



# Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

## BAB II

### PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

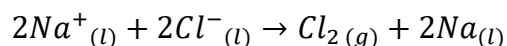
#### II.1 Macam Proses

Pembuatan klorin dapat dilakukan menggunakan beberapa metode dan bahan baku. Terdapat 4 macam proses untuk menghasilkan klorin, yaitu sebagai berikut :

1. Proses elektrolisis lelehan NaCl
2. Proses elektrolisis MgCl<sub>2</sub>
3. Proses *Weldon*
4. Proses elektrolisis NaCl

##### II.1.1 Proses Elektrolisis Lelehan NaCl

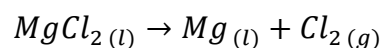
Pembuatan klorin lalui proses elektrolisis lelehan NaCl memiliki reaksi elektrolisis sebagai berikut :



NaCl padat dilelehkan, kemudian lelehan NaCl dimasukkan ke dalam reaktor sel elektrolisis. Lelehan NaCl akan dialiri arus listrik searah (DC), sehingga akan menguraikan NaCl menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Proses reaksi ini berlangsung pada suhu yang tinggi, yaitu 810°C. Pada saat elektrolisis berlangsung, ion-ion Na<sup>+</sup> akan bergerak ke arah katoda, kemudian mengendap dan menempel pada katoda, sedangkan ion-ion Cl<sup>-</sup> akan membentuk gas Cl<sub>2</sub> pada anoda.

##### II.1.2 Proses Elektrolisis MgCl<sub>2</sub>

Pembuatan klorin melalui proses elektrolisis MgCl<sub>2</sub> memiliki reaksi elektrolisis sebagai berikut :



Proses reaksi ini berlangsung secara endotermis dengan menggunakan reaktor elektrolisis. Suhu operasi reaksi berkisar antara 670-730°C dengan tekanan 1 atm. Pada saat elektrolisis berlangsung, ion-ion Mg<sup>2+</sup> akan bergerak ke arah



## Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

katoda yang pada akhirnya membentuk pasta yang dapat dicetak, sedangkan ion  $Cl^-$  akan membentuk gas  $Cl_2$  pada anoda.

### II.1.3 Proses *Weldon*

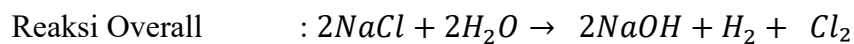
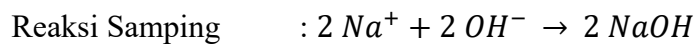
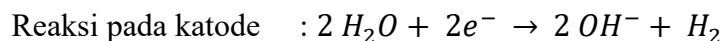
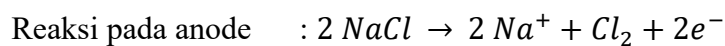
Pembuatan klorin melalui proses *Weldon* dilakukan dengan cara mereaksikan mangan dioksida dengan asam klorida pada suhu 100-110°C. Reaksi pembuatan klorin menggunakan proses *weldon* adalah sebagai berikut :



Mangan klorida yang dihasilkan dapat didaur ulang untuk meningkatkan konversi reaksi. Pada proses ini, sebagian dari mangan dan sebagian dari klorin akan hilang menjadi senyawa  $MnCl_2$  (O'Brien, 2005).

### II.1.4 Proses Elektrolisis NaCl

Pembuatan klorin melalui proses Elektrolisis NaCl dilakukan dengan cara mengelektrolisis NaCl yang terlarut dalam air pada suhu 30°C. Reaksi pembuatan klorin menggunakan proses ini adalah sebagai berikut :



Didalam reaktor, larutan NaCl akan dialiri arus listrik searah (DC), sehingga akan menguraikan NaCl menjadi  $Na^+$  dan  $Cl^-$ . Pada saat elektrolisis berlangsung, ion-ion  $Na^+$  akan bergerak ke arah katoda, kemudian mengendap dan menempel pada katoda, sedangkan ion-ion  $Cl^-$  akan membentuk gas  $Cl_2$  pada anoda. Reaksi ini menghasilkan klorin, gas hidrogen dan juga natrium hidroksida sebagai produk samping dan dapat dijual atau dimanfaatkan kembali (Keyes, 1975).

Berdasarkan metode pencegahan analit serta katolir, proses pembuatan klorin dibedakan menjadi :

1. Teknologi sel diafragma
2. Teknologi sel membran
3. Teknologi sel merkuri



## **Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”**

---

### **1. Teknologi sel diafragma**

Sel diafragma merupakan teknologi yang dikembangkan dari teknologi sel merkuri. Diafragma berfungsi sebagai penyekat agar anoda dan katoda tidak bercampur. Diafragma ini terbuat dari serat yang berpori yang 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 sempurna (Basile, 2013).

### **2. Teknologi sel Membran**

Sel membran merupakan pengembangan dari teknologi sel diafragma yang masih kurang sempurna. Efisiensi penggunaan sel membran tergolong cukup tinggi mencapai 95%. Kelebihan yang dimiliki sel membran yaitu gas klorin yang dihasilkan lebih besar namun sebanding dengan kemurnian umpan garam yang tinggi. Pada aplikasi membran untuk elektrolisis larutan garam, membran harus tahan dalam waktu yang lama dalam elektrolit kimia yang agresif, dan harus memiliki resistensi elektrik yang rendah dan kokoh secara fisik. Membran yang digunakan harus membiarkan ion  $\text{Na}^+$  lewat tapi harus dapat menahan ion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{OH}^-$ . Spesifikasi berikut dapat dipenuhi dengan menggunakan membran *perfluoro-sulfonic acid*, yang memiliki nama dagang Nafion (Basile, 2013).



## Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

### II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dibandingkan antara kelebihan dan kekurangan dari proses pembuatan klorin sebagai berikut :

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pmebutatan Klorin

Parameter	Elektrolisis Lelehan NaCl	Elektrolisis MgCl <sub>2</sub>	Proses Weldon	Elektrolisis NaCl Sel Membran	Elektrolisis NaCl Sel Diafragma
Bahan Baku	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub> HCl	Nacl H <sub>2</sub> O	Nacl H <sub>2</sub> O
Suhu Proses	800-810°C	670-730°C	100- 110°C	30°C	30°C
Proses	Sederhana	Sederhana	Kompleks	Sederhana	Sederhana
Produk Samping	-	-	MnCl <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> NaOH	H <sub>2</sub> NaOH

Dari uraian pembuatan klorin yang telah dijelaskan, maka proses yang paling efisien dan efektif adalah pembuatan klorin dari NaCl dengan proses Elektrolisis NaCl sel membran. Keuntungan dari proses ini antara lain:

1. Bahan baku yang digunakan dapat dengan mudah didapat di Indonesia.
2. Suhu Operasi yang jauh lebih rendah sehingga dapat menghemat energi yang digunakan.
3. Kemurnian produk yang lebih tinggi
4. Proses yang lebih sederhana dibandingkan proses lain.
5. Menghasilkan produk samping yang memiliki nilai ekonomi.



## Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

---

### II.3 Uraian Proses

Pada Pra Rancangan Pabrik ini, produksi Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) dari Garam ( $\text{NaCl}$ ) dengan menggunakan proses elektrolisis dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Pre-Treatment
2. Tahap Reaksi (*Reaction Step*)
3. Tahap Pemurnian (*Purification Step*)

Uraian proses pada pembuatan klorin adalah sebagai berikut :

1. Tahap Pre-Treatment

Garam yang merupakan bahan baku yang didapatkan dari PT.UNIChem Candi Indonesia dilarutkan dengan air di dalam tangki pelarutan menjadi konsentrasi 30%. Larutan garam kemudian di panaskan menggunakan *heater*, lalu diumpankan ke dalam reaktor dengan kondisi suhu  $85^\circ\text{C}$  tekanan 1 atm.

2. Tahap Reaksi

Larutan garam yang telah dimurnikan dimasukkan kedalam reaktor. Pertama-tama larutan akan memasuki bagian anode dimana gas klorin akan terbentuk. Anode yang digunakan adalah anode berbahan baku graphite yang dialiri listrik sebesar 1.000 – 1.600 ampere dan 3,3-3,5 volt per cell.  $\text{Na}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang tidak terserap di anode akan melewati diafragma yang tidak bisa ditembus oleh gas  $\text{Cl}^-$  dan akan memasuki ruangan katode yang menggunakan katode berjenis Graphite. Di dalam ruang katode,  $\text{H}^-$  akan menempel pada katode dan membentuk gas hidrogen, larutan yang tersisa akan menjadi Natrium Hidroksida akibat adanya reaksi penguraian  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{NaCl}$  yang menyisakan beberapa  $\text{H}^-$ ,  $\text{Na}^+$  dan juga  $\text{O}_2$  sehingga bereaksi menjadi  $\text{NaOH}$ . Katode dialiri listrik sebesar 7000 ampere. Produk Klorin yang berada di anode kemudian dialirkan menuju *cooler* 1 untuk masuk ke tahap pemurnian. Produk gas Hidrogen dialirkan ke *cooler* 2 sebelum ke tangki



## **Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Klorin dari Natrium Klorida dengan Proses Elektrolisis Sel Membran Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”**

---

penyimpanan. Sedangkan produk NaOH akan masuk ke Evaporator untuk dipisahkan menjadi konsentrasi 50%.

### **3. Tahap Pemurnian**

Produk utama yaitu  $Cl_2$  dan juga produk samping  $H_2$  diturunkan suhunya terlebih dahulu menggunakan *cooler* menjadi  $35^{\circ}C$ . Untuk Klorin, sebelum disimpan dalam tangki penyimpanan perlu dilakukan pemurnian dengan menggunakan *Molecular Sieve* hingga menjadi konsentrasi 99,9%. Apabila uap air yang terkandung dalam produk tidak dihilangkan akan mengakibatkan dinding tangki mengalami korosi. Pada produk gas hidrogen tidak perlu dilakukan pemurnian sebelum disimpan di dalam tangki penyimpanan, sebab kemurnian gas hidrogen hasil elektrolisis cukup tinggi mencapai 99,9%, sehingga hanya perlu didinginkan suhunya terlebih dahulu menggunakan *cooler*. Proses pemurnian NaOH dilakukan dengan cara menguapkan air yang keluar bersamaan dengan NaOH dari katode menggunakan Evaporator sampai didapatkan konsentrasi 50% kemudian disimpan di tangki penyimpanan.