (ion exchanger membrane
Panjang, m	: 0,176 m
Lebar, m	: 0,088 m
Tebal, m	: 0,025 m
<b>Insulasi Katoda</b>	
Bahan	: Graphite (Carbon)
Arus per sel	: 11520 A
Beda potensial	: 3,2539 Volt
Tahanan Listrik, ohm	: 0,00028 ohm
Hambatan jenis hal.103)	: 0,00028 ohm.m (ion exchanger membrane
Panjang, m	: 0,282 m
Lebar, m	: 0,088 m
Tebal, m	: 0,005 m

### 3.3.1 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

#### 3.3.1.1 Spesifikasi alat Pemisah

##### 1. Evaporator

**Tabel 3.3.1** Spesifikasi Evaporator

<b>EV-01</b>	
Kode	: EV-01
Nama	: Evaporator
Jenis	: Silinder vertical dengan alas dan tutup <i>Torispherical dished head</i>
Material	: Carbon Steel SA-212 Grade C
Fungsi	: Menguapkan kandungan H <sub>2</sub> O yang masih terbawa dari reaktor
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
c. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 101,12
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Evaporator, m	: 1,8288
b. Tinggi Evaporator, m	: 3,6416
<i>Shell</i>	
Tebal, in	: 0,25
<i>Head</i>	
a. Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
b. Tinggi, m	: 0,0094
c. Tebal, in	: 0,0222
Jumlah alat	: 1



## 2. Screener

**Tabel 3.3.2** Spesifikasi Screener

<b>SC</b>	
Kode	: SC
Nama	: Screener
Jenis	: Bak Persegi Panjang
Material	: Beton Bertulang
Fungsi	: Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar dari air laut sebelum disaring lebih lanjut.
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. Tekanan desain, atm	: 1
c. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Panjang, m	: 0,298
b. Lebar, m	: 0,1493
Jumlah alat	: 1

### 3. Bak Penampung-02

**Tabel 3.3.3** Spesifikasi Bak Penampung-02

<b>BP-02</b>	
Kode	: BP-02
Nama	: Bak Penampung
Jenis	: Bak Persegi Panjang
Material	: Beton Bertulang
Fungsi	: Menampung air laut dan mengendapkan kotoran kasar yang terbawa
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Panjang, m	: 23,749
b. Lebar, m	: 11,874
c. Tinggi, m	: 11,874
d. Debit air, m <sup>3</sup> /jam	: 116,268
e. Volume, m <sup>3</sup>	: 2790,439
f. Volume desain, m <sup>3</sup>	: 3348,526
g. Waktu tinggal, jam	: 24
Jumlah alat	: 1

#### 4. Bak Flokulasi Koagulasi

**Tabel 3.3.4** Spesifikasi Bak Flokulasi Koagulasi

<b>BFK</b>	
Kode	: BFK
Nama	: Bak Flokulasi Koagulasi
Jenis	: Bak Tabung Berpengaduk
Material	: Lapis Beton
Fungsi	: Menggumpalkan senyawa yang tersuspensi dengan menggunakan $\text{Ca(OH)}_2$
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Bak, m	: 6,761
b. Tinggi, m	: 13,523
c. Debit air, m <sup>3</sup> /jam	: 101,1029
d. Volume bak, m <sup>3</sup>	: 404,4114
e. Volume desain, m <sup>3</sup>	: 485,293694
<b>Pengaduk</b>	
a. Jenis	: <i>Rake 4 flat blade</i>
b. Kecepatan pengadukan, rpm	: 0,377
c. Tenaga pengadukan, HP	: 1,5
Jumlah alat	: 1

## 5. Clarifier

**Tabel 3.3.5** Spesifikasi Alat Clarifier

<b>CL</b>	
Kode	: CL
Nama	: Clarifier
Jenis	: Silinder tegak dengan alas berbentuk konis
Material	: Lapis Beton
Fungsi	: Menggumpalkan senyawa yang memiliki sifat koloid yang masih terbawa dari tangki flokulator
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Clarifier, m	: 11,477
b. Tinggi silinder, m	: 6,121
c. Tinggi konis, m	: 1,530
d. Tinggi total, m	: 7,625
e. Debit air, m <sup>3</sup> /jam	: 87,916
f. Volume, m <sup>3</sup>	: 703,3242
g. Volume desain, m <sup>3</sup>	: 843,9890
h. Waktu tinggal, jam	: 8
<b>Pengaduk</b>	
Jenis	: Rake 3 flat blade
Jenis motor	: Fixed-speed belt ( <i>single reduction gear with V-belts</i> )
Baffle, buah	: 4
Kepcepatan pengadukan, rpm	: 0,222
Tenaga pengadukan, HP	: 2
Jumlah alat	: 1

## 6. Sand Filter

**Tabel 3.3.6** Spesifikasi Alat Sand Filter

<b>SF</b>	
Kode	: SF
Nama	: Sand Filter
Jenis	: Bak Persegi Panjang
Material	: Lapis Beton
Fungsi	: Menyaring partikel yang masih terbawa oleh clarifier
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Panjang, m	: 6,924
b. Lebar, m	: 3,462
c. Tinggi bahan isian, m	: 1,219
d. Debit air, m <sup>3</sup> /jam	: 87,738
e. Luas saringan, m	: 11,987
f. Backwashing, jam	: 6
Jumlah alat	: 1

## 7. Water Trap

**Tabel 3.3.7** Spesifikasi Alat Water Trap

<b>WT</b>	
Kode	: WT
Nama	: Water Trap
Jenis	: Tabung berongga
Material	: Carbon Steel
Fungsi	: Menjebak air yang terbawa oleh gas Cl <sub>2</sub>
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 13
b. Tekanan desain, atm	: 15,6
c. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
Kecepatan volumetrik, m <sup>3</sup> /s	: 0,0426
Pipa	
a. Luas penampang, m <sup>2</sup>	: 0,023
b. Diameter, m	: 0,174
c. IPS, m	: 0,2032
d. OD, m	: 0,2190
e. ID, m	: 0,2027
Jumlah alat	: 1

## 8. Molekular Sieve

**Tabel 3.3.8** Spesifikasi Alat Molekular Sieve

<b>MS</b>	
Kode	: MS
Nama	: Molekular Sieve
Jenis	: Silinder dengan bahan isian silika gel
Material	: Stainless Steel
Fungsi	: Memisahkan air yang terbawa oleh gas Cl <sub>2</sub>
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 13
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Molekular Sieve, m	: 0,8475
b. Tinggi Molekular Sieve, m	: 2,5425
Jumlah alat	: 1

## 3.3.2 Spesifikasi alat penyimpanan bahan

## 1. Tangki-01

Tabel 3.3.9 Spesifikasi Tangki-01

<b>T-01</b>	
Kode	: T-01
Nama	: Tangki
Jenis	: Tangki <i>spherical</i>
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fungsi	: Menyimpan produk utama Klorin (99,2%) selama 14 hari
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 13
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Tangki, m	: 13,2002
b. Kapasitas Tangki, kg	: 636363,6364
c. Volume, m <sup>3</sup>	: 1203,697
d. Tinggi cairan, m	: 5,501
<i>Shell</i>	
a. Tebal, in	: 0,3125
Jumlah alat	: 1



## 2. Tangki-02

**Tabel 3.3.10** Spesifikasi Tangki-02

<b>T-02</b>	
Kode	: T-02
Nama	: Tangki
Jenis	: Tangki <i>spherical</i>
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fungsi	: Menyimpan produk utama <i>Hidrogen (99%)</i> selama 14 hari
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Tangki, m	: 7,728
b. Kapasitas Tangki, kg	: 18094,628
d. Volume, m <sup>3</sup>	: 241,5301
<i>Shell</i>	
b. Tebal, in	: 0,1875
Jumlah alat	: 1

### 3. Tangki-03

**Tabel 3.3.11** Spesifikasi Tangki-03

<b>T-03</b>	
Kode	: T-03
Nama	: Tangki
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fungsi	: Menyimpan produk utama NaOH (39,9%) selama 14 hari
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Tangki, m	: 21,34
b. Tinggi Tangki, m	: 14,66
c. Kapasitas Tangki, kg	: 1805564
d. Volume, m <sup>3</sup>	: 4456,4191
e. <i>Course plate</i>	: 6
f. Tinggi cairan, m	: 10,35
<i>Shell</i>	
a. Tinggi, m	: 10,97
b. Tebal, in	: 1
<i>Head</i>	
a. Jenis	: <i>torispherical roof</i>
b. Tinggi, m	: 3,69
c. Tebal, in	: 0,0254
Jumlah alat	: 1

### 3.3.3 Spesifikasi alat transportasi bahan

#### 1. Expansion Valve

**Tabel 3.3.12** Spesifikasi Expansion Valve

<b>ExV-01</b>	
Kode	: ExV-01
Nama	: Expansion Valve
Jenis	: Globe Valve
Fungsi	: Menurunkan tekanan hasil katoda keluaran reaktor
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan input, atm	: 13
b. Tekanan output, atm	: 1
c. <i>Temperature</i> input, °C	: 85
d. <i>Temperature</i> Output, °C	: 85
<b>Spesifikasi Alat</b>	
Kapasitas, kg/jam	: 53,8531
Laju alir massa, kg/s	: 0,0150
ID, in	: 1,61
OD, in	: 1,90
Le, m	: 13,72
Diameter optimum pipa, in	: 1,29

## 2. Expansion Valve

**Tabel 3.3.12** Spesifikasi Expansion Valve

<b>ExV-02</b>	
Kode	: ExV-02
Nama	: Expansion Valve
Jenis	: Globe Valve
Fungsi	: Menurunkan tekanan hasil bawah reactor (cair)
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan input, atm	: 13
b. Tekanan output, atm	: 1
c. <i>Temperature</i> input, °C	: 85
d. <i>Temperature</i> Output, °C	: 85
<b>Spesifikasi Alat</b>	
Kapasitas, kg/jam	: 87.196,39
Laju alir massa, kg/s	: 24,22
ID, in	: 15,25
OD, in	: 16,00
Le, m	: 2,74
Diameter optimum pipa, in	: 15,94

## 3.3.4 Spesifikasi alat penukar panas

## 1. Heat Exchanger-01

Tabel 3.3.13 Spesifikasi Heat Exchanger-01

<b>HE-01</b>	
Kode	: HE-01
Nama	: Heat Exchanger
Jenis	: Shell and Tube Heat Exchanger
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fungsi	: Menaikkan temperature keluaran SF
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 85
<b>Spesifikasi Alat</b>	
<i>Shell</i>	
ID, in	: 37
A, m <sup>2</sup>	: 5.059,83
Passes, m	: 0,0254
Baffle	: 18,5
Rd	: 0,0111
<i>Tube</i>	
BWG, in	: 16
ID, in <sup>2</sup>	: 0,62
OD, in	: 0,75
Passes,	: 1
Flow area, in	: 0,302
Jumlah alat	: 1

## 2. Cooler-01

**Tabel 3.3.14** Spesifikasi Cooler-01

<b>C-01</b>	
Kode	: C-01
Nama	: Heat Exchanger
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Material	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Fungsi	: Menurunkan temperature produk keluaran dari reactor
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
<i>Shell</i>	
ID, in	: 13,25
A, ft <sup>2</sup>	: 249,694
Passes	: 2
Baffle	: 6,625
Rd	: 0,0132
<i>Tube</i>	
BWG	: 16
ID, in <sup>2</sup>	: 0,62
OD, in	: 0,75
N <sub>t</sub>	: 106
Flow area, m	: 0,0077
Jumlah alat	: 1

### 3. Cooler-02

**Tabel 3.3.22** Spesifikasi Cooler-02

<b>C-02</b>	
Kode	: C-02
Nama	: Cooler
Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Material	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Fungsi	: Menurunkan temperature produk keluaran dari separator
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Jumlah hairpin	: 13
b. Panjang hairpin, m	: 3,66
<i>Anullus</i>	
IPS, in	: 4
OD, in	: 4,5
ID, in	: 4,02
Flow area, in <sup>2</sup>	: 2,93
Surface area, in	: 1,178
<i>Inner Pipe</i>	
IPS, in	: 2
OD, in	: 2,38
ID, in	: 2,067
A, ft <sup>2</sup>	: 31,270
Rd	: 0,003
Flow area, in <sup>2</sup>	: 3,35
Surface area, ft <sup>2</sup> /ft	: 0,622
Jumlah alat	: 1

#### 4. Cooler-03

**Tabel 3.3.23** Spesifikasi Cooler-03

<b>C-03</b>	
Kode	: C-03
Nama	: Cooler
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fungsi	: Menurunkan temperature produk keluaran evaporator
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi, atm	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi, °C	: 30
<b>Spesifikasi Alat</b>	
<i>Shell</i>	
ID, in	: 31
A, ft <sup>2</sup>	: 2091,77
Passes	: 6
Baffle	: 15,5
Rd	: 0,0012
<i>Tube</i>	
BWG	: 16
ID, in <sup>2</sup>	: 0,625
OD, in	: 0,75
N <sub>t</sub>	: 666
Flow area, in <sup>2</sup>	: 0,334
Jumlah alat	: 1



### 3.4 Neraca Massa

**Tabel 3.4.1** Neraca Massa pada Screener

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	4796,4329	625,62168	4170,8112
H <sub>2</sub> O	132244,51	17249,2835	114995,22
CaSO <sub>4</sub>	92,571155	12,07450	80,5
MgSO <sub>4</sub>	185,14231	24,1489969	160,99331
Total Stream	137318,65	17911,13	119407,52
		137318,65	

**Tabel 3.4.2** Neraca Massa pada Bak Pengendapan Lanjutan

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	4170,8112	544,018852	3626,7923
H <sub>2</sub> O	114995,22	14999,3769	99995,846
CaSO <sub>4</sub>	80,5	10,5	70,0
MgSO <sub>4</sub>	160,99331	20,99913	139,99418
Total Stream	119407,52	15575	103832,63
		119407,52	

**Tabel 3.4.3** Neraca Massa pada Bak Flokulan-Koagulan

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	3626,79235	473,059872	3153,7325
H <sub>2</sub> O	99995,8462	13042,9365	86952,91
CaSO <sub>4</sub>	70,0	9,1	60,9
MgSO <sub>4</sub>	139,994185	18,260111	121,73407
Total Stream	103832,63	13543,39	90289,24
		103832,63	

**Tabel 3.4.4** Neraca Massa pada Clarifier

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	3153,7325	0	3153,7325
H <sub>2</sub> O	86952,91	0	86952,91
CaSO <sub>4</sub>	60,9	60,9	0
MgSO <sub>4</sub>	121,73407	121,73407	0
Total Stream	90289,243	182,60	90106,64
		90289,24	

**Tabel 3.4.5** Neraca Massa pada Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	3153,7325	0	31,5
H <sub>2</sub> O	86952,91	962,463136	85027,983
Cl <sub>2</sub>	0	1893,9394	0
NaOH	0	0	2136,9
H <sub>2</sub>	0	0	53,9
Total Stream	90106,64	2856,40	87250,24
		90106,64	

**Tabel 3.4.6** Neraca Massa pada Water Trap (WT)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
H <sub>2</sub> O	962,463136	914,3399	48,123157
Cl <sub>2</sub>	1893,9394	0	1893,9394
Total Stream	2856,40	914,3399	1942,06
		2856,40	

**Tabel 3.4.7** Neraca Massa pada Molekul Sieve (MS)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
H <sub>2</sub> O	48,123157	48,123157	0
Cl <sub>2</sub>	1893,9394	0	1893,9394
Total Stream	1942,06	48,123157	1893,9394
		1942,06	

**Tabel 3.4.8** Neraca Massa pada Evaporator

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
NaCl	31,3618	0	31,4
H <sub>2</sub> O	84547,4605	81385,257	3162,2035
NaOH	2108,1357	0	2108,1
Total Stream	86686,96	81385,257	5301,70
		86686,96	

### 3.5 Neraca Panas

#### 1. Reaktor

**Tabel 3.5.1** Neraca Panas Reaktor

Neraca Panas Masuk		Neraca Panas Keluar	
Enthalpi Input Reaktor	26.981.705,04	Enthalpi Cl <sub>2</sub>	26.981.705,04
Energi Listrik yang dibutuhkan	231.719.856,7	Enthalpi H <sub>2</sub>	231.719.856,7
		Enthalpi Cair	26.981.705,04
		Panas Reaksi	231.719.856,7
<b>Neraca Panas Total</b>	<b>26.981.705,04</b>	<b>Neraca Panas Total</b>	<b>26.747.117,49</b>

#### 2. Evaporator

**Tabel 3.5.3** Neraca Panas Evaporator

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q <sub>solid</sub>	69.902.997,5819	
Q <sub>feed</sub>	7.578.040,6243	
Q <sub>vapor</sub>		75.619.425,5517
Q <sub>liquid</sub>		1.861.612,6545
<b>Total</b>	<b>77481038.2062</b>	<b>77481038.2062</b>

### 3. Cooler-01

**Tabel 3.5.5** Neraca Panas Cooler-01

<b>Komponen</b>	<b>Input <math>\Delta H_{in}</math> (kJ/jam)</b>	<b>Output <math>\Delta H_{out}</math> (kJ/jam)</b>
$Q_{in}$	469.068,2156	
$Q_{out}$		41.406,4178
$Q_{pendingin}$		42.7661,7978
<b>Total</b>	<b>469.068,2156</b>	<b>469068.2156</b>

### 4. Cooler-02

**Tabel 3.5.6** Neraca Panas Cooler-02

<b>Komponen</b>	<b>Input <math>\Delta H_{in}</math> (kJ/jam)</b>	<b>Output <math>\Delta H_{out}</math> (kJ/jam)</b>
$Q_{in}$	56.237,4381	
$Q_{out}$		17.624,3364
$Q_{pendingin}$		38.613,1016
<b>Total</b>	<b>56.237,4381</b>	<b>56.237,4381</b>

### 5. Cooler-03

**Tabel 3.5.7** Neraca Panas Cooler-03

<b>Komponen</b>	<b>Input <math>\Delta H_{in}</math> (kJ/jam)</b>	<b>Output <math>\Delta H_{out}</math> (kJ/jam)</b>
$Q_{in}$	3.722.772,1918	
$Q_{out}$		104.052,4154
$Q_{pendingin}$		3.618.719,7763
<b>Total</b>	<b>3.722.772,1918</b>	<b>3.722.772,1918</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Dalam suatu pabrik terdapat salah satu faktor yang penting yaitu pemilihan lokasi pabrik. Pemilihan lokasi pabrik penting karena menjadi salah satu penentu dalam kelancaran kegiatan industri contohnya proses produksi produk dan pendistribusian produk. Oleh karena itu, dalam pemilihan lokasi pabrik diperlukan pertimbangan agar dapat memberikan sebuah keuntungan untuk perusahaan. Perancangan Pabrik Klorin dengan kapasitas 15.000 ton/tahun akan didirikan di daerah Jl. Yos Sudarso Cilegon, Banten, Jawa Barat. Gambar 4.1 merupakan kawasan yang dipilih sebagai pendirian pabrik Klorin yang didapatkan dari *Google Earth*.



**Gambar 4.1** Lokasi Pendirian Pabrik

Pendirian Pabrik Klorin berdasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu :

1. Faktor Primer
  - a. Sumber bahan baku (*Raw Material*)

Dalam perencanaan pendirian Pabrik Klorin, ketersediaan bahan baku lebih diutamakan yaitu dengan perencanaan pendirian pabrik pada area yang dekat

dengan air laut (garam) karena akan memudahkan untuk mengakses bahan baku utama. Oleh karena itu, rencana pendirian pabrik di Cilegon akan memberikan sebuah keuntungan untuk perusahaan karena wilayah Cilacap merupakan kawasan industri yang membutuhkan Klorin sebagai salah satu dalam penunjang proses pabrik lain.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu aspek penting dalam pendirian pabrik karena dapat mempengaruhi dari segi keuntungan dan kerugian perusahaan. Pemilihan pendirian pabrik di Cilegon akan memudahkan dalam pemasaran.

c. Sarana transportasi

Transportasi menjadi salah satu aspek penting dalam pendirian pabrik karena pendistribusian produk dapat dilakukan dengan mudah apabila transportasi yang digunakan dapat dijangkau dengan baik. Adapun transportasi yang digunakan baik jalur darat maupun jalur laut. Pemilihan pendirian pabrik di wilayah Cilegon memiliki sarana transportasi yang cukup memadai dan dapat dijangkau sehingga dapat mempermudah untuk mendistribusikan bahan baku atau produk yang dihasilkan. Beberapa kriteria pemilihan lokasi pendirian pabrik dengan pertimbangan infrakstruktur :

- Transportasi Udara

Transportasi melalui udara dapat dilakukan di Bandara Soekarno-Hatta International Airport yang berlokasi di Tangerang, Banten. Jarak antara lokasi pendirian pabrik Klorin dengan bandara kurang lebih sejauh 110 km.

- Transportasi Laut

Jarak antara lokasi pendirian pabrik Klorin dengan Pelabuhan Mekar Sari cukup berdekatan, sehingga memudahkan untuk pendistribusian produk.

d. Ketersediaan Bahan Bakar, Air, dan Energi (Utilitas)

Utilitas digunakan untuk memenuhi kebutuhan dasar pendirian pabrik yang mana berupa air dan listrik. Pemilihan lokasi di wilayah Cilegon dari segi ketersediaan air dan listrik cukup memadai karena air dapat diolah dari laut di Cilegon dan sumber listrik didapatkan dari PLTU Surlaya, Cilegon yang lokasinya tidak jauh dari lokasi rencana pendirian pabrik.

e. Tenaga Kerja

Pada wilayah Kota Cilegon terdapat 434.869 penduduk pada tahun 2020 berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Tingkat pengangguran terbuka di kota Cilegon sebesar 10,13% pada tahun 2021, sedangkan untuk tingkat partisipasi pekerja pada tahun 2021 sebesar 61,37%. Dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat memberi peluang pada para tenaga kerja di daerah tersebut maupun di daerah lain untuk dapat memenuhi kebutuhan pekerja yang terdapat dalam pabrik. Untuk mendukung kelancaran proses produksi pabrik dibutuhkan tenaga kerja ahli, para pekerja profesional akan didatangkan dari berbagai wilayah di Indonesia.

2. Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak bekerja secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik. Beberapa faktor sekunder di antara lain :

a. Perluasan pabrik

Memiliki pertimbangan untuk ekspansi pabrik dalam jangka 10 atau 20 tahun ke depan. Perluasan pabrik merupakan salah satu hal untuk mengembangkan potensi pabrik yang didirikan sehingga hal ini kemungkinan besar terjadi apabila pabrik masih berdiri. Hal tersebut dilakukan agar dimasa yang akan datang tidak mengalami kesulitan pencarian lahan saat akan melakukan perluasan area pabrik.

b. Perizinan

Pemerintah setempat telah menetapkan Cilegon, Banten sebagai kawasan industri yang sangat terbuka terhadap investor. Sebagai fasilitator, pemerintah akan memberikan kemudahan dalam proses pengembangan industri diantaranya adalah hal perizinan, pajak dan hal-hal lain terkait teknis pendirian pabrik.

c. Masyarakat

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan Klorin karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya

d. Iklim

Dalam pendirian pabrik Klorin perlu ditinjau beberapa hal yang dapat mempengaruhi kondisi operasi yaitu iklim berupa kelembaban udara, panas matahari, dan lain-lain. Dimana hal ini mempunyai pengaruh terhadap pengolahan, penyimpanan bahan baku maupun produk. Berdasarkan kondisi iklimnya, daerah Cilegon ini memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata mulai dari 21°C hingga 30°C.

#### 4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik (*Plan Layout*) merupakan salah satu aspek yang harus dipertimbangkan untuk menunjang pabrik yang akan didirikan yang digunakan untuk menentukan tata letak unit atau departemen dalam suatu pabrik dengan luas unit atau area yang diperlukan disesuaikan dengan luas tanah yang tersedia. Tata letak pabrik yang tepat dapat meningkatkan efisiensi, keselamatan serta kelancaran proses yang berlangsung. Adapun beberapa hal yang dapat menjadi pertimbangan dalam mendesain tata letak pabrik antara lain :

1. Adanya perluasan area pabrik dimasa yang mendatang. Permasalahan perluasan area pabrik ini menjadi aspek yang menjadi pertimbangan awal dalam membangun pabrik karena apabila diperlukan untuk penambahan pada peralatan ataupun kapasitas yang digunakan untuk mengolah bahan baku.
2. Pengelompokkan peralatan unit proses produksi untuk meminimalisir terjadinya bahaya seperti kebakaran yang mungkin sewaktu-waktu dapat terjadi dan untuk memudahkan dalam evakuasi.
3. Harga tanah merupakan salah satu aspek penting dimana semakin tinggi harga tanah maka efisiensi tempat yang diperlukan akan semakin tinggi sehingga dapat memaksimalkan tempat yang ada sekaligus dapat menghemat tempat yang tersedia.
4. Akses pendistribusian yang paling efektif dan ekonomis untuk bahan baku proses produksi, *steam* pada proses produksi, tenaga listrik untuk pabrik, penyediaan air bersih untuk pabrik.



5. Adanya penyediaan tempat yang lain seperti masjid, rumah dinas, kantin, tempat parkir, poliklinik dan tempat yang lain sebagai fasilitas untuk pekerja yang ada didalam pabrik.

Adapun rincian luas area yang akan digunakan didalam Pabrik Klorin dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Area Proses 1	60	40	2400
2	Area Proses 2	80	50	4000
3	Area Penyimpanan	40	30	1200
4	Area Utilitas	50	50	2500
5	Area Perluasan	40	30	1200
6	Area Mess	20	20	400
7	Bengkel	20	20	400
8	Control Room	15	20	300
9	Jalan	40	10	400
10	Klinik	20	25	500
11	Kantin	20	20	400
12	Laboratorium	20	25	500
13	Masjid	15	20	300
14	Parkir Utama	30	40	1200
15	Parkir Truk	35	40	1400
16	Parkir Tamu	25	15	375
17	Perkantoran	20	30	600
18	Pos Satpam	6	5	30
19	Taman	15	10	150
20	Unit Pemadam	25	20	500
21	Unit Pengolahan Limbah	40	20	800
22	Kantor Proses	20	25	500
23	Kantor K3	20	25	500
24	Area Penimbangan	15	20	300
25	Kantor Utilitas	20	25	500
	Luas Tanah	19955 m <sup>2</sup>		
	Luas Bangunan	15630 m <sup>2</sup>		



Skala 1 : 1000

Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

1. Area Proses 1
2. Area Proses 2
3. Area Perluasan
4. Area Penyimpanan
5. Area Utilitas
6. Pemadam Kebarakan
7. Control Room
8. Klinik
9. Mess
10. Masjid
11. Kantor Satpam
12. Taman
13. Kantor Admin
14. Kantin
15. Laboratorium
16. Bengkel
17. Parkir Karyawan
18. Parkir Truk
19. Area Penimbangan
20. Kantor K3
21. Kantor Utilitas
22. Kantor Proses
23. Parkir Tamu
24. Unit Pengolahan Limbah

### **4.3 Tata Letak Alat Proses**

Tata letak alat proses (*Machine Layout*) dapat disusun berdasarkan urutan proses dan fungsi dari suatu alat sehingga efektif dan efisien. Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak Pabrik Klorin yaitu :

**1. Aliran bahan baku dan produk**

Alur proses yang dirancang dengan tepat akan memberikan keuntungan yang besar dari segi ekonomis, selain itu aliran bahan baku yang baik akan menunjang kelancaran dan keamanan selama proses produksi berlangsung.

**2. Aliran Udara**

Pada area proses perlu diperhatikan kelancaran aliran udara sebagai jalan gas buangan yang dihasilkan saat proses. Apabila terdapat masalah pada aliran udara mengakibatkan stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia yang berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan para pekerja, maka dari itu perlunya perhatian pada kelancaran aliran udara. Selain itu, hembusan angin juga perlu diperhatikan agar tidak menuju pada pemukiman warga.

**3. Pencahayaan**

Proses produksi yang dilakukan berjalan selama 24 jam, penerangan pada area proses dalam pabrik harus memadai. Penerangan utama yaitu pada area proses dimana area tersebut termasuk area berbahaya, hal tersebut bertujuan agar mencegah terjadinya kecelakaan kerja dalam pabrik.

**4. Pertimbangan Ekonomi**

Peletakan alat proses harus seefisien mungkin agar biaya konstruksi dan biaya operasi yang dikeluarkan seminimal mungkin. Peletakan alat proses yang baik tetap memperhatikan keamanan produksi dan menguntungkan dalam segi ekonomi.

**5. Lalu lintas Kendaraan dan Manusia**

Memberikan akses dan lokasi yang memadai untuk menyusun alat proses sehingga memberikan keleluasaan yang cukup pada saat maintenance alat, perbaikan alat dan pemasangan alat baru.

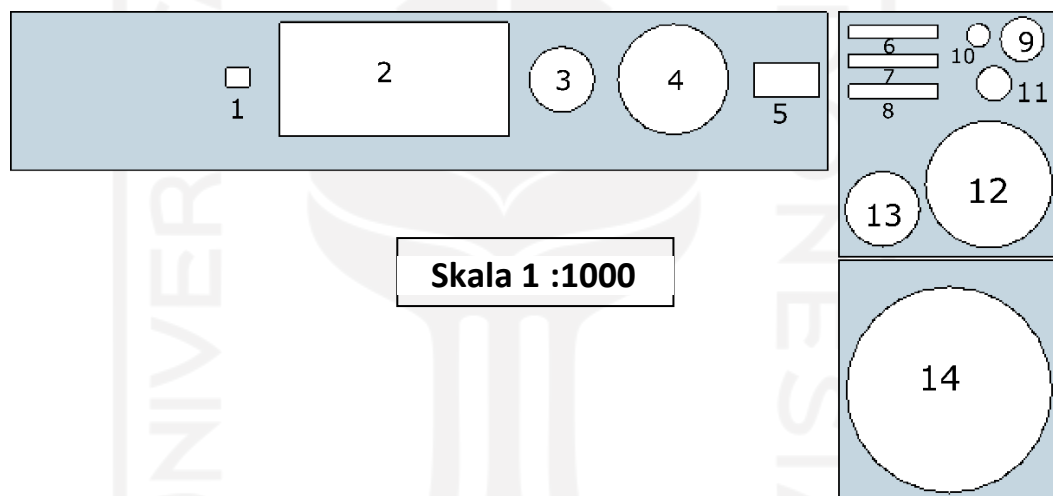
**6. Jarak antar alat proses**

Penyusunan alat proses yang beresiko tinggi dapat dilakukan dengan memberikan jarak yang cukup untuk meminimalisir apabila terjadi kecelakaan kerja atau kebakaran. Alat yang menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi sebaiknya diberi jarak aman dari alat proses yang lain untuk mencegah

terjadinya ledakan atau kebakaran sehingga tidak membahayakan alat yang lainnya.

7. Perluasan dan pengembangan pabrik

Adanya pengembangan pabrik merupakan salah satu harapan saat mendirikan suatu pabrik. Pengembangan pabrik dapat berupa penambahan unit alat proses sehingga memerlukan perluasan area pabrik untuk mengikuti perkembangan dari pabrik tersebut.



**Gambar 4.3** Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

1. BP-01 : Screener
2. BP-02 : Bak Pengendap
3. BFK : Bak Flokulan Koagulan
4. CL : Clarifier
5. SF : Sand Filter
6. R-01 : Reaktor-01
7. R-02 : Reaktor-02
8. R-03 : Reaktor-03
9. MS-01 : Molekular Sieve
10. WT-01 : Water Trap
11. EV-01 : Evaporator
12. T-01 : Tangki-01
13. T-02 : Tangki-02
14. T-03 : Tangki-03

#### 4.4 Organisasi Perusahaan

##### 1. Bentuk Perusahaan

Pabrik Klorin yang akan dibangun, direncanakan akan didirikan dengan klasifikasi pabrik sebagai berikut :

1. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
2. Status Perusahaan : Swasta
3. Kapasitas Produksi : 15.000 Ton/Tahun

Bentuk perusahaan yang dipilih yaitu Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas (PT) adalah bentuk perusahaan yang mana modalnya terdiri atas saham. Modal perusahaan didapatkan dari penjualan saham yang mana apabila terjadi kerugian maka pemilik saham akan kehilangan modal saja. Saham merupakan surat bernilai yang dikeluarkan oleh perusahaan dan orang yang memiliki saham artinya telah ikut menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti turut andil dalam kepemilikan sebagian perusahaan. Pemegang saham dalam perusahaan perseroan terbatas (PT) hanya bertanggung jawab menyetor penuh sesuai dengan jumlah yang telah tertera dalam setiap saham. Beberapa alasan pemilihan Perseroan Terbatas (PT) diantaranya sebagai berikut :

- a. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena wewenang pemegang saham dalam mengambil keputusan arah jalan perusahaan terbatas sehingga, tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staff dan karyawan perusahaan.
- b. Kepemilikan dan pengurusan perusahaan terpisah, dimana kepemilikan perusahaan dipegang oleh para pemegang saham sedangkan pengurusan perusahaan dipegang oleh direksi serta staff dibawah pengawasan dewan direksi.
- c. Pemegang saham memiliki hak untuk memilih orang yang dianggap ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan dengan kompetensi keahlian yang telah ditentukan.

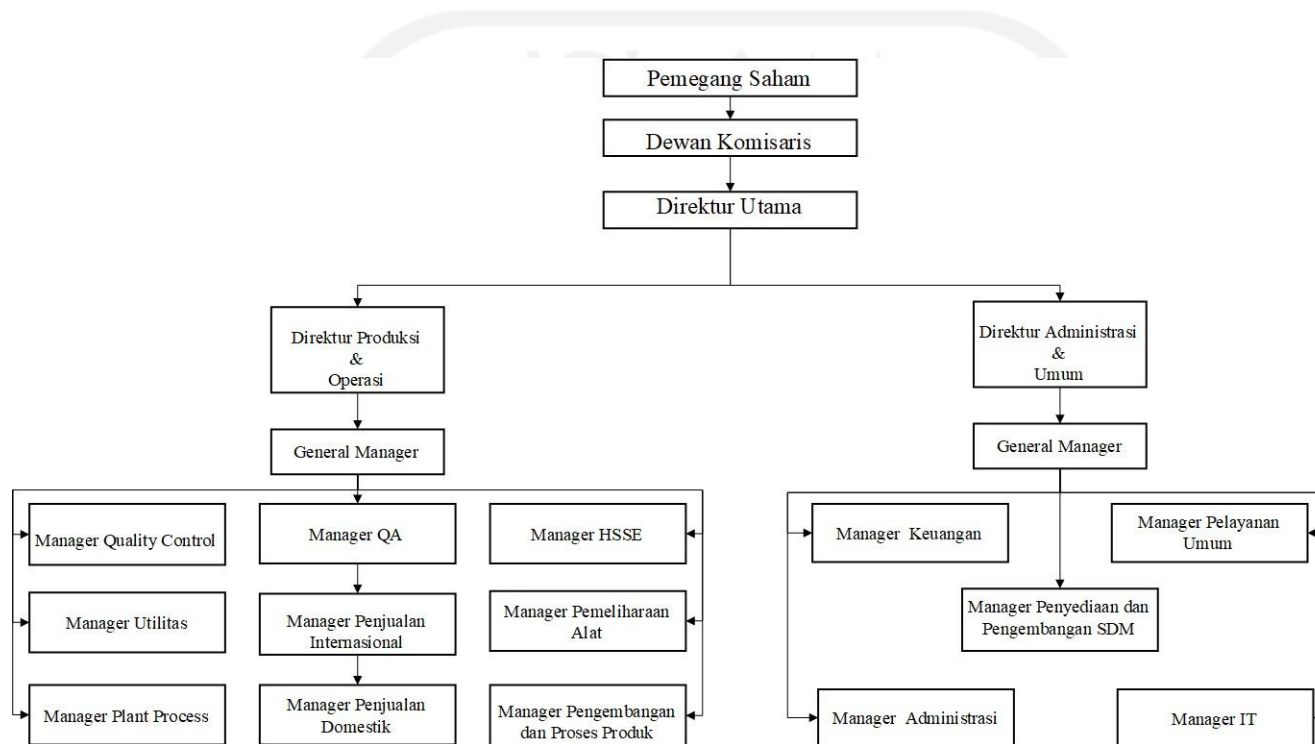
- d. Lapangan usaha yang tercipta lebih luas, PT dapat menarik modal dalam jumlah besar dari masyarakat sehingga modal tersebut dapat digunakan untuk memperluas perusahaan.

## **2. Struktur Organisasi**

Struktur organisasi diperlukan untuk menunjang keberhasilan perusahaan yang mana dapat memperlancar komunikasi dan perusahaan menjadi lebih terstruktur dalam menjalankan prosedur yang telah ditetapkan sesuai dengan pembagian tugas dan wewenang. Struktur organisasi suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Sistem organisasi yang dipilih perusahaan yaitu *system line and staff organization*. Pembagian tugas kerja pada sistem ini lebih praktis dan efisien, dimana karyawan bertanggung jawab secara langsung pada atasan saja. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Pemegang saham
- b. Dewan Komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. General Manager
- f. Manager
- g. Karyawan dan Operator





**Gambar 4.5** Struktur Organisasi

### **3. Tugas dan Wewenang**

#### **a. Pemegang Saham**

Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan yang terdiri dari beberapa orang dengan tujuan untuk mendirikan perusahaan dengan modal yang telah dikumpulkan. Kekuasaan tertinggi pada suatu perusahaan perseroan terbatas (PT) terdapat pada rapat umum pemegang saham. Berikut tugas dan wewenang pemegang saham yaitu :

1. Mengesahkan hasil atau produk usaha dan perhitungan pendapatan serta kerugian perusahaan
2. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris
3. Mengangkat dan memberhentikan direktur dewan direksi

#### **b. Dewan Komisaris**

Dewan komisaris dapat disebut sebagai tangan kanan pemegang saham yang menjalankan tugas sehari-hari pemegang saham. Berikut merupakan tugas dan wewenang dewan komisaris yaitu :

1. Mengawasi tugas dewan direksi
2. Membantu dewan direksi dalam tugas yang penting
3. Menyetujui dan menilai perencanaan yang telah dibuat oleh dewan direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, pengalokasian sumber dana dan pengarahannya pemasaran produk perusahaan.

#### **c. Dewan Direksi**

Dewan direksi terdiri dari direktur utama yang merupakan pemimpin tertinggi dalam perusahaan yang memiliki tanggung jawab sepenuhnya terhadap kesuksesan perusahaan. Direktur utama memiliki tugas untuk bertanggung jawab terhadap dewan komisaris atas segala keputusan sebagai pemimpin perusahaan terhadap kerjasama dan kebijakan yang diambil. Direktur utama membawahi direktur operasi dan produksi, direktur keuangan dan umum.

Tugas dan wewenang direktur utama yaitu :

1. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membangun hubungan yang baik antara pemilik saham, pemimpin, karyawan dan konsumen
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian berdasarkan rapat persetujuan dengan pemegang saham
3. Mengkoordinir kerjasama antara direktur produksi dan direktur keuangan dan umum
4. Melaksanakan perencanaan kebijakan perusahaan dan dapat mempertanggungjawabkan tugasnya pada pemegang saham di akhir jabatannya

Tugas dan wewenang Direktur Operasi dan Produksi :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, penjualan dan pemasaran
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pekerjaan *general manager*

Tugas dan wewenang Direktur Administrasi dan Umum :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, administrasi dan pelayanan umum
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pekerjaan *general manager*

#### **d. Staff Ahli**

Staff Ahli merupakan orang yang membantu dan bertanggung jawab kepada Direktur dalam menjalankan tugasnya sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Berikut tugas dan wewenang Staff Ahli yaitu :

1. Mengadakan evaluasi dalam bidang teknik dan ekonomi perusahaan
2. Memberikan saran dan nasihat untuk perencanaan pengembangan perusahaan

#### **e. General Manajer**

General manajer merupakan orang yang dapat bertindak sebagai staff direktur dan/atau bekerja sama dengan staff ahli. General manajer memiliki tugas secara umum yaitu mengatur, mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan bagiannya dan sesuai garis yang telah diberikan perusahaan.

Tugas dan wewenang General Manajer Operasi dan Produksi :

1. Mengatur, mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan manajer yang menjadi bawahannya seperti Manajer Plant Proses, Manajer *Quality Control* (QC), Manajer *Quality Assurance* (QA), Manajer *Health, Safety, Security and Environmental* (HSSE), Manajer Pemasaran Domestik dan Internasional.
2. Bertanggung jawab kepada Direktur Operasi dan Produksi dalam bidang kualitas mutu dan kelancaran produksi

Tugas dan wewenang General Manajer Administrasi dan Umum :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, hubungan masyarakat, personalia dan keamanan
2. Mengatur, mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan manajer yang menjadi bawahannya.

**f. Manajer**

Manajer memiliki tugas umum yaitu mengatur, mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan bidang dan garis yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Tugas dan wewenang Manajer Plant proses

1. Mengawasi jalannya proses produksi
2. Menjalankan sebuah kerjasama yang diperlukan pada alat produksi yang mengalami masalah (*problem*)

Tugas dan wewenang Manajer *Quality Control* (QC)

1. Mengawasi tentang buangan pabrik
2. Mengawasi dan menganalisa kualitas mutu bahan baku dan produk
3. Memberikan saran mengenai perbaikan proses yang berjalan

Tugas dan wewenang Manajer *Quality Assurance* (QA)

1. Membuat perencanaan, prosedur dan spesifikasi standar proses dan produk yang akan dipasarkan
2. Memastikan suatu produk yang dipasarkan telah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan untuk semua komponen

#### Tugas dan wewenang Manajer Utilitas

1. Mengatur dan menjalankan sarana utilitas yang digunakan untuk memenuhi segala kebutuhan proses pabrik

#### Tugas dan wewenang Manajer Pemeliharaan Alat

1. Memperbaiki kerusakan alat pabrik
2. Melakukan pemeriksaan berkala pada peralatan pabrik dan fasilitas

#### Tugas dan wewenang Manajer HSSE

1. Melakukan evaluasi dan pemetaan kemungkinan peluang insiden kecelakaan kerja yang dapat terjadi.
2. Menangani permasalahan yang dapat mengancam keselamatan kerja dan mengupayakan mengurangi potensi bahaya yang dapat terjadi
3. Membuat dan menjaga dokumen yang terkait dengan Kesehatan dan keselamatan kerja

#### Tugas dan wewenang Manajer Pemasaran Domestik dan Internasional

1. Mengatur pendistribusian produk di dalam negeri dan luar negeri (domestic dan internasional)
2. Membuat perencanaan terkait dengan strategi penjualan hasil produksi baik di dalam negeri dan di luar negeri

#### Tugas dan wewenang Manajer Pengembangan Proses dan Produksi

1. Mengusahakan pendisiplinan yang tinggi di lingkup kerja agar tercipta kondisi kerja yang dinamis
2. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana yang baik antara pekerja dan pekerjaannya agar tidak membuang waktu dan biaya
3. Menciptakan dan meningkatkan kesejahteraan karyawan

#### Tugas dan wewenang Manajer IT

1. Melakukan peningkatan dan pengembangan sistem informasi dan teknologi perusahaan

2. Memiliki tanggung jawab terkait keseluruhan proses IT
3. Memastikan secara keseluruhan sistem IT berjalan baik dan memberikan penyelesaian terkait dengan permasalahan yang terjadi

#### Tugas dan wewenang Manajer Keuangan

1. Merencanakan dan mengkoordinir terkait penyusunan anggaran perusahaan dan mengelola serta mengontrol perealisasi penggunaan anggaran
2. Membuat laporan keuangan perusahaan untuk memproses data dan informasi keuangan

#### Tugas dan wewenang Manajer Operator

1. Menjalankan pekerjaan sesuai dengan divisi masing-masing dan memastikan berjalan dengan

#### **g. Kayawan**

Karyawan digolongkan menjadi 3 golongan antara lain :

##### 1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang telah diangkat dan diberhentikan dengan adanya surat keputusan (SK) dari direksi dan memiliki pendapatan bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

##### 2. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak merupakan karyawan sementara yang telah diangkat dan diberhentikan dengan adanya surat kontrak.

##### 3. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan merupakan karyawan yang hanya ada pada saat diperlukan perusahaan saja

#### **4. Jam Kerja Karyawan**

Pabrik Klorin direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan proses produksi akan berlangsung selama 24 jam per hari secara kontinyu. Sisa hari akan digunakan untuk pemeliharaan pabrik (*maintenance / shutdown*). Pembagian

*shift* untuk karyawan akan berlangsung secara bergantian setiap hari. Pembagian karyawan akan dibedakan menjadi dua, yaitu :

### 1. Karyawan *Shift*

Karyawan yang bertanggung jawab untuk menangani proses produksi secara langsung akan bekerja dengan sistem *shift* karena proses produksi akan berlangsung selama 24 jam per hari. Pembagian *shift* karyawan akan berlangsung dengan pengaturan sebagai berikut :

- a. *Shift* I (pagi) : 08.00-16.00 WIB
- b. *Shift* II (sore) : 16.00-24.00 WIB
- c. *Shift* III (malam) : 24.00-08.00 WIB

Pembagian *shift* akan dilakukan dengan pembagian 4 regu, dimana 3 regu akan bekerja dan 1 regu akan libur (istirahat). Tiap regu akan mendapatkan giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur pada setiap *shift*. Berikut merupakan jadwal pembagian *shift* karyawan :

**Tabel 4.2** Jadwal Pembagian *Shift* Karyawan

REGU	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

### 2. Karyawan Non-*Shift*

Karyawan Non-*Shift* adalah karyawan yang tidak langsung berkaitan dengan jalannya produksi yang terdapat dalam pabrik. Karyawan non-*Shift* yaitu kepala bagian kebawah termasuk karyawan dengan bagian umum. Karyawan non-*Shift* memiliki 5 hari kerja selama satu minggu dengan satu hari kerja akan bekerja selama 8 jam. Berikut merupakan pembagian waktu kerja untuk karyawan non-*shift*:

- Senin-Kamis

Jam kerja : 08.00 – 16.00 WIB

Jam Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB

- Jum'at
- Jam Kerja :07.30 – 16.30 WIB
- Jam Istirahat : 11.30 – 13.30 WIB

## 5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

**Tabel 4.3** Penggolongan Jabatan dan Gaji

No	Jabatan	Pendidikan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Direktur Utama	S2/S3	1	45.000.000,00	45.000.000,00
2	Direktur Operasi dan Produksi	S2	1	35.000.000,00	35.000.000,00
3	Direktur Administrasi dan Umum	S2	1	35.000.000,00	35.000.000,00
4	Staff Ahli	S1	1	40.000.000,00	40.000.000,00
5	General Manager Operasi dan Produksi	S1	1	30.000.000,00	30.000.000,00
6	General Manager Administrasi, Keuangan dan Umum	S1	1	30.000.000,00	30.000.000,00
7	Manajer Plant Proses	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
8	Manajer <i>Quality Control</i> (QC)	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
9	Manajer <i>Quality Assurance</i> (QA)	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
10	Manajer Utilitas	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
11	Manajer Pemeliharaan Alat	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
12	Manajer HSSE	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
13	Manajer Pemasaran Domestic dan Internasional	S1	2	15.000.000,00	15.000.000,00
14	Manajer Pengembangan Proses dan Produk	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
15	Manajer IT	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
16	Manajer Keuangan	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
17	Manajer Administrasi	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
18	Manajer Keamanan	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
19	Manajer K3	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
20	Manajer Penyediaan dan Pengembangan SDM	S1	1	15.000.000,00	15.000.000,00
21	Karyawan QC	D3/D4/S1	6	9.000.000,00	54.000.000,00
22	Karyawan <i>Quality Assurance</i> (QA)	D3/D4/S1	6	9.000.000,00	54.000.000,00
23	Karyawan Utilitas	D3/D4/S1	7	9.000.000,00	63.000.000,00
24	Karyawan Pemeliharaan Alat	D3/D4/S1	4	9.000.000,00	36.000.000,00
25	Karyawan HSSE	D3/D4/S1	6	9.000.000,00	54.000.000,00
26	Karyawan Pengembangan Proses dan Produk	D3/D4/S1	4	9.000.000,00	36.000.000,00



No	Jabatan	Pendidikan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
27	Karyawan Penyediaan dan Pengembangan SDM	D3/D4/S1	4	9.000.000,00	36.000.000,00
28	Karyawan K3	D3/D4/S1	7	9.000.000,00	63.000.000,00
29	Karyawan Administrasi dan Keuangan	D3/D4/S1	6	9.000.000,00	54.000.000,00
30	Karyawan Pemasaran	D3/D4/S1	4	9.000.000,00	36.000.000,00
31	Karyawan Instrumen dan Listrik	D3/D4/S1	7	9.000.000,00	63.000.000,00
32	Karyawan Laboratorium	D3/D4/S1	7	9.000.000,00	63.000.000,00
33	Operator Proses	D3/D4/S1	27	7.000.000,00	189.000.000,00
34	Operator Utilitas	D3/D4/S1	15	7.000.000,00	105.000.000,00
35	Sekretaris	D3/D4/S1	3	9.000.000,00	27.000.000,00
36	Dokter	S1	2	10.000.000,00	20.000.000,00
37	Perawat	D3/D4/S1	6	7.000.000,00	42.000.000,00
38	Cleaning Service	SLTA	8	3.500.000,00	28.000.000,00
39	Security	SLTA	6	4.500.000,00	27.000.000,00
40	Sopir	SLTA	6	4.000.000,00	24.000.000,00
<b>TOTAL</b>					1.514.000.000

## 6. Fasilitas dan Kesejahteraan Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan oleh perusahaan untuk karyawan antara lain :

### a. Tunjangan

- a) Tunjangan lembur
- b) Tunjangan jabatan
- c) Tunjangan yang lainnya berdasarkan undang-undang yang berlaku
- d) Tunjangan anak dan istri

### b. Jaminan

- a) Jaminan hari tua dan pensiun
- b) Jaminan kecelakaan
- c) Jaminan keselamatan kerja
- d) Jaminan Asuransi

### c. Cuti

Karyawan memiliki hak cuti yang disediakan oleh perusahaan dengan pembagian sebagai berikut :

- a) Cuti tahunan (12 hari dalam 1 tahun kerja)

- b) Cuti sakit (diberikan berdasarkan keterangan dokter)
- c) Cuti hamil dan haid bagi karyawan Wanita
- d. Fasilitas Rumah Tinggal

Fasilitas ini diperuntukkan bagi karyawan seperti mess/asrama yang dapat digunakan untuk beristirahat saat pergantian shift.

- e. Fasilitas Poliklinik
  - a) Karyawan yang sedang sakit yang diakibatkan oleh kerja akan ditanggung oleh perusahaan berdasarkan undang-undang yang berlaku
  - b) Karyawan yang sedang sakit yang tidak diakibatkan oleh kerja/kecelakaan berdasarkan kebijakan yang ditetapkan oleh perusahaan
- f. Fasilitas Tempat Ibadah

Fasilitas ini diperuntukkan untuk seluruh karyawan yang berada di lokasi pabrik untuk beribadah yang berupa Masjid

- g. Fasilitas Kantin

Fasilitas kantin ini diperuntukkan untuk seluruh karyawan yang berada di lokasi pabrik

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Pendirian suatu pabrik tidak lepas dengan adanya alat pelengkap atau utilitas. Pabrik tidak akan dapat menjalankan proses apabila tidak ditunjang dengan adanya sarana utilitas yang sesuai dengan kebutuhan. Keseluruhan proses yang terjadi memerlukan bantuan dari sarana utilitas.

Dalam pabrik Klorin dari air laut, terdapat beberapa unit pendukung yang dibutuhkan diantaranya yaitu :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit Steam
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Udara Tekan
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

#### **5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

##### **5.1.1 Unit Penyediaan Air**

Konsumsi air yang dibutuhkan dalam pabrik Klorin ini tergolong dalam jumlah besar. Sumber bahan baku utama dalam proses perancangan pabrik adalah air laut yang didapatkan dari perairan Laut Jawa. Air laut dengan kandungan garam dengan kadar tinggi perlu dihilangkan terlebih dahulu. Kandungan garam yang ada dalam air akan merusak boiler sehingga berakibat *scalling* pada alat tersebut. Hal tersebut dapat menurunkan performa boiler dan dapat mengurangi umur pakai alat.

Kebutuhan air dalam pabrik dibagi menjadi beberapa sesuai dengan keperluannya yaitu :

a. Air Pendingin

Air pendingin digunakan sebagai media untuk mendinginkan/menurunkan suhu pada alat-alat yang memerlukan penurunan suhu saat proses produksi. Volume air pendingin yang digunakan biasanya dalam jumlah banyak, sehingga untuk sumber yang digunakan harus diperoleh dengan mudah dan persediaan yang melimpah. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air pendingin yaitu :

- Air tidak mengandung besi karena besi dapat menyebabkan korosi pada alat.
- Air tidak mengandung mineral, mineral yang terkandung dalam air dapat meningkatkan kesadahan pada air.
- Organisme mikroskopis perlu dihilangkan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya *fouling* pada alat yang menggunakan pendingin.

b. Air Umpan Boiler

Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan saat pengolahan air umpan boiler, faktor-faktor tersebut yaitu :

- Kandungan gas yang terlarut dapat menyebabkan korosi
- Kandungan mineral yang terkandung pada air dapat menyebabkan *foaming* dan *scalling*

c. Air Sanitasi

Penggunaan air sanitasi digunakan untuk keperluan kebutuhan umum kantor dan rumah tangga perusahaan seperti air minum, air laboratorium, masjid dan lain sebagainya. Syarat yang harus dipenuhi agar air sanitasi layak digunakan yaitu :

- Syarat Fisik
  - Jernih atau bening
  - Tidak memiliki rasa
  - Tidak berbau
  - Suhu air sama dengan suhu lingkungan
- Syarat Kimia
  - Tidak beracun
  - Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Syarat Bakteriologis
  - Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri pathogen.

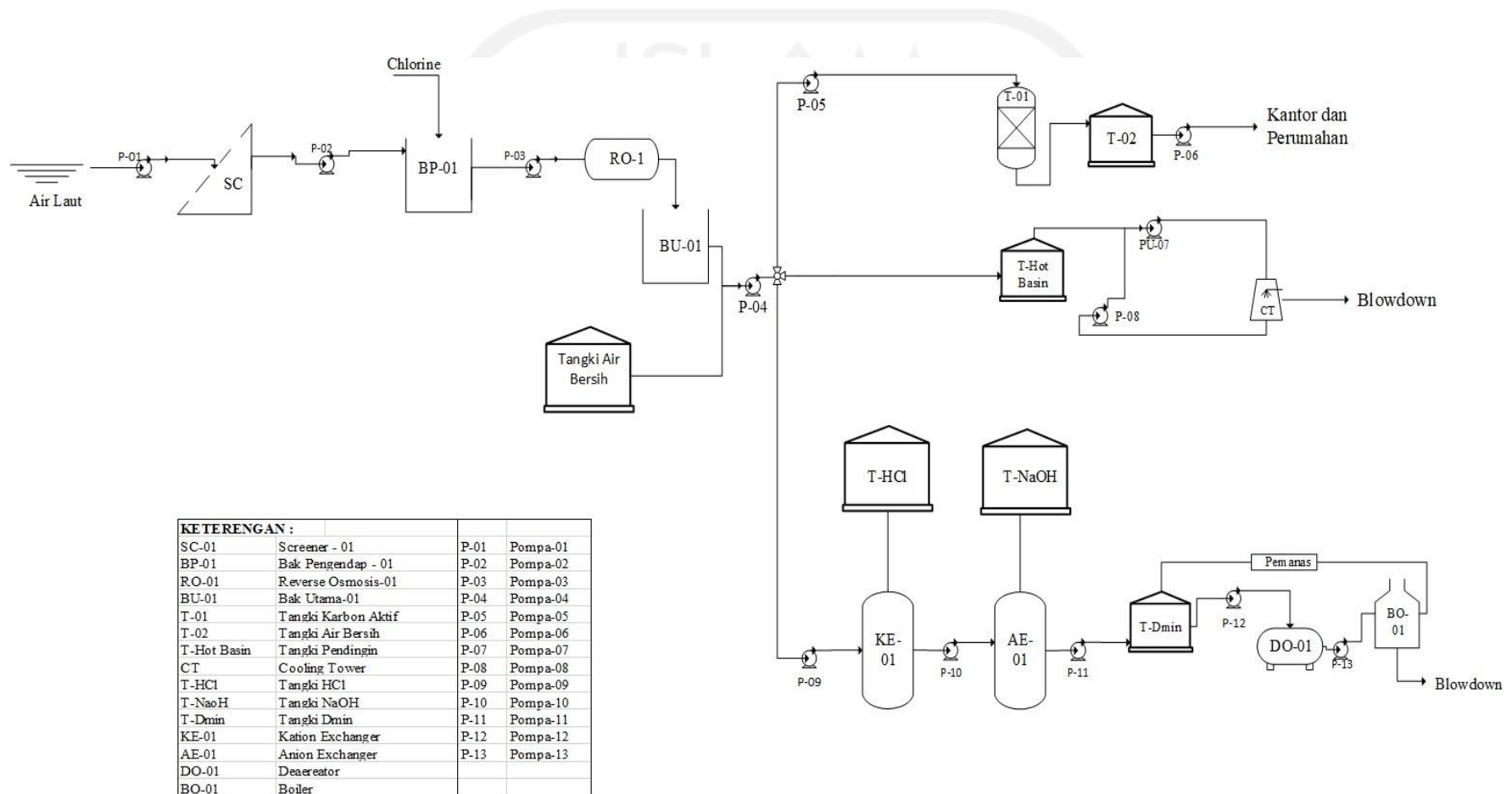
Agar syarat-syarat tersebut dapat terpenuhi, maka air perlu melalui proses desalinasi dan kloranisai sehingga air layak untuk digunakan.

#### d. Air Pemadam Kebakaran

Air pemadam kebakaran juga memiliki peran penting dan harus ada di setiap pabrik. Pemadam kebakaran adalah salah satu property keamanan apabila terjadi kebakaran. Air pemadam kebakaran cukup melalui proses desalinasi agar dapat digunakan.

#### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air laut, sebelum digunakan air laut tersebut harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan air dilakukan dengan tujuan menghilangkan pengotor yang terkandung dalam air dan agar air memenuhi syarat untuk digunakan. Proses pengolahan dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Tahapan proses pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1 Diagram Alir Pengolahan Utilitas

Adapun beberapa tahapan pengolahan air yaitu sebagai berikut :

a. Penyaringan Awal/ *Screening*

Air laut diambil langsung dari sumber yang telah dipilih, kemudian air laut dipompakan menuju filter untuk menyaring kandungan padatan seperti sampah, plastik, pasir, ikan kecil dan padatan lainnya yang terbawa oleh air. Selanjutnya air akan dialirkan menuju bak pengendap.

b. Bak Pengendap

Air laut yang telah dipisahkan dari pengotor padatan, kemudian dialirkan menuju bak pengendap. Tujuan air dimasukkan dalam bak pengendap untuk mengendapkan lumpur, pasir dan kotoran yang tidak lolos dari penyaringan awal. Pada tahap ini diinjeksikan Klorin sejumlah 2 ppm untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah pertumbuhannya.

c. Bak Koagulasi dan Flokulasi

Air pada bak pengendap utama dialirkan ke bak koagulasi dan flokulasi untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap pada bak pengendap utama dengan cara menambahkan zat kimia. Senyawa yang digunakan yaitu  $Al_2(SO_4)_3$  atau tawas. Penggunaan tawas dalam hal ini berdasarkan pada tawas yang merupakan suatu garam hasil perpaduan basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang memiliki sifat basa akan mudah terhidrolisis dengan penambahan tawas.

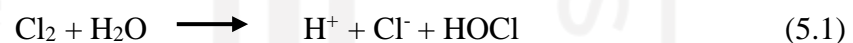
d. *Reverse Osmosis*/Desalinasi

Desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang terkandung dalam air. Teknologi Membrane Reverse Osmosis merupakan

teknologi yang digunakan pada proses desalinasi. Reverse Osmosis merupakan suatu proses buatan yang berkebalikan dengan osmosis yang biasa digunakan. Sedangkan pada reverse osmosis, air yang memiliki konsentrasi garam yang tinggi akan dipompakan dengan tekanan yang tinggi kedalam membrane, sehingga proses perpindahan massa akan memiliki alur proses yang terbalik. Dengan *reverse osmosis*, air laut yang memiliki kadar berkisar 10.000 ppm dapat diturunkan hingga 100 ppm.

e. Klorinasi

Air dari pengolahan desalinasi akan dicampur dengan Klorin berupa kaporit dengan tujuan untuk membasmi jamur, bakteri serta mikroorganisme. Air yang telah melewati proses Klorinasi kemudian tampung pada tangki air bersih yang kemudian akan didistribusikan sebagai air domestic. Klorin dalam air akan membentuk asam hipoklorit dengan reaksi sebagai berikut :



Kemudian asam hipoklorit akan pecah sesuai dengan reaksi berikut :



f. Tangki Pendingin dan Cooling Tower

Beberapa proses yang telah digunakan sebelumnya mengakibatkan kenaikan suhu pada air yang diproses, sehingga perlu didinginkan kembali dengan menggunakan Cooling Tower. Proses pendinginan yang dilakukan dengan cara mengkontakkan air secara langsung dengan udara sehingga sebagian kecil dari air



tersebut akan menguap dan dari proses tersebut airnya dapat digunakan kembali sebagai air pendingin.

g. Ion Exchanger/Demineralisasi

Air yang akan digunakan untuk umpan boiler dan umpan pada unit proses memiliki syarat harus terbebas dari kandungan garam murni terlarut. Dilakukan proses demineralisasi ini agar ion yang terkandung dapat dihilangkan. Pada proses ini terbagi menjadi dua tahap berupa kation exchanger dan anion exchanger..

- Kation Exchanger

Kation Exchanger merupakan proses pelunakan air, mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Kation exchanger berisi resin yang berjenis hidrogen-zeolite sebagai pengganti kation dimana kandungan kation dalam air akan diganti dengan ion  $\text{H}^+$  sehingga air keluaran dari kation exchanger air yang mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ . Resin memiliki masa pakai, apabila suatu resin tidak mampu lagi menangkap mineral, maka akan dilakukan regenerasi pada resin tersebut. Regenerasi resin kation exchanger dilakukan dengan penambahan asam kuat berupa  $\text{HCl}$ , sehingga akan membentuk garam-garam seperti  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  dan mineral sadah lainnya.

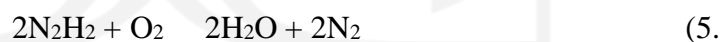
- Anion Exchanger

Air yang telah melalui proses pada kation exchanger selanjutnya disubjekkan menuju anion exchanger untuk dilakukan proses dealkalinasi. Pada anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negative (anion) seperti  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan lainnya yang terlarut dalam reaksi dengan menggunakan resin yang

bersifat basa. Resin yang digunakan yaitu jenis weakly basic, saat resin sudah tidak mampu lagi untuk menangkap ion maka akan dilakukan regenerasi dengan menambahkan basa kuat NaOH sehingga terbentuk garam seperti  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan lainnya. Air dari keluaran anion exchanger sudah dapat digunakan sebagai air proses, namun untuk penggunaan sebagai umpan boiler masih memerlukan tahap selanjutnya.

#### h. Dearasi

Dearasi merupakan suatu proses pengambilan oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang terdapat pada air dari keluaran proses demineralisasi. Air yang telah melalui proses demineralisasi dialirkan menuju dearator, kemudian dimasukkan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) dengan tujuan mengikat oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan gas terlarut lainnya yang terkandung dalam air. Air yang dikeluarkan dari dearator akan dialirkan menuju boiler sebagai air umpan (*boiler feed water*). Tujuan pengikatan oksigen pada umpan air boiler untuk mencegah terbentuknya karak (*scale*) pada *tube* boiler. Reaksi yang terjadi di dearator sebagai berikut :



#### i. Tangki Penampung Sementara

Tangki penampung sementara digunakan untuk menampung air yang sudah diolah untuk selanjutnya di distribusikan menuju tempat lainnya.

**Tabel 5.1** Total Kebutuhan Air

<b>Kebutuhan Air</b>	<b>Nama Alat</b>	<b>Jumlah kebutuhan air kg/jam</b>
<b>Air Pendingin</b>	Condensor-01	105780,1058
	Cooler-01	1547,6609
	Cooler-02	254,3557
	Cooler-03	4132,5131
<b>Air Sanitasi</b>	Kebutuhan air domestik	16056,9903
	Kebutuhan air service	166,667
<b>Air Umpan Boiler</b>	Air Umpan Boiler	26465,650
<b>Total Kebutuhan Air</b>		1,304,348,575

## 5.2 Unit Penyedia Listrik

Unit penyedia listrik adalah unit yang memiliki potensial penting untuk menunjang kebutuhan listrik pada pabrik Klorin. Kebutuhan listrik yang diperlukan berfungsi untuk menggerakkan alat proses, instrument, alat utilitas, dan penyedia penerangan pada pabrik. Kebutuhan listrik pada pabrik ini direncanakan akan dipenuhi oleh PLTU Krakatau Daya Listrik. Selain itu, apabila terjadi gangguan pada PLTU akan digunakan sebuah diesel untuk menggerakkan power yang dikategorikan penting seperti boiler, compressor dan pompa. Generator yang digunakan menggunakan prinsip kerja pembakaran jadi solar dan udara yang terbakar secara kompresi selanjutnya akan menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan nantinya akan digunakan untuk menghidupkan generator dan

menghasilkan tenaga listrik kemudian di distribusikan ke panel dan dialirkan ke unit yang membutuhkan. Kebutuhan listrik di pabrik ini terbagi menjadi dua yaitu:

1. Listrik untuk plant

- Listrik penggerak motor

Beberapa alat proses yang digunakan membutuhkan listrik sebagai tenaga utama untuk dijadikan penggerak motor. Daya yang dibutuhkan n tertera pada Tabel 5.2.1

**Tabel 5.2.1** Daya Lisrik untuk Plant

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor	R-01	98531.31	73474797.99
	R-02	98531.31	73474797.99
	R-03	98531.31	73474797.99
Bak Proses	BFK-01	1.50	1118.55
	CL-01	2.00	1491.40
Pompa Proses	P-01	20.00	14914.00
	P-02	100.00	74570.00
	P-03	7.50	5592.75
<b>Total</b>		<b>295724,93</b>	<b>220522080.66</b>

- Peralatan Utilitas

Peralatan utilitas yang dibutuhkan sejumlah daya untuk menggerakkan motor sebagai berikut :

**Tabel 5.2.2** Daya Peralatan Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	B-02	2.00	1491.40
Blower Cooling Tower	BL-01	0.25	186.43
Kompresor Udara	CP-01	1.50	1118.55
Pompa-01	PU-01	3.00	2237.10
Pompa-02	PU-02	3.00	2237.10
Pompa-03	PU-03	3.00	2237.10
Pompa-04	PU-04	1.50	1118.55
Pompa-05	PU-05	1.00	745.70
Pompa-06	PU-06	1.00	745.70
Pompa-07	PU-07	1.00	745.70
Pompa-08	PU-08	1.00	745.70
Pompa-09	PU-09	1.00	745.70
Pompa-10	PU-10	2.00	1491.40
Pompa-11	PU-11	2.00	1491.40
<b>Total</b>		<b>28.75</b>	<b>21438.88</b>

2. Listrik untuk peralatan penunjang

- Peralatan instrumentasi yang digunakan berupa alat control dan pendeteksi memerlukan daya sebesar 55135,8799 kW
- Peralatan bengkel dan laboratorium berupa fasilitas pemeliharaan maupun peralatan pabrik membutuhkan daya sebesar 33081,5279 kW

- Peralatan untuk lampu jalan, penerangan *instrument* pabrik, kantor dan lingkungan sekitar pabrik memerlukan daya sebesar 33081,5279 kW
- Peralatan perkantoran seperti computer, pendingin ruangan, pengeras suara, dan lain sebagainya membutuhkan daya sebesar 33081,5279 kW

### 5.3 Unit Penyedia Steam

Steam adalah media pemanas yang digunakan untuk heat exchanger dan alat proses menggunakan boiler sebagai unit pembangkit steam. Pengolahan air lunak dari unit pengolah air menjadi steam jenuh (*saturated steam*) merupakan unit pembangkit steam. Kebutuhan steam dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.3.1** Unit Penyedia Steam

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
Heater-01	HE-01	658,6007
Heater-02	HE-02	11107,6115
Heater-03	HE-03	11107,6115
Evaporator-01	EV-01	38389,2567
<b>Jumlah</b>		<b>61263,080</b>

Alat pembakaran yang terdapat pada boiler berfungsi untuk memanaskan Lorong dan pipa api. Sisa pembakaran akan menghasilkan gas yang sebelum dibuang melewati cerobong asap akan masuk kedalam *economizer* sehingga air yang terdapat dalam boiler akan menyerap panas. Uap air yang telah terkumpul akan dialirkan kedalam steam header untuk didistribusikan ke bagian proses produksi.

### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan digunakan untuk menggerakkan instrument control yang memiliki jenis *pneumatic control*. Pabrik Klorin menghasilkan udara tekan dengan

instrument *single stage reciprocating compressor*. Udara tekan yang digunakan mengacu pada standar kebutuhan udara yang digunakan PT Indo Acidatama Tbk yaitu pada tekanan 6,35 bar dan suhu 30°C dimana setiap alat kontrol membutuhkan udara tekan sebanyak 1,7 m<sup>3</sup>/jam. Alat control yang digunakan sebanyak 18 buah sehingga untuk kebutuhan udara tekan secara keseluruhan sebanyak 30,586 m<sup>3</sup>/jam. Terdapat penambahan 10% sebagai faktor keamanan sehingga total kebutuhan udara tekan secara keseluruhan sebesar 33,644 m<sup>3</sup>/jam

### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pada boiler dan diesel untuk generator pemangkit listrik, Bahan bakar yang dibutuhkan adalah solar untuk menghidupkan boiler dan generator listrik sebesar 24212,641 lt/jam

## BAB VI

### EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi merupakan evaluasi yang digunakan untuk memperkirakan modal investasi dalam pendirian suatu pabrik dan untuk memperkirakan performa ekonomi pabrik. Evaluasi ekonomi dapat menjadi alat yang berfungsi untuk memperkirakan apakah suatu pabrik layak atau tidak untuk dibangun. Berikut merupakan beberapa hal yang perlu ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi yaitu :

1. *Return of Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Dengan parameter yang telah dituliskan, dapat dihitung dengan estimasi harga sebagai berikut :

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)  
Meliputi :
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)  
Meliputi :
  - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost/Fa*)
- b. Biaya Variable (*Variable Cost/Va*)
- c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost/Ra*)



## 6.1 Analisa Risiko

Analisa risiko merupakan sistem yang terorganisir dalam mengawasi kerentanan yang diidentifikasi dengan bahaya, kemajuan dalam evaluasi bahaya, kemajuan teknik untuk mengawasinya dan pengurangan bahaya dengan menggunakan penguatan aset. Identifikasi bahaya adalah upaya sistematis untuk mengetahui potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja. Berdasarkan sifat dan karakteristik bahaya yang telah diketahui, maka dapat lebih berhati-hati dan waspada dalam melakukan langkah-langkah pengamanan agar tidak terjadi kecelakaan, namun bahaya yang terjadi tidak dengan mudah dikenali. Penilaian risiko mencakup 2 tahap proses diantaranya menganalisis risiko (*risk analysis*) dan mengevaluasi risiko (*risk evaluation*). Analisis risiko adalah menentukan besarnya suatu risiko yang merupakan kombinasi antara kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*).

**Tabel 6.1** Metode Penilaian Risiko Berdasarkan Peluang (Likelihood)

Tingkat	Uraian	Keterangan
A	Hampir Pasti Terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal, misalnya kecelakaan pada lalu lintas yang padat
B	Sering Terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode tertentu, misalnya kecelakaan kereta api
C	Dapat Terjadi	Risiko dapat terjadi, namun tidak sering, misalnya jatuh dari ketinggian lokasi konstruksi
D	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi, misalnya kebocoran pada instalasi nuklir
E	Jarang Sekali	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu, misalnya orang disambar petir

Sumber : Ramli, 2013

**Tabel 6.1.2** Metode Penilaian Risiko Berdasarkan Keparahan (Severity)

<b>Tingkat</b>	<b>Uraian</b>	<b>Keterangan</b>
<b>1</b>	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian bisnis dan cedera pada manusia
<b>2</b>	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil, dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis
<b>3</b>	Sedang	Cedera berat dan dirawat di rumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang
<b>4</b>	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha
<b>5</b>	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah, bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya

Sumber : Ramli,2013

## **6.2 Penaksiran Harga Alat**

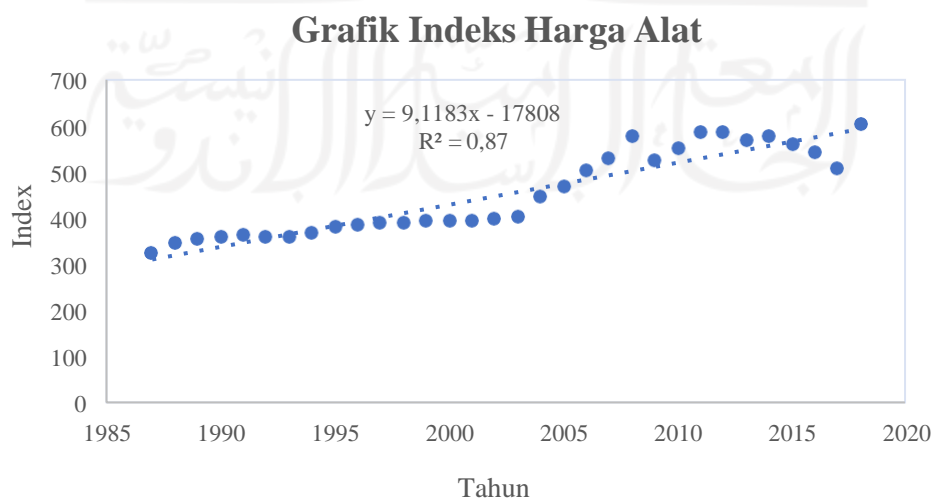
Harga peralatan proses pada tiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda, harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung dengan kondisi ekonomi, sehingga akan sulit untuk menentukan harga peralatan secara pasti. Untuk memperkirakan harga peralatan dapat dilakukan dengan mengetahui harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2022 untuk pembelian alat pada tahun pembangunan yaitu 2027. Dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga kebutuhan pabrik lainnya diperhitungkan pada tahun analisa.

**Tabel 6.2** Harga Index CEPCI

Tahun (Xi)	Indeks(Yi)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402,2
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,4
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	507,5
2018	603,1

Sumber : ([www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci))

**Gambar 6.2** Grafik Indeks Harga Alat

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah  $y = 9,1138x - 17808$   
 Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, sehingga indeks pada tahun 2027 sebesar 665,6726. Harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Maka, harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Keterangan :

- $E_x$  : Harga pembelian pada tahun 2022  
 $E_y$  : Harga pembelian pada tahun referensi 2014  
 $N_x$  : Index harga pada tahun 2014  
 $N_y$  : Index harga pada tahun referensi 2022

### 6.3 Dasar Perhitungan

- Kapasitas produk Klorin = 15.000 ton/tahun  
 Satu tahun operasi = 330 hari  
 Umur Pabrik = 10 tahun  
 Pabrik didirikan pada tahun = 2027  
 Kurs mata uang tahun 2022 = 1\$ = Rp. 14.863,50

## 6.4 Perhitungan Biaya

Parameter Analisa Kelayakan pabrik antara lain :

### 1. *Capital Investment*

Capital investment adalah akumulasi pada pengeluaran yang dibutuhkan untuk membangun fasilitas- fasilitas dalam pabrik. Capital investment terdiri dari beberapa hal yaitu :

- *Fixed capital investment*  
Merupakan biaya yang digunakan untuk membangun pabrik
- *Working capital investment*  
Merupakan biaya yang digunakan berjalannya suatu produksi agar berjalan sesuai dengan waktu target yang telah ditentukan.

### 2. *Manufacturing cost*

*Manufacturing cost* adalah akumulasi pengeluaran yang dibutuhkan untuk menjalankan suatu produksi sesuai target pada jangka waktu tertentu. Manufacturing cost terdiri dari beberapa hal yaitu :

- *Direct cost*  
Direct cost adalah biaya yang berkaitan langsung dengan proses produksi untuk operasi manufacturing
- *Indirect cost*  
Indirect adalah biaya yang tidak langsung berkaitan dengan proses produksi untuk operasi pabrik
- *Fixed cost*  
Fixed cost adalah pengeluaran yang telah ditetapkan dan akan selalu dikeluarkan baik pabrik tidak sedang beroperasi atau sedang beroperasi.

### 3. *General Expense*

*General Expense* atau disebut dengan pengularan umum meliputi i pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

*General Expense* diantaranya terdiri dari :

a. Administrasi

Biaya yang termasuk dalam kategori administrasi yaitu management salaries, legal fees and auditing, serta biaya peralatan perkantoran. Besaran biaya administrasi diperkirakan sebesar 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

b. Sales

Biaya pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, sebagai contoh pada biaya distribusi dan iklan. Besaran biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*.

## 6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh masuk dalam kategori keuntungan besar atau tidak, dengan melakukan analisa kelayakan pabrik dapat dikategorikan potensial atau tidak secara ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

### 1. *Percent Return on Investment (ROI)*

*Return on Investment (ROI)* yaitu kecepatan dalam pengembalian modal investasi dalam jangka waktu satu tahun dari didapatkannya keuntungan. Definisi lain yaitu tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

Persamaan ROI yaitu :

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{FCI} 100\%$$

Keuntungan dihitung berdasarkan penjualan tahunan sales ( $S_a$ ) dari total manufacturing cost. Pabrik dengan resiko relative rendah mempunyai minimum um ROI (*before tax*) sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan resiko relative tinggi mempuntai nilai minimum ROI (*before tax*) sebesar 44%.

### 2. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time (POT)* yaitu jangka waktu pengembalian modal investasi yang berdasarkan pada didapatkannya keuntungan pabrik.

Persamaan POT yaitu :

$$POT = \frac{FCI}{Keuntungan + Depresiasi}$$

Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan Kembali. Pabrik dengan resiko cenderung rendah memiliki nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko yang tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

### 3. *Break Even Point (BEP)*

*Break Even Point (BEP)* yaitu titik perpotongan yang mana menunjukkan tingkat penjualan dan *total cost* akan sama. Dalam *Break Even Point (BEP)* merupakan titik dimana suatu pabrik akan mengalami tidak untung dan tidak mengalami kerugian. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

Nilai BEP pada umumnya berkisar antara 40-60%.

Persamaan BEP yaitu :

$$BEP = \frac{F_a + (0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

Keterangan :

$F_a$  : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

$R_a$  : *Annual Regulated Expense* pada produksi maksimum

$V_a$  : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

$S_a$  : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

### 4. *Shut Down Point (SDP)*

*Shut Down Point (SDP)* yaitu titik dimana suatu pabrik akan berhenti beroperasi dimana menghentikan beroperasinya pabrik akan lebih menguntungkan dibanding dengan melanjutkan pengoperasian. Penyebabnya antara lain Variable Cost yang terlalu tinggi, atau bisa dikarenakan keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).

Pabrik dapat diberhentikan apabila persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam jangka waktu satu tahun.

Persamaan SDP yaitu :

$$SDP = \frac{(0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

### 5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* yaitu nilai laju bunga maksimum suatu pabrik agar dapat membayar pinjaman serta bunganya kepada bank dengan jangka waktu umur pabrik selama beroperasi. DCFR merupakan salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

Konsep DCFR didasarkan pada pemikiran bahwa, jika menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Cara perhitungan DCFR dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian dipotong dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

Persamaan DCFR yaitu :

$$FC + WC = C \left[ \frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right] + \frac{WC + SC}{(1+i)^n}$$

Keterangan :

FC : *Fixed Capital Investment*

WC : *Working Capital*

C : *Annual Cash Flow* (Keuntungan + Finance + Depresiasi)

SV : *Salvage Value* (10% x FC)

N : Umur pabrik

I : Nilai DCFR



## 6.6 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Klorin membutuhkan perencanaan keuangan serta analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik yang akan didirikan memenuhi kelayakan atau tidak. Berikut merupakan hasil analisa kelayakan pabrik berdasarkan perhitungan.

**Tabel 6.6.1 Physical Plant Cost (PPC)**

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	48.716.785.822	3,277,722
2	Delivered Equipment Cost	12.179.196.455	819,431
3	Instalasi cost	9.696.984.886	652,424
4	Pemipaan	16.276.766.009	2,055,147
5	Instrumentasi	13.090.369.066	880,735
6	Insulasi	2.626.787.299	176,733
7	Listrik	4.871.678.582	327,772
8	Bangunan	32.823.000.000	2,208,370
9	Land & Yard Improvement	70.000.000.000	4,709,682
	<b>Total</b>	<b>Rp210.281.568.120</b>	<b>\$ 15,108,017</b>

**Tabel 6.6.2 Direct Plan Cost**

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Engineering and Construction	22.455.046	1,510.80
	DPC	224.572.910.337	15,109,527.71

**Tabel 6.6.3 Fixed Capital Investment (FCI)**

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	Direct Plant Cost	Rp. 224.572.910.337	\$ 15,109,528
2	Cotractor's fee	Rp. 11.228.645.517	\$ 755,476
3	Contingency	Rp. 22.457.291.034	\$ 1,510,953
	Jumlah	Rp. 285.258.846.888	\$ 17,375,957

**Tabel 6.6.4** *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	9.385.474.150	\$1,185,034.61
2	Labor	20.820.000.000	\$1,400,793.92
3	Supervision	4.164.000.000	\$280,158.78
4	Maintenance	18.078.119.282	\$1,216,316.98
5	Plant Supplies	2.711.717.892	\$182,447.55
6	Royalty and Patents	33.473.917.443	\$2,252,164.26
7	Utilities	207.960.614.313	\$13,991,833.03
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	<b>Rp 296.593.843.081</b>	<b>\$19,955,180.18</b>

**Tabel 6.6.5** *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.747.600.000	\$ 252,143
2	<i>Laboratory</i>	3.539.400.000	\$ 238,135
3	<i>Plant Overhead</i>	14.574.000.000	\$ 980,556
4	<i>Packaging and Shipping</i>	33.473.917.443	\$ 2,252,164
	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	55.334.917.443	\$ 3,722,998

**Tabel 6.6.6** *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	25.825.884.689	\$ 1,737,596
2	<i>Property taxes</i>	5.165.176.938	\$ 347,519
3	<i>Insurance</i>	2.582.588.469	\$ 173,760
	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	33.573.650.095	\$ 2,258,874

**Tabel 6.6.7** *Manufacturing Cost (MC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	296.593.843.081	\$ 19,955,180
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	55.334.917.443	\$ 3,722,998
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	33.573.650.095	\$ 2,258,874
	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	385.502.410.620	\$ 25,937,052

**Tabel 6.6.8 Working Capital (WC)**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	853.224.923	\$ 107,730
2	<i>Inproses Onventory</i>	17.522.836.848	\$ 1,178,957
3	<i>Product Inventory</i>	35.045.673.693	\$ 2,357,914
4	<i>Extended Credit</i>	60.861.668.078	\$ 4,094,844
5	<i>Available Cash</i>	35.045.673.693	\$ 2,357,914
	<i>Working Capital (WC)</i>	149.329.077.233	\$ 10,047,035

**Tabel 6.6.9 General Expenses (GE)**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	23.130.144.637	\$ 1,556,223
2	<i>Sales Expense</i>	84.810.530.336	\$ 5,706,152
3	<i>Research</i>	30.840.192.850	\$ 2,074,964
4	<i>Finance</i>	16.303.516.965	\$ 1,096,920
	<i>General Expenses(GE)</i>	155.084.384.788	\$ 10,434,259

**Tabel 8 6.6.10 Total Production Cost (TPC)**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	385.502.410.619,833	\$ 25,937,052.45
2	<i>General Expenses(GE)</i>	155.084.384.787,975	\$ 10,434,258.55
	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	540.586.795.407,808	\$ 36,371,311.00

**Tabel 6.6.11 Fixed Cost**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Depresiasi	25.825.884.689	\$ 1,737,596
2	Proerty Taxes	5.165.176.938	\$ 347,519
3	Asuransi	2.582.588.469	\$ 173,760
	Total Nilai Fa	33.573.650.095	\$ 2,258,874

**Tabel 6.6.12 Regulated Cost**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	20.820.000.000	\$ 1,400,794
2	Payroll Overhead	3.747.600.000	\$ 252,143
3	Supervision	4.164.000.000	\$ 280,159
4	Plant Overhead	14.574.000.000	\$ 980,556
5	Laboratorium	3.539.400.000	\$ 238,135
6	General Expense	155.084.384.788	\$ 10,434,259
7	Maintenance	18.078.119.282	\$ 1,216,317
8	Plant Supplies	2.711.717.892	\$ 182,448
	Total Nilai Ra	222.719.221.962	\$ 14,984,809

**Tabel 6.6.13 Variable Cost**

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	9.385.474.150	\$ 1,185,034.61
2	Packaging and Shipping	33.473.917.443	\$ 2,252,164.26
3	Utilities	207.960.614.313	\$ 13,991,833.03
4	Royalty & Patent	33.473.917.443	\$ 2,252,164.26
	Total Nilai Va	289.293.923.350	\$ 19,127,627.22

## 6.7 Hasil Analisa Keuntungan

**Tabel 6.7** Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan	Rp 669,478,348,863
Total produksi	Rp 540,586,795,408
Keuntungan sebelum pajak	Rp 128,891,553,456
Pajak pendapatan	Rp 32,222,888,364
Keuntungan setelah pajak	Rp 96,668,665,092

## 6.8 Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi

Berdasarkan Pasal 17 ayat (1) bagian b UU No. 36 Tahun 2008 tentang **Pajak** Penghasilan, tarif **pajak** yang dikenakan kepada badan adalah 25%.

### a. Return of Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{FCI} 100\%$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 49,91 \%$$

$$\text{ROI sesudah pajak} = 37,43 \%$$

### b. Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{FCI}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$$

$$\text{POT sebelum pajak} = 1,7 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 2,1 \text{ tahun}$$

### c. Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{F_a + (0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

$$BEP = 43,78 \%$$

### d. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{(0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

$$SDP = 29,14 \%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$FC + WC = C \left[ \frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right] + \frac{WC + SC}{(1+i)^n}$$

$$DCFR = 27,88 \%$$

>1,5 bunga bank = minimum = 7,88%

(Sumber : Bank Indonesia, September 2022)

Umur pabrik : 10 tahun

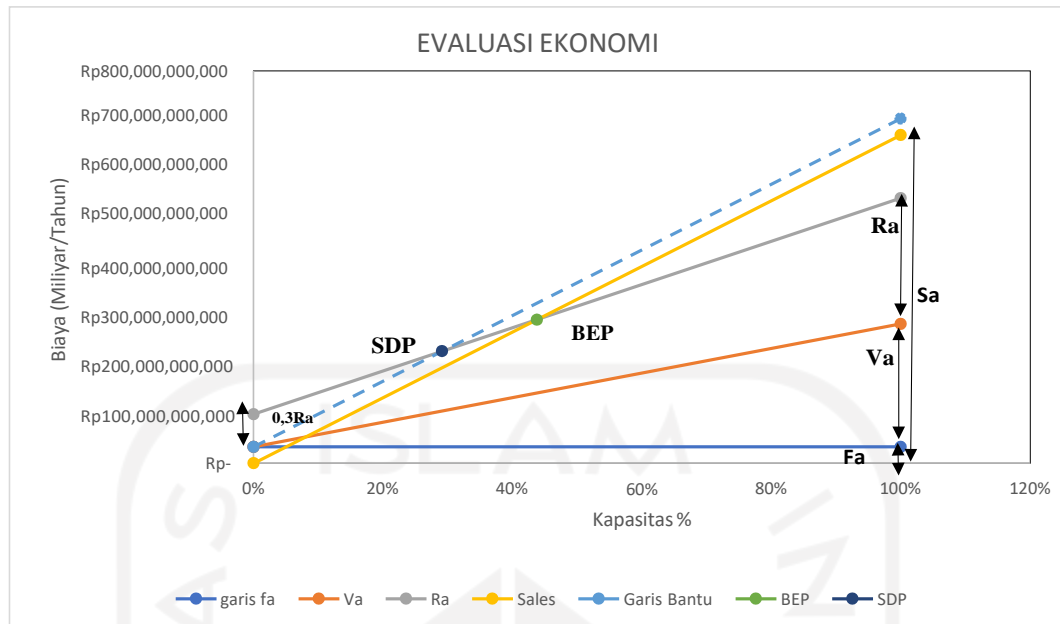
Salvage Value = Depresiasi = Rp. 25,825,884,689

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp. 258,258,846,888

Cash Flow = Rp.112,973,919,652

**Tabel 6.8** Analisa Kelayakan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	49.91%	ROI before taxes
ROI setelah pajak	37.43%	minimum low risk 11%
POT sebelum pajak	1.7	POT before taxes
POT setelah pajak	2.1	maksimum low 5th
BEP	43.78%	Berkisar 40 - 60%
SDP	29.14%	Berkisar 20 - 30%
DCFR	27.88%	>1,5 bunga bank = minimum = 7,88%



**Gambar 6.8** Grafik Evaluasi Ekonomi

## BAB VII

### PENUTUP

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan Analisa pada perancangan pabrik Klorin dari elektrolisis air laut dengan kapasitas 15.000 ton/tahun, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pabrik Klorin didirikan dengan kapasitas 15.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan *intermediate* yang digunakan sebagai bahan penunjang produksi (bahan dasar) dan resin sehingga akan mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia serta menciptakan lapangan kerja.
2. Klorin diproduksi dengan elektrolisis NaCl menggunakan membran pada reaktor elektrolisis yang berlangsung dalam fase cair. Reaksi yang terjadi pada reaktor elektrolisis memiliki konversi alat sebesar 99% dengan *mengcracking* air laut menjadi Klorin sebagai produk utama, hidrogen dan sodium hidroksida sebagai produk samping.
3. Pendirian pabrik akan didirikan di Cilegon, Banten sebagai pertimbangan dekat dengan sumber bahan baku (air laut), berada di Kawasan industri dan dekat dengan pelabuhan yang dapat memudahkan dalam pendistribusian produk.
4. Berdasarkan analisis ekonomi pendirian pabrik Klorin diperoleh hasil sebagai berikut :

- Keuntungan sebelum pajak : Rp 128.891.553.456,-/ tahun
- Keuntungan setelah pajak : Rp 96.668.665.092,-/ tahun
- *Return of Investment* sebelum pajak : 49,91%
- *Return of Investment* setelah pajak : 37,43%
- *Pay Out Time* sebelum pajak : 1,7 tahun
- *Pay Out Time* setelah pajak : 2,1 tahun
- *Break Even Point* : 43,78%



- *Shut Down Point* : 29,14%
- *Discounted Cash Flow Rate of Return* : 27,88%

5. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada bahan baku, kondisi operasi, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik Klorin dari elektrolisis air laut dengan kapasitas 15.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## 7.2 **Saran**

Dalam merancang suatu pabrik kimia diperlukan pemahanan terkait konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan suatu pabrik kimia antara lain :

1. Berkembangnya pengolahan limbah hasil pabrik kimia dengan berbagai metode sehingga limbah yang dibuang lebih ramah lingkungan.
2. Produk Klorin dapat direalisasikan untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat.
3. Optimasi pemilihan alat proses dan bahan baku dapat untuk mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S and Newton, R.D. 1954. Chemical Engineering Cost Estimation. Mc GrawHill Book Co. Inc, New York.

Basile, Angelo., Paola, Luisa Di., dkk. 2015. Membrane Reactors for Energy Applications and Basic Chemical Production. Elsevier Ltd, Cambridge.

Branan, Carl. 2002. Rules Of Thumb for Chemical Engineers: Third Edition. Amsterdam: Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science.

Brown, G.G. 1978. Unit Operation :14th ed. Modern Asia Edition. John Wiley and Sons. Inc, New York.

Coulson, J.J and Richardson, J.F. 1983. Chemical Equipment Design. John Wiley and Sons. Inc, New York.

Fogler, H.S,. 1999. Elements of Chemical Reaction Engineering: 3rd edition. Prentice Hall PTR, New Jersey.

Hill, C.G,. 1996. An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design. John Wiley and Sons. Inc, New York.

Holman, J.P. 1987. Heat Transfer. New York: McGraw-Hill.

Kern, D.Q,. 1950. Process Heat Transfer. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F,. 1966. Encyclopedia of Chemical Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Lange, J.A. Dean. 1961. Encyclopedia. Mc Graw Hill Book Company: Singapore

Mc Cabe, W.L, Smith, J.C, and Harriot, P,. 1985. Unit Operation of Chemical Engineering 4th ed. Mc GrawHill Book Co. Singapore.

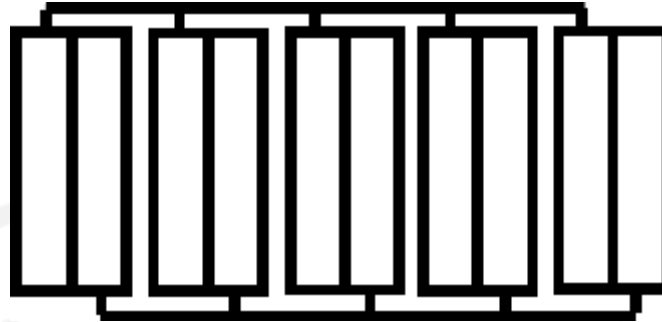
Millet, P. 2013. Chlor Alkali Technology : Fundamentals, Processes and Materials for Diaphragms and Membranes. University of Paris: France.

- O'Brien, Thomas F., et al. 2005. Handbook of Chlor-Alkali Technology, Vol.1, Springer US, New York. Technology, Vol.1. Springer US: New York.
- Perry, R.H. and Green, D.W.,. 1980. Perry's Chemical Engineers' Handbook. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M.S and Timmerhouse, K.D., and West., R.E.,. 2004. Plant Design and Economic's for Chemical engineering's 5th ed. Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York.
- Powell, Sheppard T.,. 1954. Water Conditioning for Industry 1st ed., McGraw- Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith, J.M.,. 1973. Chemical Engineering Kinetic's 3rd ed. Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo.
- Treybal, R.E.,. 1979. Mass Transfer Operation's 3rd ed. Mc GrawHill Book. Kogakusha, Tokyo.
- Ullmann. 1987. Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.
- Ulrich, G.D. 1984. A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic's. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Walas, S.M.,. 1988. Chemical Process Equipment Selection and Design. Butterworth, United State of America.
- Yaws, C.L.,. 1999. Chemical Properties Handbook. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Young, E.H., and Brownell, L.E.,. 1959. Process Equipment Design: Vessel Design. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.



## REAKTOR

(RE)



Fungsi : Tempat untuk proses elektrolisis NaCl

Tipe : *Proton Exchange Membran Hogan*

Data

Suhu : 85 °C atau 285K

Tekanan : 13 atm

Konversi alat : 0,99

### NERACA MASSA

Pada reactor elektrolisis, terjadi reaksi sebagai berikut :



Umpan masuk	BM (kg/kmol)	Kmol/jam	Kg/jam
NaCl	58,44	53,965306	3153,732
H <sub>2</sub> O	18,015	4826,695	86952,91
Total		4880,6603	90106,64

Maka, fase gas yang terbentuk yaitu :

Komponen	BM	Kmol/jam	Kg/jam
Cl <sub>2</sub>	70,9	26,7128	1893,9
H <sub>2</sub>	2,02	26,7128	53,9

Sedangkan fase cair yang terbentuk yaitu :

Komponen	BM	Kmol/jam	Kg/jam
NaCl	58,44	0,5397	31,5
H <sub>2</sub> O	18,015	4773,269	85990,4466
NaOH	39,997	53,4257	2136,9

**NERACA PANAS**

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298\text{K}$$

$$T \text{ reaksi} = 85 \text{ }^{\circ}\text{C} = 385\text{K}$$

Heat Capacity Liquid				
$\int C_p dT = AT + (B/2)T^2 + (C/3)T^3 + (D/4)T^4$				
Komponen	A	B	C	D
NaCl	9,501E+01	-3,18E-02	9,68E-07	5,12E-09
H <sub>2</sub> O	9,21E+01	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
NaOH	8,76E+01	-4,84E-04	-4,54E-06	1,19E-09

(Yaws, 1999 page.83-84)

Heat Capacity Gas					
$\int C_p dT = AT + (B/2)T^2 + (C/3)T^3 + (D/4)T^4 + (E/5)T^7$					
Komponen	A	B	C	D	E
Cl <sub>2</sub>	2,72E+01	3,04E-02	-3,34E-05	1,60E-08	-2,70E-12
H <sub>2</sub>	2,54E+01	2,02E-02	-3,85E-05	3,19E-08	-8,76E-12

(Yaws, 1999 page.56)

Dengan menggunakan persamaan  $\Delta H = \int_{358}^{298} C_p dT$  diperoleh hasil berikut :

$\Delta H$	J/mol
NaCl	5701,887
H <sub>2</sub> O	5526,349
NaOH	5258,284
Cl <sub>2</sub>	1633,665
H <sub>2</sub>	1524,408

Data Enthalpi Formasi pada suhu referensi 298K sebagai berikut :

Komponen	$\Delta H_f$ (kJ/mol)
NaCl	-407,27
H <sub>2</sub> O	-285,83
NaOH	-469,15
Cl <sub>2</sub>	0
H <sub>2</sub>	0

(John A. Dean, 1972)

**Pada suhu 298K**

$$\begin{aligned} \Delta H_f^{\text{produk}} &= 2 \text{ NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2 \\ &= -938,3 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^{\text{reaktan}} &= 2 (\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}) \\ &= -1386,2 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H^{\text{reaksi}} = \Delta H_f^{\text{produk}} - \Delta H_f^{\text{reaktan}}$$

$$= (-938,3 - 1386,2) \text{ J/mol}$$

$$= 447,9 \text{ kJ/kmol}$$

$$= \mathbf{447900 \text{ J/mol}}$$

**Pada suhu 358K**

$$\Delta H_f^\circ \text{produk} = 2 \text{ NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$$

$$= 13674,640 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{reaktan} = 2 (\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O})$$

$$= 22456,473 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{reaksi} = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$= (13674,640 - 22456,473) \text{ J/mol}$$

$$= \mathbf{-8781,832 \text{ J/mol}}$$

$$\text{Panas Reaksi (Qr)} = \mathbf{439118,1684 \text{ J/mol}}$$

**Menentukan H<sup>o</sup>umpan pada Reaktor :**

Komponen	n (kmol/jam)	∫ Cp dT	Q (kJ/jam)
NaCl	53,965	5701,887	307704,0905
H <sub>2</sub> O	4826,695	5526,349	26674000,945
Total	4880,660	11228,236	26981705,035

**Menentukan H<sup>o</sup>produk pada Reaktor :**

Komponen	n (kmol/jam)	∫ Cp dT	Q (kJ/jam)
NaCl	0,5397	5701,887	3077,041
H <sub>2</sub> O	4773,269	5526,349	26378752,141
NaOH	53,426	5258,284	280927,259
Cl <sub>2</sub>	26,713	1633,665	43639,795
H <sub>2</sub>	26,713	1524,408	40721,256
Total	4880,660	19644,593	26747117,492

Maka, Neraca Panas pada sekitar Reaktor :

Neraca Panas Umpan (kJ/jam)		Neraca Panas Keluar (kJ/jam)	
Enthalpi Umpan	26981705,035	Enthalpi Cl <sub>2</sub>	43639,795
Energi Listrik		Enthalpi H <sub>2</sub>	40721,256
		Enthalpi Cair	26662756,440
		Panas Reaksi	439118,1684
Total	26981705,035	Total	26747117,492

## PERANCANGAN REAKTOR

### 1. Kerja yang dibutuhkan Reaktor

$$W_{\text{elektrolizer}} = \Delta G$$

(Designing and Building Fuel Cells p.100)

Energi Gibbs ( $\Delta G$ ) didapatkan menggunakan rumus  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$   
dengan  $\Delta S = \int_{358}^{298} C_p \frac{dT}{T}$

$\Delta S$	J/mol.K
NaCl	15,927
H <sub>2</sub> O	15,437
NaOH	14,688
Cl <sub>2</sub>	4,563
H <sub>2</sub>	4,258

Data Entropi pada suhu referensi 298K sebagai berikut :

$\Delta S$	J/mol.K
NaCl(l)	115,5
H <sub>2</sub> O(l)	69,95
NaOH(l)	48,1
Cl <sub>2</sub> (g)	233,08
H <sub>2</sub> (g)	130,68

(J A.Dean, 1972)

#### Pada suhu 298K

$$\begin{aligned} \Delta S^{\circ} \text{produk} &= 2 \text{ NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2 \\ &= 459,96 \text{ J/mol.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta S^{\circ} \text{reaktan} &= 2 (\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}) \\ &= 370,9 \text{ J/mol.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta S^{\circ} \text{reaksi} &= \Delta H_f^{\circ} \text{produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{reaktan} \\ &= (459,96 - 370,9) \text{ J/mol.K} \\ &= \mathbf{89,06 \text{ J/mol.K}} \end{aligned}$$

#### Pada suhu 358K

$$\begin{aligned} \Delta H_f^{\circ} \text{produk} &= 2 \text{ NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2 \\ &= 38,197 \text{ J/mol.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^{\circ} \text{reaktan} &= 2 (\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}) \\ &= 62,728 \text{ J/mol.K} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}\text{reaksi} &= \Delta H_f^{\circ}\text{produk} - \Delta H_f^{\circ}\text{reaktan} \\ &= (38,197 - 62,728) \text{ J/mol.K} \\ &= \mathbf{-24,530 \text{ J/mol.K}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, hasil } \Delta G &= \Delta H - T \cdot \Delta S \\ &= 447900 \text{ J/mol} - (358\text{K} \times (-24,530 \text{ J/mol.K})) \\ &= \mathbf{456681,832 \text{ J/mol}}\end{aligned}$$

$$W_{\text{elektrolizer}} = \Delta G$$

$$W_{\text{elektrolizer}} = \mathbf{456681,832 \text{ J/mol}}$$

Maka, kerja reactor electrolizer dibutuhkan sebesar 456681,832 J/mol.

## 2. Tegangan Reversibel (Erev)

$$W_{el} = \Delta G = qE = nFE_{rev}$$

$$W_{el} = 456681,832 \text{ J/mol}$$

$$F = 96500 \text{ C/mol}$$

$$n = 2 \text{ mol}$$

$$E_{rev} = 2,366 \text{ J/C}$$

$$= 2,366 \text{ Volt}$$

## 3. Tegangan Standar

$$V_o = E^{\circ} + \frac{RT}{nF} \ln \left( \frac{P_{H_2} \cdot P_{Cl_2}}{a} \right)$$

(Handbook of Chlor-alkali Technology,)

Komponen	$\log_{10} = A + \frac{B}{T} + C \log_{10} T + DT + ET^2$				
	A	B	C	D	E
H <sub>2</sub>	3,4132	-41,316	1,0947	-6,6896E-10	0,00014589
Cl <sub>2</sub>	28,8659	-1674,5	-8,52E+00	0,0053792	-7,7867E-13

(Yaws,1999)

$$E_{rev} = 2,366 \text{ Volt}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$T = 358 \text{ K}$$

$$F = 96500 \text{ C/mol}$$

$$P_{H_2} = 6,185E+24 \text{ mmHg}$$

$$= 8,139E+21 \text{ atm}$$

$$P_{Cl_2} = 22444,483 \text{ mmHg}$$

$$= 29,532 \text{ atm}$$

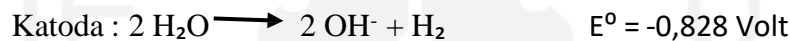
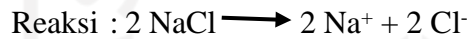
$$a_{H_2} = 1$$

(Handbook of Chlor-alkali Technology,)

$$n = 2$$

$$V_0 = 3,196 \text{ Volt}$$

Secara teoritis, tegangan standar yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis NaCl yaitu :



(John A. Dean, 1972)

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{Anoda}} - E^{\circ}_{\text{Katoda}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = 2,224 \text{ Volt}$$

#### 4. Arus Sel

$$n_{Cl_2} = 0,0186$$

$$C_c = 53,6111$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 26,7128 \text{ kgmol/jam}$$

$$= 26712,8264 \text{ gmol/jam}$$

$$\text{Arus total sel} = 1432104,306 \text{ A}$$

$$\text{Jumlah reaktor} = 3$$

$$\text{Arus total per reaktor} = 477368,102 \text{ A}$$

$$= 477,3681 \text{ KA}$$

(Handbook of chlor-alkali technology page 189)

#### 5. Tegangan Aktual

$$V_{act} = \left( \frac{R \times T_{el}}{anF} \right) \ln \frac{i}{i_0}$$

Dimana :

$i$  : densitas arus actual ( $A/m^2$ )

$i_0$  : densitas arus refensi ( $A/m^2$ )

$T_{el}$  : Suhu Reaktor

(Designing and Building Fuel Cells page 121)

$$\text{Tinggi sel} = 1,2 \text{ m}$$

Lebar sel	= 2,4 m
Luas sel	= 2,88 m
$i$ (Densitas arus per stack)	= 165752,8132 A/m <sup>2</sup>
$i_0$	= 4000 A/m <sup>2</sup>
$V_{act}$	= 0,05743 Volt
$V_{total}$	= 3,25391 Volt

#### 6. Jumlah Sel dan Tegangan Seri

Tegangan per stack referensi ( $i_0$ )	= 4000 A/m <sup>2</sup>
Luas stack	= 2,88 m <sup>2</sup>
Arus referensi	= 11520 A
Jumlah sel	= 41,43820 sel
Tegangan seri	= 134,83646 Volt
Jarak total antar sel	= 0,35576 m
	= 35,576 cm per total sel
Jarak per sel	= 1,1647 cm

#### 7. Daya, Energi dan Kebutuhan Listrik

Waktu (t)	= 1 jam
Daya (P)	= 64366626,87 Volt.ampere
	= 64366,62687 kWh
Energi	= 231719856,7 kJ/jam
Kecepatan Produksi Cl <sub>2</sub>	= 45,70515 kg/jam
Kebutuhan Listrik	= 73474,79799 kWh/kg

### MENGHITUNG DIMENSI REAKTOR

#### 1. Anoda

Kuat arus per sel	= 11520 A
Beda potensial (E)	= 3,25391 Volt
Tahanan listrik (R)	= 0,0002824 ohm
Hambatan jenis ( $\rho$ )	= 0,00035 ohm.m
Tebal anoda	= 0,0250 m
Luas penampang anoda (A)	= 0,030978 m <sup>2</sup>
Luas permukaan satu sisinya	= 0,015489 m <sup>2</sup>
Panjang Anoda	= 0,17600 m

Ukuran anoda yang digunakan	
Panjang	0,176 m
Lebar	0,088 m
Tebal	0,025 m
Bahan	Carbon

(Ulman hal.5418)

#### 2. Katoda

Kuat arus per sel	= 11520 A
Beda potensial (E)	= 3,25391 Volt

Tahanan listrik (R)	= 0,0002824 ohm
Hambatan jenis (rho)	= 2,8000E-04 ohm.m
Tebal katoda	= 0,0500 m
Luas penampang katoda (A)	= 0,049564 m <sup>2</sup>
Luas permukaan satu sisinya	= 0,024782 m <sup>2</sup>
Panjang Anoda	= 0,28160 m

Ukuran katoda yang digunakan	
Panjang	0,282 m
Lebar	0,088 m
Tebal	0,050 m
Bahan	Carbon

### 3. Dimensi Reaktor

Komponen	A.B <sup>-(1-T/Tc)</sup> <sup>n</sup>				
	A	B	n	Tc	Densitas (g/dm <sup>3</sup> )
NaCl	0,22127	0,10591	0,37527	3400	1,90595
H <sub>2</sub> O	0,3471	0,274	0,28571	647,13	0,97073

Umpan masuk	F (kg/jam)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
NaCl	3153,7324	1905,9535	1,6546
H <sub>2</sub> O	86952,9097	970,72590	89,5751
Total	90106,6422		91,2298

Kecepatan volumetric umpan per sel	= 2,20158 m <sup>3</sup>
Panjang reactor	= 3,64668 m
Lebar	= 0,56321 m
Tinggi	= 1,07191 m
Faktor keamanan diambil 20% untuk gelembung gas yang terbentuk :	
Tinggi	= 1,28629 m

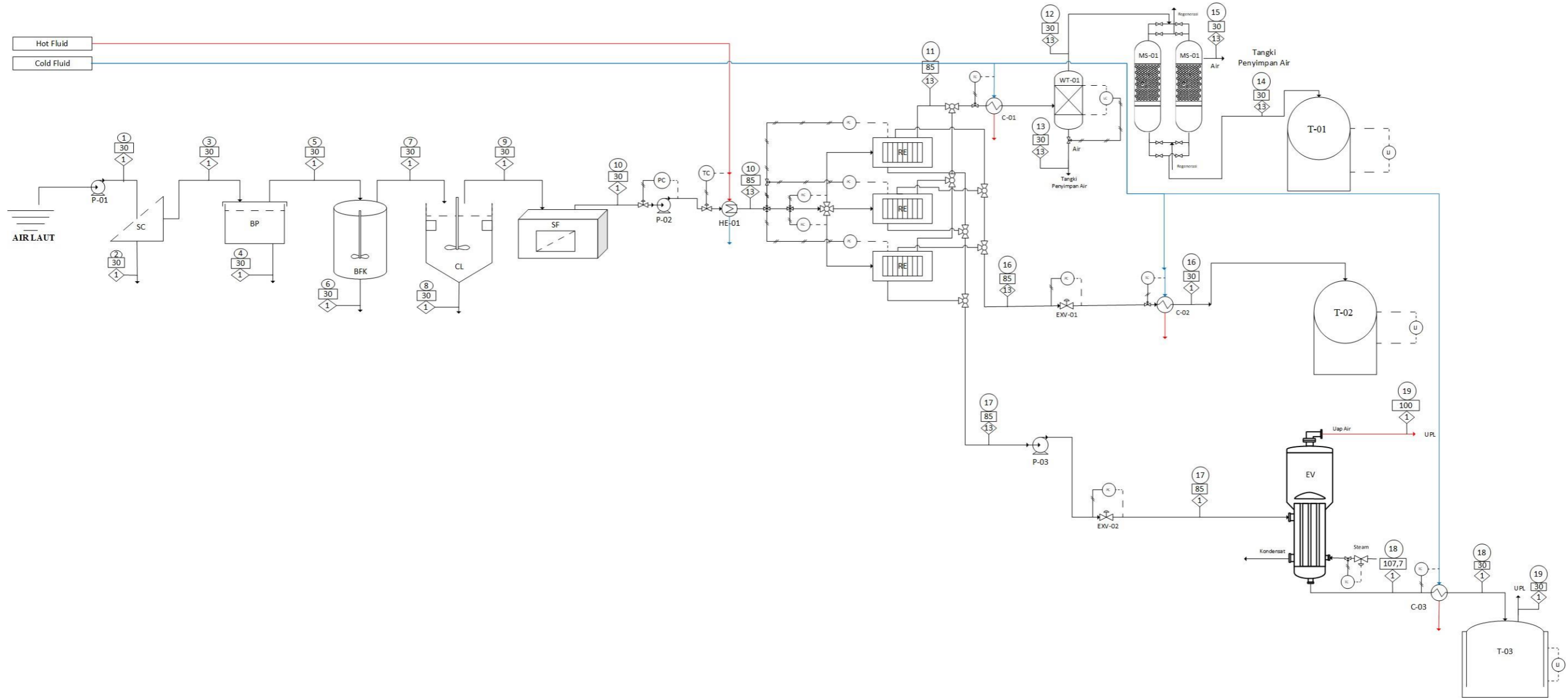
Ukuran reaktor elektrolisis	
Panjang	3,647 m
Lebar	0,563 m
Tebal	1,286 m
<b>Luas Total</b>	<b>4,6907 m<sup>2</sup></b>



## PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM

### PRA RANCANGAN PABRIK KLOLIN DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT

### KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



#### Neraca Massa

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
NaCl	4.796,43	625,62	4.170,81	544,02	3.626,79	473,06	3.153,73		3.153,73	3.153,73							31,50	31,50	
H <sub>2</sub> O	132.244,51	17.249,28	114.995,00	14.999,38	99.995,85	13.042,94	86.952,91		86.952,91	86.952,91	962,46	67,37	895,09		67,37		85.027,98	3.205,30	81.822,69
CaSO <sub>4</sub>	92,57	12,07	80,50	10,50	70,00	9,10	60,90	60,90											
MgSO <sub>4</sub>	185,14	24,15	160,99	21,00	139,99	18,26	121,73	121,73											
Cl <sub>2</sub>												1.893,94	1.893,94	1.893,94					
H <sub>2</sub>																	53,85		
NaOH																	2.136,90	2.136,90	
<b>Total</b>	<b>137.318,65</b>	<b>17.911,12</b>	<b>119.407,30</b>	<b>15.574,90</b>	<b>103.832,63</b>	<b>13.543,36</b>	<b>90.289,27</b>	<b>182,63</b>	<b>90.106,64</b>	<b>90.106,64</b>	<b>2.856,40</b>	<b>1.961,31</b>	<b>895,09</b>	<b>1.893,94</b>	<b>67,37</b>	<b>53,85</b>	<b>87.196,38</b>	<b>5.373,70</b>	<b>81.822,69</b>

KODE	KETERANGAN	KODE	KETERANGAN
T	Tangki	lc	Level Control
BP	Bak Penampung	rc	Ratio Control
BFK	Bak Flokulan-Koagulan	tc	Temperature Control
CL	Clarifier	pc	Pressure Control
SF	Sand Filter	u	Level Indicator
R	Reaktor	○	Nomor Arus
WT	Water Trap	◇	Tekanan, atm
MS	Molekular Sieve	□	Suhu, °C
CD	Condensor Parsial	▽	Control Valve
SP	Separator	— — —	Sinyal Pneumatic
EV	Evaporator		
EXV	Expansion Valve		
P	Pompa		
K	Kompresor		
C	Cooler		
HE	Heat Exchanger		

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
 2022

*PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM*  
**PRA RANCANGAN PABRIK CHLORINE DARI ELECTROLYSIS AIR LAUT**  
 KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN  
 DISUSUN OLEH :  
 1. Diah Lucky Cahyani (18521005)  
 2. Farradilla Brillianty F.N. (18521038)  
 DOSEN PEMBIMBING :  
 Dra. Kamariah, M.S.  
 Umi Rofiqah, S.T., M.T.





**LAMPIRAN C**



**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN**

Nama Mahasiswa : Diah Lucky Cahyani

No. MHS : 18521005

Judul Prarancangan \*) :

PRARANCANGAN PABRIK CHLORINE DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 Januari 2022	Konsultasi terkait Bab I	
2	2 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
3	5 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
4	7 Februari 2022	Mendapatkan acc terkait Bab I	
5	16 Maret 2022	Pengesahan laporan luaran 3 (TP-3)	
6	15 April 2022	Pengesahan laporan luaran 4 (TP-4)	
7	26 Agustus 2022	Konsultasi mengenai bab III (Alat besar)	
8	1 September 2022	Pengesahan luaran 5 dan 6 (TP-5 dan TP-6)	
9	7 September 2022	Konsultasi mengenai Bab III (Alat pemisah dan unit pendukung)	
10	9 September 2022	Pengesahan luaran 7, 9, 10, 11, dan 12 yang telah dikonsultasikan	
11	17 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	
12	18 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 19 Oktober 2022**

**Pembimbing,**



**Dra. Kamariah, M.S.**

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN**

Nama Mahasiswa : Farradilla Brillianty Faila Nisa

No. MHS : 18521038

Judul Prarancangan \*) :

PRARANCANGAN PABRIK CHLORINE DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 Januari 2022	Konsultasi terkait Bab I	
2	2 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
3	5 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
4	7 Februari 2022	Mendapatkan acc terkait Bab I	
5	16 Maret 2022	Pengesahan laporan luaran 3 (TP-3)	
6	15 April 2022	Pengesahan laporan luaran 4 (TP-4)	
7	26 Agustus 2022	Konsultasi mengenai bab III (Alat besar)	
8	1 September 2022	Pengesahan luaran 5 dan 6 (TP-5 dan TP-6)	
9	7 September 2022	Konsultasi mengenai Bab III (Alat pemisah dan unit pendukung)	
10	9 September 2022	Pengesahan luaran 7, 9, 10, 11, dan 12 yang telah dikonsultasikan	
11	17 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	
12	18 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 19 Oktober 2022**

**Pembimbing,**



**Dra. Kamariah, M.S.**

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN**

Nama Mahasiswa : Diah Lucky Cahyani

No. MHS : 18521005

Judul Prarancangan \*) :

PRARANCANGAN PABRIK CHLORINE DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 Januari 2022	Konsultasi terkait Bab I	
2	2 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
3	5 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	
4	7 Februari 2022	Mendapatkan acc terkait Bab I	
5	16 Maret 2022	Pengesahan laporan luaran 3 (TP-3)	
6	2 September 2022	Pengesahan laporan luaran 4 (TP-4)	
7	2 Septemeber 2022	Konsultasi mengenai bab 3 (Alat Besar)	
8	2 September 2022	Pengesahan luaran 5 dan 6	
9	9 September 2022	Konsultasi mengenai alat pemisah dan unit pendukung	
10	9 September 2022	Pengesahan luaran 7, 9, 10, 11, dan 12 yang telah dikonsultasikan	
11	17 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	
12	18 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 19 Oktober 2022**

**Pembimbing,**



**Umi Rofiqah, S.T., M.T.**

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN**

Nama Mahasiswa : Farradilla Brillianty Faila Nisa

No. MHS : 18521038

Judul Prarancangan \*) :

PRARANCANGAN PABRIK CHLORINE DARI ELEKTROLISIS AIR LAUT

Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**Batas Akhir Bimbingan : **4 Juni 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 Januari 2022	Konsultasi terkait Bab I	af
2	2 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	af
3	5 Februari 2022	Pengiriman kembali hasil revisi Bab I	af
4	7 Februari 2022	Mendapatkan acc terkait Bab I	af
5	16 Maret 2022	Pengesahan laporan luaran 3 (TP-3)	af
6	2 September 2022	Pengesahan laporan luaran 4 (TP-4)	af
7	2 Septemeber 2022	Konsultasi mengenai bab 3 (Alat Besar)	af
8	2 September 2022	Pengesahan luaran 5 dan 6	af
9	9 September 2022	Konsultasi mengenai alat pemisah dan unit pendukung	af
10	9 September 2022	Pengesahan luaran 7, 9, 10, 11, dan 12 yang telah dikonsultasikan	af
11	17 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	af
12	18 Oktober 2022	Konsultasi naskah Tugas Akhir	af

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Pembimbing,



Umi Rofiqah, S.T., M.T.