

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar belakang

Dewasa ini, berbagai jenis bahan kimia sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. NaOH dan klor merupakan salah satu industri kimia yang paling penting. Industri NaOH sering kali disebut industri klor alkali. Industri ini selain menghasilkan NaOH juga menghasilkan klor ( $\text{Cl}_2$ ) sebagai produk utamanya. Kebutuhan NaOH di Indonesia dewasa ini terus meningkat terutama digunakan untuk industri pulp dan kertas, tekstil, deterjen dan sabun. Kebutuhan NaOH di Indonesia pada saat ini masih ditunjang dengan impor dari luar negeri (BPS, 2015) padahal Indonesia kaya NaCl yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan NaOH dengan proses elektrolisis.

Proses klor-alkali merupakan proses elektrolisis yang berperan penting dalam industri manufaktur dan pemurnian zat kimia. Produk yang dihasilkan dari industri klor-alkali adalah  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ , serta NaOH sebagai hasil dari elektrolisis larutan NaCl. Teknologi ini dipilih karena bahan baku garam relatif murah, kemurnian produk tinggi, serta tekanan dan temperaturnya rendah. Jika klor dan NaOH yang diinginkan sebagai produk akhir, rancangan sel elektrolisis harus dibuat sedemikian rupa, sehingga kedua bahan itu tidak dapat bercampur. Tiga macam proses elektrolisis yang banyak dipergunakan dalam industri klor-alkali adalah proses elektrolisis dengan sel diafragma, sel membran, dan sel merkuri.

### I.2 Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

#### I.2.1 Garam Industri

Garam merupakan merupakan komoditi terbesar di Indonesia. Garam adalah salah satu kebutuhan yang merupakan pelengkap dari kebutuhan pangan dan merupakan sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Garam seperti yang kita kenal dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan kimia yang bagian utamanya adalah natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) dengan zat-zat pengotor yang terdiri dari  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  dan pengotor-pengotor lainnya yang

terdapat pada garam tersebut (Marihati dan Muryati, 2008). Garam dibagi menjadi dua jenis yaitu garam konsumsi dan garam industri, perbedaan kedua garam tersebut terletak pada kadar NaCl-nya dan spesifikasi mutu.

Garam industri umumnya digunakan dalam industri perminyakan, metalurgi, tekstil, penyamakan kulit, pengolahan air, industri pembuatan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), dan sebagai bahan baku utama dalam industri pembuatan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Komposisi garam dari berbagai jenis dapat dilihat pada tabel I.1

**Tabel I.1 Komposisi Garam (Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia, 2002)**

<b>Komponen</b>	<b>Garam Rakyat (LIPI)</b>	<b>Garam Industri (SII)</b>	<b>Garam Farmasi (Farmakope)</b>
NaCl	85-95%	> 98,5%	> 99,5%
$\text{Ca}^{2+}$	0,1%	< 0,1%	< 0,005%
$\text{Mg}^{2+}$	0,3-0,8%	< 0,06%	
$\text{SO}_4^{2-}$	0,5-1,2%	< 0,2%	< 0,015%
$\text{H}_2\text{O}$	< 8,5	< 1,14%	< 0,48 %

**Tabel I.2 Sifat Fisik Natrium Klorida Murni (Othmer, 1969)**

<b>Parameter</b>	
Berat molekul	58,44 g/mol
Bentuk kristal	kubik
Warna	tidak berwarna-putih
Densitas	2,165 g/mL
Titik leleh	801 °C
Titik didih	1413 °C
Kapasitas panas	0,853 J/g.°C
Panas peleburan	517,1 J/g
Panas pelarutan, 1 kg $\text{H}_2\text{O}$ , 25 °C	3,757 kJ/mol
Kelembaban kritis pada 20 °C	75,3 %

### I.2.2 Sifat-sifat HCl

Asam klorida merupakan asam kuat, tak berwarna, kadang-kadang berwarna kuning pucat, sangat krosif, larut dalam air, alkohol dan benzene (Lewis, 1993).

Sifat-sifat fisik HCl adalah:

1. Berat molekul : 36,461 g/mol
2. Tak berwarna atau kuning pucat
3. Densitas larutan HCl pada 25°C adalah 1,18 g/mL
4. Titik leleh : 114,4 °C
5. Titik didih : -85°C
6. Entalpi pembentukan : 1970 J/gmol
7. Entropi pembentukan : 12,54 J/gmol
8. Entalpi penguapan pada -85°C : 16,15 KJ/gmol
9. Kapasitas panas pada 20°C dengan konsentrasi berat 10 % adalah 3,47 kJ/kg.K
10. Viskositas pada 20°C dengan konsentrasi berat 10 % adalah sebesar 1,16 mPa.s

(Lewis, 1993)

### I.2.3 NaOH

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida yang merupakan jenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH (Kirk & Othmer, 1981). Adapun sifat-sifat fisika natrium hidroksida (NaOH) ditunjukkan pada tabel I.3

**Tabel I.3 Sifat Fisika Natrium Hidroksida (NaOH) (Perry, 1984)**

<b>Karakteristik</b>	<b>Nilai</b>
Berat molekul	40 g/mol
Titik leleh	323°C
Titik didih	1390 °C
Temperatur Kritis	2546,85 °C
Tekanan kritis	249,998 atm
Kapasitas Panas	-36,56 Kkal/kg.°C
Densitas	1090,41 kg/m <sup>3</sup>
Panas Pembentukan	-47,234 Kkal/kmol
Wujud	padat, kristal higroskopis
Warna	putih

NaOH merupakan zat berwarna putih dan rapuh dengan cepat dapat mengabsorpsi uap air dan CO<sub>2</sub> dari udara, kristal NaOH berserat membentuk anyaman. NaOH mudah larut dalam air, jika kontak dengan udara akan mencair dan jika dibakar akan meleleh (Kirk & Othmer, 1981).

#### **I.2.4 Sifat-Sifat Cl<sub>2</sub>**

Klorin merupakan gas beracun, larut dalam air dingin, kelarutannya dalam larutan garam menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi garam dan suhu, lebih larut dalam asam klorida daripada di dalam air dan kelarutannya bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam. Gas klor dapat di kompres menjadi liquid pada suhu 15°C dengan tekanan 5,7 atm atau pada suhu -34,05°C pada tekanan atmosfer. (Keyes, 1993)

Sifat-sifat fisik Cl<sub>2</sub> disajikan pada tabel I.4

**Tabel I.4 Sifat Fisika Cl<sub>2</sub> (Keyes, 1993)**

<b>Karakteristik</b>	<b>Nilai</b>
Berat molekul	70,906 g/mol
Titik leleh	-100,98 °C
Titik didih	-34,05 °C
Temperatur kritis	144°C
Tekanan kritis	7,71083 MPa
Densitas kritis	565 kg/cm <sup>3</sup>
Volume kritis	0,0017699 L/g
Wujud	gas
Warna	kuning atau kuning kehijauan

### **I.3 Kegunaan dan Keunggulan Produk**

#### **I.3.1 Soda Kaustik (NaOH)**

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

##### **1. Industri Pulp dan Kertas**

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

##### **2. Industri Tekstil**

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

##### **3. Industri Sabun dan Detergen**

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

#### 4. Industri Minyak dan Gas Bumi

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

#### 5. Proses Produksi Aluminium

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

#### 6. Industri Kimia

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

(Asahimas Chemical, 2010).

Keunggulan produk NaOH yang dihasilkan adalah menggunakan bahan baku garam industri. Garam industri mempunyai kemurnian NaCl yang tinggi yaitu  $\pm 98,5\%$  dimana pengotor-pengotor seperti  $CaSO_4$ ,  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$  persentasenya sangat kecil. Dengan kecilnya persentase pengotor-pengotor di dalam garam industri, maka produk NaOH yang dihasilkan akan mempunyai kemurnian yang tinggi sehingga daya minat konsumen terhadap produk akan lebih besar.

### **I.3.2 Klorin ( $Cl_2$ )**

Klorin ( $Cl_2$ ) digunakan sebagai alat pemutih pada industri kertas, pulp dan tekstil. Digunakan untuk manufaktur, pestisida dan herbisida, misalnya DDT, untuk alat pendingin, obat farmasi, vinyl (pipa PVC), plastik, disinfektan air dalam proses pembuatan air minum. Supaya bisa dipakai, klorin sering dikombinasikan dengan senyawa organik yang biasanya menghasilkan organoklorin. Organoklorin itu sendiri adalah senyawa kimia yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan karena dapat terkontaminasi dan persisten di dalam tubuh makhluk hidup. Klorin dalam bentuk asam klorida

(HCl) digunakan pada industri logam sebagai bahan baku ekstraksi. Unsur halogen klorin dalam kalium klorida (KCl) digunakan sebagai pupuk tanaman (MacDougall, 1994).

### I.3.3 Hidrogen (H<sub>2</sub>)

Sejumlah besar H<sub>2</sub> diperlukan dalam industri petrokimia dan kimia. Penggunaan terbesar H<sub>2</sub> adalah untuk memproses bahan bakar fosil dan dalam pembuatan ammonia. Konsumen utama dari H<sub>2</sub> di kilang petrokimia meliputi hidrodealkilasi, hidrodessulfurisasi, dan penghidropecahan (hydrocracking). H<sub>2</sub> digunakan sebagai bahan hidrogenasi, terutama dalam peningkatan kejenuhan dalam lemak tak jenuh dan minyak nabati (ditemukan di margarin), dan dalam produksi metanol. Ia juga merupakan sumber hidrogen pada pembuatan asam klorida. H<sub>2</sub> juga digunakan sebagai reduktor pada bijih logam (Chemistry Operation, 2003).

## I.4 Kapasitas dan Bahan Baku

### I.4.1 Kapasitas Produksi

Produk NaOH yang dihasilkan sangat bermanfaat dan dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia khususnya di bidang industri karena banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan. Kapasitas produksi pabrik pembuatan NaOH dari garam industri ditentukan dengan cara meninjau data impor NaOH di Indonesia.

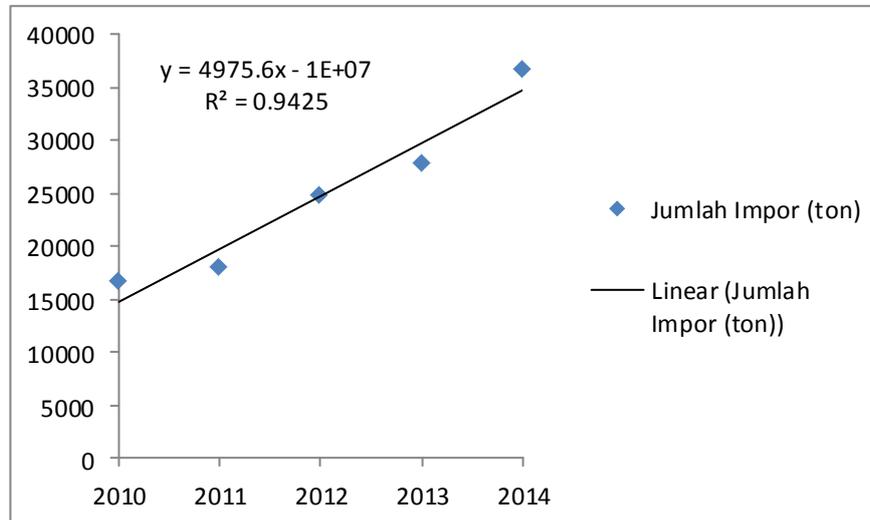
#### I.4.1.1 Impor NaOH

Kebutuhan NaOH di Indonesia saat ini masih didominasi oleh pasokan impor dari negara lain. Adapun data impor NaOH dari tahun 2010-2014 disajikan Pada Tabel I.5

**Tabel I.5 Jumlah Impor NaOH (solid) Tahun 2010-2014 (BPS, 2015)**

Tahun	Jumlah Impor NaOH (ton)
2010	16.723,94
2011	17.902,61
2012	24.733,04
2013	27.734,22
2014	36.686,07

Data impor NaOH di Indonesia dari tahun 2010-2014 dapat disajikan dalam Gambar I.1 berikut ini.



**Gambar I.1 Jumlah Impor NaOH tahun 2010-2014**

Dengan menggunakan persamaan regresi linear, jumlah impor NaOH tahun 2020 dapat dicari dengan cara :

$$\begin{aligned}
 Y &= a + bX \\
 &= (-1 \times 10^7) + (4975,6 \times 2020) \\
 Y &= 50.712 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Y = jumlah (ton)

X = tahun

#### **I.4.1.2 Perhitungan Kapasitas Produksi**

Perkiraan impor NaOH pada tahun 2020 yaitu sebesar 50.712 ton. Penentuan kapasitas produksi dari pabrik NaOH ini didasarkan pada data impor NaOH tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk menekan adanya impor NaOH. Pabrik diperkirakan mampu memenuhi 10 % dari impor.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi} &= 10 \% \times \text{impor NaOH pada tahun 2020} \\
 &= 0,1 \times 50.712 \text{ ton/tahun} \\
 &= 5.071,2 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

$$= 5.071,2 \text{ ton/tahun} \times 1 \text{ tahun}/330 \text{ hari}$$

$$= 15 \text{ ton/hari} = 15.000 \text{ kg/hari} = 4900 \text{ ton/tahun}$$

#### I.4.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku garam industri di Indonesia saat ini masih sangat minim, hal ini dikarenakan minimnya perusahaan yang memproduksi garam industri tersebut. Adapun perusahaan yang memproduksi garam industri di Indonesia yakni, PT. Garam (Persero). Untuk mengatasi hal ini, Indonesia kebanyakan masih mengimpor garam industri. Berikut data jumlah ketersediaan garam industri disajikan pada tabel I.6

**Tabel I.6 Ketersediaan Garam Industri di Indonesia Tahun 2010-2014 (BPS, 2015)**

Tahun	Jumlah Ketersediaan Garam Industri (ton)		Total (ton)
	PT. Garam Persero	Impor	
2010	121.140	1.733.952	1.855.092
2011	156.713	1.691.446	1.848.159
2012	307.348	1.819.771	2.127.119
2013	156.829	1.743.458	1.900.287
2014	315.000	1.778.444	2.093.444

Perhitungan garam industri yang dibutuhkan untuk memproduksi NaOH sebanyak 15.000 kg/hari adalah sebagai berikut.

Bahan baku (garam industri)		NaOH
1.000 kg/hari	—————→	555 kg/hari
X	—————→	15.000 kg/hari

diperoleh nilai  $X = 27.000 \text{ kg/hari}$

$$\text{Nilai X diperoleh dari} = (15.000 / 555) \times (1.000)$$

$$= 27.000$$