

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan suatu negara kemajuan suatu negara ditandai dengan berkembangnya sector industri pada negara tersebut. Ada beberapa hal yang mendorong berdirinya suatu industry adalah semakin banyaknya permintaan pasar akan suatu produk dan ketersediaan bahan baku. Salah satunya bahan kimia yang sangat dibutuhkan dan kebutuhan meningkat di Indonesia saat ini yaitu Kalium Hidroksida. Karena kalium hidroksida ini biasa digunakan untuk pupuk dan tekstil

*Potassium Hydroxide* atau bisa dibilang dalam Bahasa Indonesia yaitu Kalium Hidroksida. Kalium hidroksida ini dikenal juga dengan sebutan *Caustic Potash*, *Potassia*, *Potassium Hydrate*. Kalium Hidroksida adalah senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH dimana unsur Kalium ( $K^+$ ) mengikat sebuah gugus hidroksil ( $OH^-$ ). Kalium hidroksida ini merupakan basa kuat dan termasuk dalam golongan *Heavy Chemical Industry*.

*Heavy Chemical* yaitu bahan kimia yang diproduksi dalam jumlah besar dan memiliki harga yang murah sebagai konsumen industri lain. Didalam pasaran Kalium Hidroksida ini biasanya dijual dengan konsentrasi sebesar 45-50%.

Kebutuhan Kalium Hidroksida dalam negeri, jika di proyeksikan semakin meningkat dan bertambah seiring banyak industri-industri yang menggunakan bahan ini sebagai bahan tambahan untuk produknya. Menurut data dari Badan Pusat Statistik angka Impor pada tahun 2017-2021 sebesar 19562688 ton/tahun, angka tersebut sangat besar dikarenakan tidak banyaknya perusahaan yang memproduksi Kalium Hidroksida ini yang menyebabkan bergantungnya pada produksi di luar negeri yang berakibat baik bagi negara luar.

Agar ketergantungan ini tidak terus berlanjut maka diperlukan pengembangan-pengembangan dalam proses pembuatan Kalium Hidroksida dan pembangunan pabriknya di Indonesia. Hal ini dilakukan guna meningkatkan hasil dan mutu produk yang lebih baik. Selain itu pembangunan pabrik Kalium Hidroksida ini juga diharapkan dapat mengatasi permintaan dalam negeri yang dapat meningkatkan devisa negara, mengurangi impor, dan membuka lapangan pekerjaan baru.

Maka berdasarkan pertimbangan tersebut pabrik Kalium Hidroksida (*Caustic Potash*) dengan bahan baku Kalium Klorida dan Air diharapkan mempunyai prospek yang baik.

### 1.1.1 Alasan Pendirian Pabrik

Kalium Hidroksida atau sering dikenal Potassium Hydroxide (*Caustic Potash*) merupakan kristal putih, tidak berbau, dan tidak beracun. Kalium Hidroksida ini biasa digunakan untuk industri dengan konsentrasi minimal 90%. Bahan ini biasa digunakan untuk berbagai proses industri contohnya yaitu pada industri kalium karbonat, yang bahan baku pembuatannya yaitu menggunakan kalium hidroksida. Bahan ini juga digunakan untuk bahan baku pembantu pada pembuatan pada industri kimia agro (*agro chemical*), pupuk, baterai alkaline dan industri tekstil. Oleh karena itu Kalium Hidroksida ini banyak diminati dan menyebabkan permintaanya meningkat. Hal ini merupakan membuka peluang dan kesempatan untuk membuka pabrik agar memenuhi kebutuhan dalam negeri ataupun luar negeri.

Ditinjau dari pembuatannya untuk Kalium Hidroksida ini untuk harga bahan baku dan produk Kalium Hidroksida, ternyata harga Produk Kalium Hidroksida ini lebih mahal dibandingkan dengan harga bahan bakunya.

Berikut harga bahan baku dan harga bahan produk Kalium Hidroksida

Bahan	Harga (US\$/Kg)
Bahan Baku	
KCl (Kalium Klorida)	0,28
H <sub>2</sub> O (Air)	0,40
Produk	
KOH (Kalium Hidroksida)	0,87
H <sub>2</sub>	2,00
Cl <sub>2</sub>	3,50

Dari beberapa pertimbangan tersebut, maka pendirian pabrik Kalium Hidroksida di Indonesia layak untuk didirikan karena alasan sebagai berikut:

- a. Dapat memenuhi kebutuhan Kalium Hidroksida di dalam negeri bahkan luar negeri, artinya dapat mengurangi nilai impor sekaligus menambahkan nilai eksportnya
- b. Dapat membuka lapangan kerja baru dan mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia

## 1.2 Tinjauan Pustaka

### 1.2.1 *Potassium Hydroxide* (Kalium Hidroksida)

*Potassium Hydroxide* (kalium hidroksida) juga bisa disebut dengan kalium kaustik, adalah reagen kimia anorganik yang banyak digunakan untuk berbagai jenis kebutuhan dan biasa dipasarkan dengan berbagai bentuk seperti pellet, bubuk dan kristal (PubChem, n.d.) Bahan ini sangat banyak digunakan di industri khususnya industri yang berhubungan dengan kalium, seperti industri pembuatan sabun lembut atau cair, produksi pupuk, pembuatan baterai alkali dan pemrosesan semikonduktor.

Karena kalium hidroksida bersifat basa, kalium hidroksida ini mudah bereaksi dengan asam melalui reaksi netralisasi. Reaksi asam-basa terutama digunakan untuk memproduksi bahan kimia seperti kalium karbonat atau kalium fosfat dan garam kalium, dan digunakan di banyak industri. (Yoon, 2018)

Kalium hidroksida (KOH) adalah zat, bubuk, atau butiran berwarna putih atau transparan pada suhu kamar. Kristal KOH larut dalam air untuk membentuk larutan basa, jadi KOH adalah basa kuat. Kalium hidroksida memiliki struktur kristal yang sama dengan natrium hidroksida. Struktur ini juga dikenal sebagai struktur kristal kubik. Setiap ion kalium ( $K^+$ ) dikelilingi oleh delapan ion oksida ( $OH^-$ ). Struktur kristal kubik inilah yang memberikan sifat keras pada kalium hidroksida. (Kulkarni & Patil, 2015)

### 1.2.2 Kegunaan *Potassium Hydroxide*

Kalium hidroksida (KOH) merupakan senyawa yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki sifat yang sangat reaktif terhadap banyak bahan kimia lainnya. Salah satu kegunaan utama KOH adalah sebagai bahan baku dalam produksi deterjen, pupuk, kaca, dan bahan kimia lainnya. KOH juga digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik, serta dalam produksi makanan

dan minuman sebagai pengatur pH, bahan pengawet, dan penambah rasa (Muralidharan & Sivakumar, 2012). Selain itu, KOH digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi kimia seperti esterifikasi, transesterifikasi, dan hidrolisis (Hosseini & Mohaved, 2012).

Industri pulp dan kertas juga memanfaatkan KOH sebagai bahan kimia dalam proses bleaching, yaitu proses pemutihan serat kayu dengan menggunakan senyawa kimia. KOH digunakan sebagai bagian dari proses klorinasi dan bleaching untuk menghilangkan lignin dari serat kayu dan menghasilkan kertas yang lebih putih (Kimura & Ohno, 2019).

KOH juga digunakan dalam produksi baterai, khususnya baterai alkali, karena senyawa ini dapat meningkatkan konduktivitas elektrolit dalam baterai. Selain itu, KOH juga digunakan dalam proses electroplating dan pembuatan sabun (Fernandez-Merino, 2018)

### 1.2.3 Konsep Reaksi

#### 1.2.3.1 Dasar Reaksi

Potassium hydroxide atau Kalium Hidroksida ini terbentuk dari reaksi antara Kalium Klorida dan Air.



Kalium hidroksida yang terbentuk dari reaksi tersebut berupa larutan Kalium Hidroksida dan dapat langsung dimurnikan didalam evaporator, hasil keluar evaporator yang berupa larutan dikritisasi lalu hasil keluar berupa *slurry* di pisahkan antara larutan dan padatan kristal didalam *centrifuged* dan padatan yang keluar dikeringkan (Hilliard & Ronald, 1980)

#### 1.2.3.2 Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada Reaktor Elektrolisis yang digunakan dalam Perancangan Pabrik *Potassium Hydroxide* ini sebagai berikut:

Temperatur	: 90°C
Tekanan	: 1 atm
Sifat Reaksi	: Endotermis
Fase	: Cair-Padat
Rasio Mol (KCl:H <sub>2</sub> O)	: 1:3

### 1.3 Tinjauan Termodinamika

Penentuan sifat reaksi apakah pada reaksi bahan baku ini berjalan secara eksotermis atau endotermis, maka perlu dilakukan pembuktian dengan cara menggunakan panas pembentukan standar ( $\Delta H^{\circ f}$ ) pada tekanan 1 atm dan suhu 298°K dari reaktan dan produk.

Diketahui data ( $\Delta H^{\circ f}$ ) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut:

Komponen	$\Delta H^{\circ f}$ (Kj/mol)
KCl	-436,5
H <sub>2</sub> O	-285,830
KOH	-424,7
H <sub>2</sub>	0
Cl <sub>2</sub>	0

(Dean, J. A., and Lange, 1994)

#### Reaksi Pada Reaktor

$$2\text{KCl}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{KOH}_{(aq)} + \text{Cl}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ f} \text{ reaksi} &= \Delta H^{\circ f} \text{ produk} - \Delta H^{\circ f} \text{ reaktan} \\ &= [(2 \times (-424,7) + 0 + 0) - (2 \times (-436,5)) + \\ &\quad (2 \times (-285,830))] \\ &= (-849,500) - (-1444,66) \\ &= 595,16 \text{ Kj/mol} \sim 142,2466 \text{ Kkal/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan  $\Delta H^{\circ f}$  diatas bernilai positif, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut endotermis, sehingga menyerap panas. Dan dibutuhkan pemanas agar reaksi tetap berlangsung

Untuk mengetahui apakah reaksi tersebut bersifat bolak-balik (reversible) atau searah (irreversible) dapat ditentukan dengan menghitung energi Gibbs ( $\Delta G$ )

Diketahui data ( $\Delta G^{\circ f}$ ) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut:

Komponen	$\Delta G^{\circ f}$ (Kj/mol)
KCl	-408,5
H <sub>2</sub> O	-237,14
KOH	-378,7
H <sub>2</sub>	0

Cl <sub>2</sub>	0
-----------------	---

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}f \text{ reaksi} &= \Delta G^{\circ}f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}f \text{ reaktan} \\
 &= [(2 \times (-378,7) + 0 + 0) - (2 \times (-408,5)) + (2 \times (-237,14))] \\
 &= (-757,4) - (-1291,28) \\
 &= 533,88 \text{ Kj/mol} \sim 127,515102 \text{ Kkal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai  $\Delta G^{\circ}$  hasilnya positif maka reaksi tersebut berjalan non-spontan. Untuk mengetahui apakah reaksi tersebut *irreversible* atau *reversible* (harga K) dapat dihitung dengan persamaan konstanta kesetimbangan berikut:

$$\Delta G^{\circ}r = -RT \ln K$$

atau

$$K = \exp - \frac{\Delta G}{RT}$$

Dimana:

$\Delta G^{\circ}$  = Energi bebas Gibbs Standar, (Kkal/mol)

R = Tetapan gas ideal, (1,987 Kkal/mol.K)

T = Temperatur, K

K = Konstanta Kesetimbangan

Data persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada  $T_{\text{referensi}} = 298 \text{ K}$  adalah sebagai berikut.

$$K_{298} = \exp \left[ - \frac{\Delta G}{RT} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[ - \frac{127,515102}{1,987 \times 298} \right]$$

$$K_{298} = 1,2402$$

Reaksi dijalankan pada temperatur 90°C, sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperature 90°C (363°C) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{K_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H_{298}^{\circ}}{R} \left[ \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H_{298}^{\circ}}{R} \left[ \frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,2402} = \exp - \frac{142,2466}{1,987} \left[ \frac{1}{363} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,233691149} = 1,0438$$

$$K_{operasi} = 1,2945$$

$$K > 1$$

Dari perhitungan diatas harga  $K > 1$  sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan atau diasumsikan bahwa reaksi bersifat ireversibel (searah). Karena arah pergeseran reaksi dapat menggambarkan kesetimbangan reaksinya. Pergeseran ketimbangan reaksi kimia salah satunya dipengaruhi oleh suhu reaksi, jika dalam suatu reaksi eksotermis dilakukan perubahan suhu reaksi, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah reaksi endotermik (kearah kiri), sehingga produk yang terbentuk menjadi berkurang. Kesetimbangan kimia terjadi apabila kecepatan reaksi ke kanan sama dengan kecepatan reaksi ke kiri.

#### 1.4 Tinjauan Kinetika

Data yang didapat dari literatur sebagai berikut:

Kondisi Operasi = 90°C (G.hilliard,L.Ronald,1980)

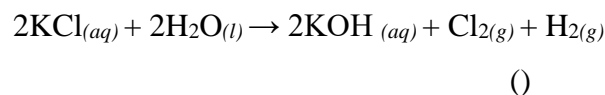
Waktu Reaksi = 2 jam (Adams & Harrison,1964)

Rasio Mol KCL.H<sub>2</sub>O = 3:1(G.hilliard,L.Ronald,1980)

Reaktor = Electrolysis Cell (G.hilliard,L.Ronald,1980)

Koversi = 95% (G.hilliard,L.Ronald,1980)

Reaksi di Reaktor:



Secara kinetika persamaan reaksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:



- Persamaan Kinetika

$$-r_A = k \cdot CA$$

Dimana:

-rA = Kecepatan laju reaksi (mol/liter.menit)

K = Konstanta kecepatan/laju reaksi

CA = Konsentrasi (mol/liter)

Dengan menggunakan asumsi nilai k menggunakan hasil  $K_{operasi}$  sebagai berikut: 1,2945

Untuk mendapatkan nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) maka dapat menghitung dengan menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut :

$$K = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Atau

$$\ln k = \frac{-E_a}{R} \left( \frac{1}{T} \right) + \ln(A)$$

$$(y = m x + b)$$

Dimana:

K = Konstanta kecepatan/laju reaksi

A = Frekuensi tumbukan

R = Konstanta gas (8,3145 J/mol.K)

$E_a$  = Energi aktivasi

T = Suhu (K)

Nilai  $E_a$  didapatkan dari jurnal "*Multidimensional and transient modeling of an alkaline water electrolysis cell*" sebesar  $4,6 \times 10^4$  KJ/mol (Jaeseung Lee, Afroz Alam & Hyunchul J, 2020).

$$\ln k = \frac{-E_a}{R} \left( \frac{1}{T} \right) + \ln(A)$$

$$\ln 1,2945 = \frac{-4,6 \times 10^4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}} \left( \frac{1}{363 \text{ K}} \right) + \ln(A)$$

$$A = 1,2964 A$$

## 1.5 Kapasitas Produksi

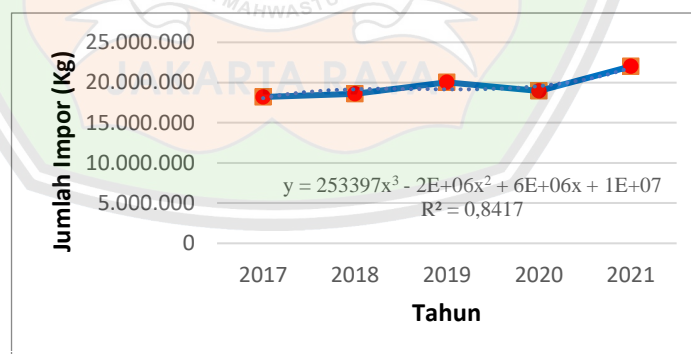
Kapasitas produksi merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pembangunan pabrik klorin, yang mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis kapasitas produksi. Penentuan kapasitas produksi pabrik Kalium Hidroksida ditentukan berdasarkan kebutuhan impor dan ekspor Kalium Hidroksida Indonesia. Berikut data impor dan Kalium Hidroksida di Indonesia:

### 1. Data Impor Kalium Hidroksida

Tabel 1.1 Data Impor Kalium Hidroksida

Data Impor Kalium Hidroksida	
Tahun	Kg/Tahun
2017	18204568
2018	18591108
2019	20036177
2020	18972824
2021	22008764

Berdasarkan data pada tabel diatas, maka kapasitas perancangan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:



Dari grafik diatas dapat diperoleh perkiraan perhitungan kapasitas, sehingga dapat ditentukan untuk kapasitas produksi pabrik menggunakan metode pertumbuhan rata – rata per tahun yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.2 Pertumbuhan Rata-rata Impor per-tahun

<b>Data Pertumbuhan Impor</b>		
<b>Tahun</b>	<b>Kg/Tahun</b>	<b>%P</b>
2017	18204568	-
2018	18591108	2,1233
2019	20036177	7,7729
2020	18972824	-5,3071
2021	22008764	16,001
$\Sigma\%P$		20,5905
i		0,0514

Untuk perkiraan impor pada tahun 2026 dapat dilakukan perhitungan secara dengan menggunakan metode *discounted*.

$$m = P (1 + i)^n$$

Dimana:

- m = Jumlah Produk pada tahun yang diperhitungkan
- P = Jumlah Produk pada tahun pertama
- i = Pertumbuhan rata – rata pertahun
- n = Selisih tahun yang di perhitungkan

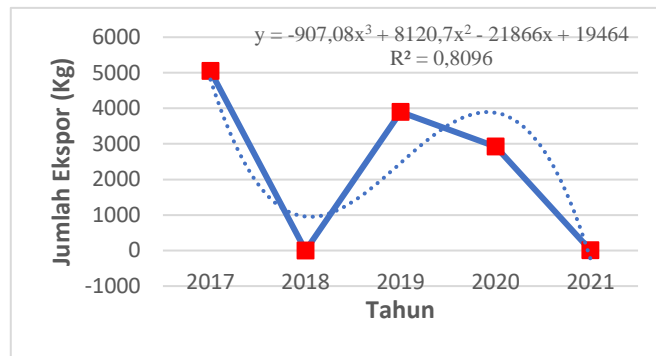
Dari perhitungan yang dilakukan m untuk impor pada tahun 2026 sebesar 28.287.421 kg atau 28287,421 ton.

## 2. Data Ekspor Kalium Hidroksida

Tabel 1.3 Data Ekspor Kalium Hidroksida

<b>Data Ekspor Kalium Hidroksida</b>	
<b>Tahun</b>	<b>Kg/Tahun</b>
2017	5.050,00
2018	5.050,00
2019	3.894,25
2020	2.918,50
2021	2,00

Berdasarkan data pada tabel diatas, maka kapasitas perancangan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:



Dari grafik diatas dapat diperoleh perkiraan perhitungan kapasitas, sehingga dapat ditentukan untuk kapasitas produksi pabrik menggunakan metode pertumbuhan rata – rata per tahun yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.4 Pertumbuhan Rata-rata Ekspor Per tahun

Data Pertumbuhan Ekspor		
Tahun	Kg/Tahun	%P
2017	5.050,00	-
2018	5.050,00	0
2019	3.894,25	-22,88613861
2020	2.918,50	-25,05617256
2021	2,00	-99,93147165
$\Sigma\%P$		-147,874
i		-0,36968

Untuk memperkirakan impor pada tahun 2026 dapat dilakukan perhitungan secara dengan menggunakan metode *discounted*.

$$m = P (1 + i)^n$$

Dimana:

m = Jumlah Produk pada tahun yang diperhitungkan

P = Jumlah Produk pada tahun pertama

i = Pertumbuhan rata – rata pertahun

n = Selisih tahun yang di perhitungkan

Dari perhitungan yang dilakukan untuk ekspor pada tahun 2026 sebesar 0,19898488 kg atau 0,00019898488 ton.

Dari data yang didapatkan kita bisa menghitung untuk kapasitas produksi untuk pabrik Kalium Hidroksida pada tahun 2026 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

(Kusnarjo, 2010)

Keterangan:

- $m_1$  = Nilai Impor pada tahun pabrik didirikan
- $m_2$  = Produksi Pabrik dalam Negeri
- $m_3$  = Kapasitas Pabrik yang akan didirikan
- $m_4$  = Nilai Ekspor pada tahun pabrik didirikan
- $m_5$  = Nilai Konsumsi dalam Negeri

Sehingga peluang kapasitas produksi pada tahun 2026 adalah:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3(\text{Peluang}) = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3(\text{Peluang}) = (0,19898488 + 28.287.421)$$

$$m_3(\text{Peluang}) = 28.287.421,46$$

Untuk  $m_5$  (nilai konsumsi) diasumsikan sama dengan impor dikarenakan Nilai impor tersebut bisa dikatakan/disamakan dengan konsumsi kalium hidroksida di dalam negeri, sedangkan untuk nilai produksi dalam negeri bisa diasumsikan sebagai nilai ekspor dikarenakan nilai ekspor tersebut bisa dikatakan ada perusahaan dalam negeri yang memproduksi kalium hidroksida. Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan kapasitas produksi untuk Pabrik Kalium Hidroksida yang akan didirikan pada tahun 2026 yaitu sebesar 28.287.421,46 kg/tahun, menurut kusnarjo,2010 jika ada perusahaan yang serupa hasil kapasitas dikali dengan 60%, didapatkan kapasitas kalium hidroksida yang sebenarnya sebesar 16.972.450 kg/tahun atau 16.972,45 ton/tahun  $\approx$  17.000 ton/tahun dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhankalium hidroksida di indonesia dan penambahan jumlah ekspor untuk negara lain.