



## BAB II

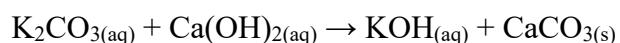
### URAIAN DAN SELEKSI PROSES

#### II.1 Macam Proses

Kalium hidroksida dapat dibuat menggunakan 2 macam proses yaitu pembuatan kalium hidroksida menggunakan proses boiling dan proses elektrolisis. Setiap proses memiliki kelebihan serta kekurangan. Berikut macam-macam proses kalium hidroksida

##### 1. Proses Boiling

Pembuatan kalium hidroksida menggunakan proses boiling yaitu dengan menambahkan kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ) serta kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) yang kemudian dimasukkan ke dalam tangki pencampuran hingga menghasilkan larutan jenuh. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan agar air yang terkandung dalam larutan dapat teruapkan sehingga akan menghasilkan larutan kalium hidroksida (KOH) dan terdapat endapan kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ). Reaksi yang digunakan pada proses boiling yaitu reaksi metatesis yang dilakukan pada suhu 105°C serta pada tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Larutan yang tersisa setelah dilakukan proses boiling kemudian dimasukkan ke dalam precipitator yang akan dilakukan proses pemisahan antara padatan dan cairan. Lalu dilakukan proses filtrasi dengan tujuan padatan yang masih terdapat pada larutan akan terpisah. Larutan yang telah difiltrasi mengandung kalium hidroksida dan air, perlu proses penguapan untuk menghilangkan kadar air sehingga kalium hidroksida yang dihasilkan memiliki konsentrasi 45-50%.

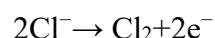
##### 2. Proses Elektrolisis

Proses elektrolisis yang digunakan untuk menghasilkan kalium hidroksida menggunakan bahan baku kalium klorida (KCl) serta air ( $H_2O$ ). Pemilihan bahan baku menggunakan KCl yaitu agar KOH yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi serta tidak perlu melakukan proses

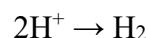
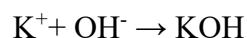
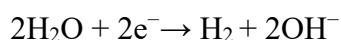


pendahuluan terlebih dahulu agar impuritas yang dihasilkan tidak banyak sehingga kemurnian KOH menjadi lebih tinggi. Proses elektrolisis dilakukan dengan mencampurkan KCl dan H<sub>2</sub>O ke dalam tangki pelarutan, setelah bahan tercampur kemudian dimasukkan ke dalam reaktor elektrolisis. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Anoda:



Katoda:



Reaksi keseluruhan:



Proses elektrolisis menghasilkan KOH yang memiliki konsentrasi yang lebih tinggi daripada menggunakan proses boiling. Sehingga proses elektrolisis sering digunakan pada industri kimia. Produk samping pada proses elektrolisis yaitu gas hidrogen dan gas klorin. Pada pemisah katoda dan anoda menggunakan membran semipermeabel. Membran ini terbuat dari bahan *hydrolyzed copolymer* seperti *perfluoro olefin* dan *fluorosulfonated perfluoro vinyl*. Membran semipermeabel hanya dapat mengizinkan ion K<sup>+</sup> agar dapat melewati, serta mencegah ion Cl<sup>-</sup> melewati membran menuju katoda dan mencegah ion OH<sup>-</sup> untuk melewati sel membran dan menuju anoda. Sehingga pada katoda dapat terjadi pembentukan KOH serta pada anoda terdapat ion Cl<sup>-</sup> yang dapat keluar menjadi gas Cl<sub>2</sub>. Dengan menggunakan membran semipermeabel dapat menghasilkan KOH yang memiliki kemurnian lebih tinggi apabila dibandingkan dengan menggunakan sel diafragma. Pada proses elektrolisis terdapat berbagai macam sel pemisah pada reaktor elektrolisis. Berikut beberapa macam sel pemisah yang digunakan:

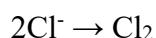
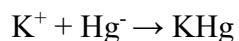
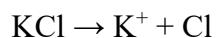


- a) Elektrolisis KCl menggunakan sel diafragma

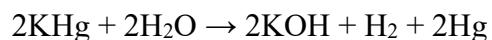
Sel diafragma digunakan dengan tujuan agar *anolyte* dan *catholyte* tidak akan bercampur selama larutan berada pada reaktor elektrolisis. Sel diafragma biasanya dibuat menggunakan bahan asbestos. Sel diafragma dapat menjaga agar level *anolyte* lebih tinggi daripada level *catholyte*. Sehingga ion  $\text{K}^+$  dapat berpindah dan berikatan dengan ion  $\text{OH}^-$  dan dapat mencegah ion  $\text{H}^+$  menuju anoda dan berikatan dengan ion  $\text{Cl}^-$  sehingga terbentuk  $\text{HCl}$  yang dapat mengurangi arus pada katoda sehingga mempengaruhi efisiensi pada produk yang dihasilkan.

- b) Elektrolisis KCl menggunakan sel merkuri

Pada elektrolisis dengan menggunakan merkuri menggunakan dua alat utama yaitu *electrolyzer* dan dekomposer. Pada *electrolyzer* terjadi reaksi sebagai berikut:



Pada katoda terjadi pembentukan amalgam  $\text{K-Hg}$  yang akan menuju dekomposer agar dapat mengionisasi ion  $\text{K}^+$  dan dapat mengikat ion  $\text{OH}^-$  sehingga membentuk senyawa  $\text{KOH}$ . Pada dekomposer gas  $\text{H}_2$  terbentuk dan  $\text{Hg}$  akan terendapkan sebelum diresirkulasi menuju *electrolyzer*. Pada dekomposer terjadi reaksi sebagai berikut:



Pada proses elektrolisis menggunakan sel merkuri menghasilkan konsentrasi  $\text{KOH}$  sebesar 50% tanpa adanya proses evaporasi.



## c) Elektrolisis KCl menggunakan membran sel

Cara kerja elektrolisis menggunakan membran sel sama halnya dengan elektrolisis menggunakan diafragma sel. Membran sel yang digunakan yaitu membran semipermeabel yang memiliki fungsi sebagai penukar ion sehingga level pada *anolyte* tidak perlu dijaga agar lebih tinggi daripada *catholyte*. Membran semipermeabel dapat meloloskan ion  $K^+$  menuju *catholyte* dan menahan ion  $OH^-$  agar tidak masuk menuju *anolyte*.

(O'Brien, 2005)

## II.2 Seleksi Proses

Dari beberapa proses tersebut, dipilih proses elektrolisis dengan sel membran dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses elektrolisis dengan sel membran tidak menggunakan bahan berbahaya seperti merkuri yang dapat merusak lingkungan.
2. Biaya operasional yang lebih murah daripada menggunakan sel lain.
3. Energi yang dibutuhkan lebih rendah dengan efisiensi arus yang sama dengan proses lain.
4. Tidak perlu menjaga level *anolyte* dan *catholyte*.

Pertimbangan tersebut diambil berdasarkan batasan-batasan perbandingan antara proses satu dengan yang lainnya. Perbandingan tersebut diantaranya:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Kalium Hidroksida

Parameter	Proses	
	Boiling	Elektrolisis
Bahan Baku Utama	$K_2CO_3$ dan $CaO$	$KCl$
Bahan Baku Pembantu	$Ca(OH)_2 \cdot H_2O$	$H_2O$
Produk Samping	$CaCO_3$	$H_2, C_2$
Proses	Pelarutan dan Pengendapan	Pemisahan dan Elektrolisa
Suhu Operasi	$105^\circ C$	$60^\circ C - 90^\circ C$
Konversi	45-50%	90%

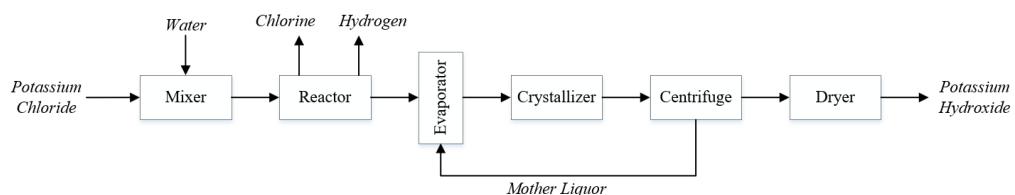


Tabel II. 2 Perbandingan pada Proses Elektrolisis

Jenis Sel	Sel Diafragma	Sel Merkuri	Sel Membran
Senyawa Tambahan	-	Hg	-
Alat Utama	<i>Electrolyzer</i>	<i>Electrolyzer</i> dan decomposer	<i>Elektrolyzer</i>
Kondisi Operasi	90°C, 1 atm	90°C, 1 atm	90°C, 1 atm

### II.3 Uraian Proses Terpilih

Pada proses perancangan pabrik kalium hidroksida dengan menggunakan bahan baku kalium klorida dan air terdapat beberapa macam uraian proses seperti tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi dan tahap peningkatan kualitas. Berikut uraian prosesnya:



Gambar II. 1 Diagram Alir Produksi Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida dengan Proses Elektrolisis

#### II.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

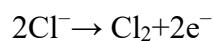
Bahan baku yang digunakan pada perancangan pabrik kalium hidroksida yaitu kalium klorida dan air. Kalium klorida berupa padatan yang disimpan pada gudang penyimpanan bahan baku yang memiliki suhu 30°C, akan dimasukkan ke dalam tangki pelarutan menggunakan *bucket elevator*. Kalium klorida didapatkan melalui hasil impor dari China, Hebei Yaheng Import Export Co., Ltd dengan kemurnian sebesar 96,5%. Bahan baku lain yaitu berupa air yang diperoleh dari proses utilitas. Bahan-bahan yang telah masuk ke dalam tangki pelarutan, selanjutnya dicampur hingga homogen sehingga diperoleh larutan KCl dengan konsentrasi 30%. Setelah larutan KCl terbentuk selanjutnya dialirkan menuju reaktor elektrolisis.



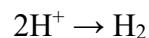
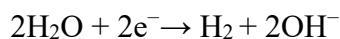
### II.3.2 Tahap Reaksi

Reaktor elektrolisis beroperasi secara isotermal dengan kondisi operasi yaitu 1 atm dengan suhu 90°C. Reaktor ini menggunakan jaket pemanas yang dialiri steam. Reaktor elektrolisis yang digunakan menggunakan membran semipermeabel yang dapat memisahkan *anolyte* dan *catholyte*. Larutan KCl terionisasi menjadi ion K<sup>+</sup> dan ion Cl<sup>-</sup> yang terjadi di *anolyte*. Selanjutnya ion K<sup>+</sup> akan melewati membran sel menuju *catholyte*. H<sub>2</sub>O pada *catholyte* akan terionisasi menjadi ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup>. Selanjutnya ion OH<sup>-</sup> akan berikatan dengan ion K<sup>+</sup> sehingga akan terbentuk KOH. Ion H<sup>+</sup> pada *catholyte* dijaga agar tidak berpindah dan berikatan dengan ion Cl<sup>-</sup> yang akan membentuk HCl yang dapat membahayakan reaktor elektrolisis karena HCl bersifat asam kuat yang menyebabkan korosi pada reactor serta HCl dapat mengubah komposisi elektrolit dan menghambat reaksi utama, sehingga efisiensi proses elektrolisis menurun. Ion H<sup>+</sup> pada katoda tergabung dan menghasilkan gas hidrogen H<sub>2</sub>. Ion Cl<sup>-</sup> pada anoda bergabung dan membentuk gas klorin Cl<sub>2</sub>. Reaksi pada reaktor elektrolisis sebagai berikut:

Reaksi pada anoda:



Reaksi pada katoda:



Reaksi keseluruhan:



Reaksi tersebut berlangsung secara endotermis. Sehingga dibutuhkan jaket pemanas untuk menjaga kondisi operasional reaktor yaitu 90°C dan memiliki tekanan 1 atm. Jaket pemanas diletakkan pada luar dan menyelimuti reaktor elektrolisis, panas pada jaket tersebut dihasilkan dari steam yang dialirkan menuju jaket pemanas. Produk yang keluar pada reaktor elektrolisis memiliki kondisi operasional yang sama. Produk utama berupa kalium hidroksida (KOH), dengan



produk samping berupa gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ) dan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Produk samping berupa gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ) dilakukan penanganan produk terlebih dahulu sebelum dijual pada industri kimia. Gas klorin setelah keluar dari reaktor elektrolisis pada suhu 90°C menuju kompresor untuk dinaikkan tekanannya menjadi 11 atm. Gas klorin selanjutnya dikondensasi untuk mengubah fase nya dari gas menjadi cair dengan kondisi operasional yaitu suhu 35°C dengan tekanan 11 atm. Gas klorin yang telah berubah fase menjadi cairan selanjutnya disimpan ke dalam tangki penyimpanan klorin cair. Produk samping lainnya yaitu berupa gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) menuju kompresor untuk dinaikkan tekanannya menjadi 28 atm. Gas hidrogen kemudian didinginkan hingga suhu 35°C selanjutnya disimpan ke dalam tangki penyimpanan hidrogen.

### II.3.3 Tahap Peningkatan Kualitas

Kalium hidroksida yang keluar dari reaktor elektrolisis selanjutkan akan dipompa menuju menuju evaporator untuk meningkatkan kualitas. Kalium hidroksida akan menuju bagian *tube*, sedangkan steam masuk menuju *shell*. Kalium hidroksida yang keluar dari evaporator memiliki kemurnian sebesar 64% yang selanjutnya menuju *crystallizer* untuk dilakukan pengkristalan pada kalium hidroksida melalui pompa terlebih dahulu. *Crystallizer* yang digunakan memiliki kondisi operasi 30°C dengan tekanan 1 atm. Kalium hidroksida yang keluar dari *crystallizer* berupa *slurry* yang selanjutnya menuju centrifuge untuk memisahkan kristal dan cairan. *Centrifuge* yang digunakan yaitu *disk bowls centrifuge* dengan kondisi operasi 30°C dan tekanan 1 atm. Cairan hasil pemisahan pada *centrifuge* direcycle menuju evaporator I. Padatan yang keluar dari *centrifuge* selanjutnya menuju *rotary dryer* untuk dilakukan pengeringan menggunakan udara kering yang memiliki suhu 100°C. Setelah dari *rotary dryer* menuju ke *cooling screw conveyor* dengan tujuan dapat mendinginkan produk kalium hidroksida dengan suhu 30°C. Kalium hidroksida selanjutnya menuju bin kalium hidroksida sebelum dilakukan pengemasan dan menuju gudang penyimpanan produk. Produk kalium hidroksida yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 98%.