



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Industri kimia merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam menunjang pertumbuhan industri nasional dan perekonomian Indonesia. Berbagai sektor industri seperti pengolahan air bersih, farmasi, pulp dan kertas, tekstil, serta petrokimia sangat bergantung pada ketersediaan bahan kimia dasar yang berkesinambungan. Salah satu bahan kimia dasar yang memiliki peranan vital dalam sektor-sektor tersebut adalah klorin (Cl_2). Klorin digunakan secara luas sebagai agen desinfektan, bahan pemutih, serta bahan baku antara dalam berbagai proses sintesis kimia.

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan kebutuhan masyarakat, permintaan klorin di dalam negeri terus mengalami peningkatan. Namun, ketersediaan klorin nasional masih menghadapi kendala, terutama terkait stabilitas pasokan dan efisiensi produksi. Ketergantungan terhadap pasokan tertentu serta keterbatasan pemanfaatan sumber daya lokal dapat berdampak pada tingginya biaya produksi dan kerentanan terhadap fluktuasi pasar. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan fasilitas produksi klorin dalam negeri yang mampu menjamin pasokan secara berkelanjutan dan kompetitif.

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai yang sangat panjang dan memiliki potensi produksi garam laut yang melimpah. Garam laut mengandung natrium klorida (NaCl) dalam kadar tinggi sehingga sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan larutan brine untuk proses produksi klorin. Pemanfaatan garam laut sebagai bahan baku memberikan nilai tambah terhadap komoditas garam nasional sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku impor. Selain itu, pemanfaatan garam lokal dapat meningkatkan daya saing industri kimia nasional serta mendukung program pemerintah dalam mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam domestik. Proses elektrolisis larutan garam (brine) merupakan teknologi yang telah diterapkan secara luas di berbagai negara dan terbukti mampu menghasilkan klorin dengan kemurnian tinggi. Selain klorin, proses ini juga menghasilkan produk samping berupa natrium hidroksida dan hidrogen yang memiliki nilai ekonomi dan dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

Berdasarkan potensi ketersediaan garam laut sebagai bahan baku, meningkatnya kebutuhan klorin nasional, serta keunggulan teknologi elektrolisis sel



membran yang efisien, aman, dan ramah lingkungan, maka pendirian Pabrik Klorin dari Garam Laut dengan Proses Elektrolisis Sel Membran merupakan langkah yang tepat dan strategis. Pembangunan pabrik ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan klorin dalam negeri secara mandiri, tetapi juga untuk memperkuat struktur industri kimia nasional. Selain itu, langkah ini dapat membantu memperbaiki neraca perdagangan dan meningkatkan daya saing Indonesia di pasar global. Oleh karena itu, prarancangan pabrik klorin dari elektrolisis garam laut merupakan upaya nyata dalam mendukung kemandirian dan keberlanjutan industri kimia nasional.

I.1.1 Kegunaan Klorin

Tabel I.1 Kegunaan Klorin di Berbagai Sektor

Sektor	Kegunaan Klorin	Keterangan
Pengolahan air bersih	Desinfektan air minum	Membunuh bakteri, virus, dan mikroorganisme patogen untuk menjamin air layak konsumsi
Pengolahan air limbah	Disinfeksi efluen	Mengurangi kandungan mikroorganisme sebelum dibuang ke lingkungan
Industri pulp dan kertas	Proses pemutihan pulp	Menghilangkan lignin untuk meningkatkan kecerahan dan kualitas kertas
Industri kimia	Bahan baku senyawa kimia	Digunakan dalam produksi PVC, pelarut terklorinasi, dan bahan kimia antara
Industri petrokimia	Sintesis produk turunan	Berperan dalam pembuatan plastik, resin, dan bahan industri lainnya
Industri farmasi	Sintesis obat dan antiseptik	Digunakan sebagai bahan antara dan agen sterilisasi
Sektor kesehatan	Sterilisasi fasilitas	Menjaga kebersihan peralatan medis dan lingkungan rumah sakit



Industri tekstil	Pemutihan serat tekstil	Menghilangkan kotoran alami dan meningkatkan kualitas bahan kain
Industri pangan	Sanitasi peralatan dan bahan	Menjamin keamanan pangan dengan mengurangi kontaminasi mikroba
Industri pertanian	Bahan baku pestisida	Digunakan dalam pembuatan pestisida dan herbisida tertentu
Rumah tangga	Produk pembersih dan pemutih	Digunakan dalam cairan pembersih, pemutih pakaian, dan disinfektan

I.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor utama dalam perencanaan pendirian pabrik klorin. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi produksi garam laut yang sangat besar karena didukung oleh garis pantai yang panjang serta kondisi iklim yang sesuai untuk kegiatan produksi garam. Garam laut yang dihasilkan mengandung natrium klorida (NaCl) sebagai komponen utama yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan larutan garam (*brine*) untuk proses produksi klorin. Ketersediaan garam laut yang melimpah memberikan keuntungan strategis karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku impor sekaligus meningkatkan nilai tambah komoditas garam nasional.

Sebelum digunakan dalam proses elektrolisis, garam laut terlebih dahulu dilarutkan dalam air untuk membentuk larutan garam (*brine*) dengan konsentrasi tertentu. Larutan tersebut kemudian menjalani serangkaian proses pemurnian (*brine purification*) untuk menghilangkan pengotor, terutama ion kalsium (Ca²⁺) dan magnesium (Mg²⁺) yang dapat menurunkan kinerja membran dan memperpendek umur operasi sel elektrolisis. Tahapan pemurnian umumnya meliputi pelarutan garam, pengendapan menggunakan bahan kimia, klarifikasi, filtrasi, dan pemurnian lanjutan menggunakan resin penukar ion sehingga diperoleh larutan *brine* dengan kemurnian yang memenuhi spesifikasi proses.

Pemanfaatan garam laut sebagai bahan baku yang dipadukan dengan teknologi pemurnian *brine* yang telah berkembang menjadikan proses produksi klorin lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan kualitas *brine* yang terjaga, proses elektrolisis sel membran dapat menghasilkan gas klorin dan natrium hidroksida dengan kemurnian tinggi, sekaligus meningkatkan efisiensi energi serta memperpanjang umur membran.



Oleh karena itu, ketersediaan garam laut yang melimpah dan teknologi pemurnian yang memadai menjadi faktor pendukung utama dalam pendirian Pabrik Klorin dari Garam Laut dengan Proses Elektrolisis Sel Membran.

Selain ketersediaan garam laut, proses elektrolisis klorin juga memerlukan pasokan energi listrik yang stabil dan berkesinambungan. Indonesia memiliki potensi sumber energi yang beragam, baik dari pembangkit konvensional maupun energi terbarukan, yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung operasional pabrik. Ketersediaan energi yang memadai akan memastikan kontinuitas proses produksi serta meningkatkan efisiensi operasional. Dengan dukungan ketersediaan bahan baku air laut dan pasokan energi yang mencukupi, pendirian pabrik klorin berbasis elektrolisis air laut di Indonesia memiliki prospek yang sangat baik dan layak untuk dikembangkan.

I.1.3 Aspek Ekonomi

Pertumbuhan sektor industri di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan perkembangan yang cukup pesat, terutama pada industri kimia dasar, pengolahan air, serta industri pulp dan kertas. Perkembangan tersebut turut meningkatkan kebutuhan bahan kimia penunjang proses industri, salah satunya adalah klorin. Klorin merupakan bahan kimia anorganik penting yang banyak dimanfaatkan baik sebagai bahan baku maupun bahan pendukung dalam berbagai proses produksi industri.

Pemanfaatan klorin di Indonesia tersebar pada berbagai sektor industri. Salah satu pengguna utama klorin adalah sektor pengolahan air bersih dan air limbah. Dalam sektor ini, klorin digunakan sebagai bahan desinfektan untuk menghilangkan mikroorganisme yang dapat membahayakan kesehatan sehingga air dapat digunakan sebagai air minum maupun air proses industri. Penggunaan klorin pada sektor ini dilakukan oleh berbagai Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di berbagai daerah serta oleh perusahaan pengelola air industri seperti PT Krakata, Tirta Industri yang menyediakan air proses bagi kawasan industri.

Selain itu, industri pulp dan kertas juga merupakan salah satu sektor yang memanfaatkan klorin dalam jumlah cukup besar. Pada industri ini, klorin dan senyawa turunannya digunakan dalam proses pemutihan pulp (bleaching) untuk meningkatkan kualitas dan tingkat kecerahan produk kertas yang dihasilkan. Beberapa perusahaan yang bergerak dalam bidang ini antara lain PT Indah Kiat Pulp & Paper Tbk, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, dan PT Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry. Di samping itu, klorin juga digunakan secara luas pada industri kimia dan petrokimia sebagai



bahan baku maupun bahan antara dalam pembuatan berbagai produk turunan berbasis klor. Perusahaan seperti PT Asahimas Chemical dan PT Chandra Asri Petrochemical Tbk memanfaatkan klorin dalam proses produksi berbagai senyawa kimia yang selanjutnya digunakan dalam industri plastik, konstruksi, otomotif, dan elektronik.

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, klorin juga memiliki potensi dalam perdagangan internasional. Berdasarkan data perdagangan global, beberapa negara masih melakukan impor klorin untuk memenuhi kebutuhan industri domestiknya. Kondisi ini membuka peluang bagi negara produsen untuk mengekspor klorin ke pasar internasional. Di sisi lain, apabila kapasitas produksi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan industri nasional, maka impor klorin juga dapat dilakukan untuk menjaga ketersediaan bahan baku bagi industri.

Dengan luasnya pemanfaatan klorin di berbagai sektor industri serta adanya peluang dalam perdagangan ekspor dan impor, kebutuhan klorin diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan perkembangan industri. Oleh karena itu, pendirian pabrik klorin di Indonesia memiliki prospek yang cukup baik untuk memenuhi kebutuhan domestik sekaligus membuka peluang dalam pasar perdagangan internasional. Berikut merupakan tabel harga bahan baku dan produk dalam produksi klorin dari elektrolisis air laut.

Tabel I.2 Harga Bahan Baku dan Produk Pabrik Klorin

Komponen	Harga/kg (Rp)	Sumber
NaCl	8.000	Garam industri dari air laut
H ₂ O	0	Air Sungai
Cl ₂ (produk utama)	19.425	Mbizmarket
NaOH (produk samping)	25.000	Alibaba
H ₂ (poduk samping)	50.000	Alibaba

I.1.4 Penentuan Kapasitas Produksi Pabrik

Salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendirikan suatu pabrik adalah penentuan kapasitas produksinya. Kapasitas produksi yang ditetapkan akan berdampak besar baik dari sisi teknis maupun ekonomis. Dengan kapasitas yang dirancang secara tepat, diharapkan pabrik yang akan dibangun mampu memberikan



keuntungan yang optimal. Jika dibandingkan dengan jumlah kebutuhan, maka kapasitas produksi pabrik sebaiknya dibuat lebih besar guna mengantisipasi kemungkinan peningkatan permintaan di masa mendatang. Untuk menentukan kapasitas produksi pabrik klorin yang akan dibangun, perlu dilakukan analisis perbandingan antara kapasitas produksi dengan kebutuhan klorin di Indonesia. Data mengenai impor klorin dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik tahun 2026. Berikut ini merupakan data impor klorin di Indonesia.

Tabel I.3 Data Impor Klorin di Indonesia

N	Tahun	Impor (ton)	P
1	2021	1.419,314	0
2	2022	653,763	-0,539
3	2023	735,619	0,125
4	2024	557,532	-0,242
5	2025	546,461	-0,019
ΣP			-0,675
i			-0,135

(Badan Pusat Statistik Indonesia, 2026)

Perhitungan kebutuhan impor klorin di indonesia untuk tahun 2030 dilakukan dengan menggunakan metode discounted dengan persamaan :

$$M1 = P (1 + i)^n(I.1)$$

(Kusnarjo, 2010)

dengan,

M1 = jumlah impor produk pada tahun terakhir (ton/tahun)

P = jumlah produk pada tahun pertama (ton/tahun)

i = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n = selisih tahun yang diperhitungkan

Perhitungan kebutuhan klorin di indonesia di tahun 2030 :

$$\begin{aligned} M1 &= P (1 + i)^n \\ &= 546,461 (1 + (-0,315))^5 \\ &= 264,630 \text{ ton} \end{aligned}$$

Selain mempertimbangkan data impor, penentuan kapasitas produksi juga sangat dipengaruhi oleh data ekspor. Hal ini karena ekspor mencerminkan kemampuan industri domestik dalam menyerap dan bersaing di pasar internasional, sekaligus menunjukkan adanya surplus produksi yang tidak seluruhnya dikonsumsi oleh pasar



dalam negeri. Data mengenai ekspor klorin dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik tahun 2026. Berikut ini merupakan data ekspor klorin di Indonesia.

Tabel I.4 Data Ekspor Klorin di Indonesia

N	Tahun	Ekspor (ton)	P
1	2021	6,620	0
2	2022	10,480	0,583
3	2023	5,574	-0,468
4	2024	20,194	2,623
5	2025	4,150	-0,794
ΣP			1,944
i			0,388

(Badan Pusat Statistik Indonesia, 2026)

Perhitungan kebutuhan ekspor klorin di indonesia untuk tahun 2030 dilakukan dengan menggunakan metode discounted :

$$\begin{aligned} M4 &= P (1 + i)^n \\ &= 4,150 (1 + 0,388)^5 \\ &= 21,379 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pabrik yang akan dibangun harus dirancang dengan kapasitas yang setidaknya setara, atau bahkan melebihi kapasitas minimum pabrik-pabrik klorin yang telah beroperasi saat ini. Hal ini penting guna memastikan bahwa pabrik baru mampu memenuhi kebutuhan pasar secara efisien serta memiliki daya saing yang kuat. Di Indonesia telah beroperasi pabrik yang memproduksi klorin, salah satunya adalah PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk yang berlokasi di Mojokerto, Jawa Timur, dengan kapasitas produksi sekitar 7.000 ton per tahun.

Sebelum menghitung kapasitas pabrik yang akan didirikan, data konsumsi Indonesia perlu dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Konsumsi} = (\text{Impor} + \text{Kapasitas Pabrik Sebelumnya}) - \text{Eskpor} \dots\dots\dots(I.3)$$

Hasil perhitungan konsumsi klorin di Indonesia sejak tahun 2021-2025 disajikan dalam Tabel I.5 sebagai berikut :



Tabel I.5 Data Konsumsi Klorin di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Ekspor (ton)	Konsumsi (ton)	P
2021	1.419,314	6,620	8.412,694	0
2022	653,763	10,480	7.643,283	-0,09
2023	735,619	5,574	7.730,045	0,01
2024	557,532	20,194	7.537,338	-0,02
2025	546,461	4,150	7.542,311	0,0006
ΣP				-0,09
I				-0,018

Data yang diperoleh pada Tabel I.5 di atas kemudian digunakan untuk menghitung perkiraan konsumsi klorin di Indonesia tahun 2030. Adapun metode yang digunakan yaitu metode discounted dengan persamaan :

$$\begin{aligned} M5 &= P (1 + i)^n \\ &= 7.542,311 (1 + (-0,018))^5 \\ &= 6.887,50 \text{ ton} \end{aligned}$$

Selain itu kapasitas pabrik juga dipengaruhi oleh kebutuhan sebagai bahan baku maupun bahan pendukung klorin di Indonesia. Adapun data kebutuhan klorin disajikan dalam tabel I.6 berikut :

Tabel I.6 Kebutuhan Klorin di Indonesia

Pabrik	Kebutuhan (ton/tahun)
PT Tanjungenim Lestari Pulp & Paper	150.000
PT Standard Toyo Polymer	120.000
PT Sri Rejeki Isman Tbk (Sritex)	70.000
PT Nipsea Paint and Chemicals (Nippon Paint)	35.000
PT Nestlé Indonesia	10.000
PT Tirta Investama (AQUA)	15.000
Rata-rata	66.666

Data yang diperoleh pada Tabel I.6 di atas kemudian digunakan untuk menghitung perkiraan kebutuhan klorin di Indonesia tahun 2030. Adapun metode yang digunakan yaitu metode discounted dengan persamaan :

$$\begin{aligned} M5 &= P (1 + i)^n \\ &= 66.666 (1 + (0))^5 \\ &= 66.666 \text{ ton} \end{aligned}$$



Perhitungan kapasitas pabrik klorin yang direncanakan akan beroperasi pada tahun 2030 ini menggunakan persamaan :

$$M3 = (M5 + M4) - (M1 - M2) \dots\dots\dots(I.4)$$

dengan,

- M1 = jumlah impor (ton/tahun)
- M2 = kapasitas produksi pabrik yang sudah ada dalam negeri (ton/tahun)
- M3 = kapasitas pabrik yang akan didirikan (ton/tahun)
- M4 = jumlah ekspor (ton/tahun)
- M5 = jumlah konsumsi dalam negeri (ton/tahun)

Perhitungan kapasitas pabrik klorin :

$$\begin{aligned} M3 &= (M4 + M5) - (M1 + M2) \\ &= (21,379 + (66.666 + 6.887,50) - (264,630 + 7.000) \\ &= 66.310,25 \text{ ton} \\ &\approx 70.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas produksi klorin yang direncanakan sebesar 70.000 ton per tahun. Penetapan kapasitas ini didasarkan pada upaya untuk memenuhi kebutuhan domestik akan klorin, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor. Selain itu, kelebihan produksi yang tidak terserap di dalam negeri akan diarahkan untuk ekspor, yang pada gilirannya dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan devisa negara.

I.2 Sifat dan Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

I.2.1 Bahan Baku

A. Natrium Klorida

Sifat Fisis

- 1. Wujud : Padat
- 2. Warna : Putih
- 3. Titik Didih : 1.416 °C
- 4. Titik Lebur : 801 °C
- 5. Densitas : 0,185 lb/ft³

Sifat Kimia

- 1. Rumus Molekul : NaCl
- 2. Berat Molekul : 58,47 g/mol
- 3. Kelarutan : 358 g/L pada 20°C

(Perry’s 8th ed, 2008)



Komposisi

Senyawa	Prosentase
NaCl	88,5%
Mg	2,15%
Ca	3,5%
H ₂ O	5,9%

(PT. Garam Persero)

I.2.2 Produk

Proses produksi klorin menggunakan metode elektrolisis sel membran menghasilkan tiga jenis produk, yaitu klorin sebagai produk utama, serta hidrogen dan natrium hidroksida sebagai produk samping. Selanjutnya akan diuraikan sifat fisik, sifat kimia, serta spesifikasi dari masing-masing produk yang dihasilkan.

A. Klorin

Sifat Fisis

- 1. Wujud : Gas
- 2. Warna : Putih Kekuningan
- 3. Titik Didih : -34 °C
- 4. Titik Lebur : -100,7 °C
- 5. Densitas : 0,185 lb/ft³

Sifat Kimia

- 1. Rumus Molekul : Cl₂
- 2. Berat Molekul : 70,9 g/mol
- 3. Kelarutan : 7,41 g/L pada 30 °C

(Perry's 7th ed, 1997)



B. Hidrogen

Sifat Fisis

1. Wujud : Gas
2. Warna : Tidak Berwarna
3. Titik Didih : $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. Titik Lebur : $-295,15\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Densitas : $0,185\text{ lb/ft}^3$

Sifat Kimia

1. Rumus Molekul : H_2
2. Berat Molekul : $2,02\text{ g/mol}$
3. Kelarutan : $1,6\text{ mg/L}$

(Perry's 8th ed, 2008)

C. Natrium Hidroksida

Sifat Fisis

1. Wujud : Larutan
2. Warna : Tidak Berwarna
3. Titik Didih : $1.390\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. Titik Lebur : $318,4\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Densitas : $2,13\text{ g/cm}^3$

Sifat Kimia

1. Rumus Molekul : NaOH
2. Berat Molekul : 40 g/mol
3. Kelarutan : 1.090 g/L pada $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

(Perry's 8th ed, 2008)