

**BAB II****SELEKSI DAN URAIAN PROSES****II.1 Macam – Macam Proses**

Secara Umum, terdapat macam – macam produksi kalium sulfat dapat sebagai berikut :

1. Dekomposisi KCl dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
2. Dekomposisi KCl dengan  $\text{MgSO}_4$
3. Dekomposisi KCl dengan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
4. Proses Hargreaves yaitu mereaksikan gas  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  dengan KCl
5. Proses Mannheim yaitu mencampur langsung KCl dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$
6. Pemurnian sumber sulfat alami seperti langbeinite dan kainite

**II.1.1 Dekomposisi KCl dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$** 

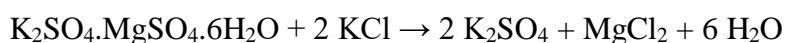
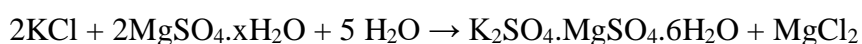
Pembuatan Kalium Sulfat dari Bahan baku ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dan Kalium klorida terjadi 2 reaksi. Untuk reaksi pertama menghasilkan produk intermediet glaserite ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3 \text{K}_2\text{SO}_4$ ). Selain itu digunakan juga potassium chloride (KCl) dalam bentuk larutan pada temperatur 20 – 25°C. Umpan KCl,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , dan recycle mother liquor yang mengandung kristal glaserite  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$  dan KCl, serta kondensat hasil kondensasi dari uap evaporator diumpankan ke reaktor. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



(Wiley-VCH : 52)

**II.1.2 Dekomposisi KCl dengan  $\text{MgSO}_4$** 

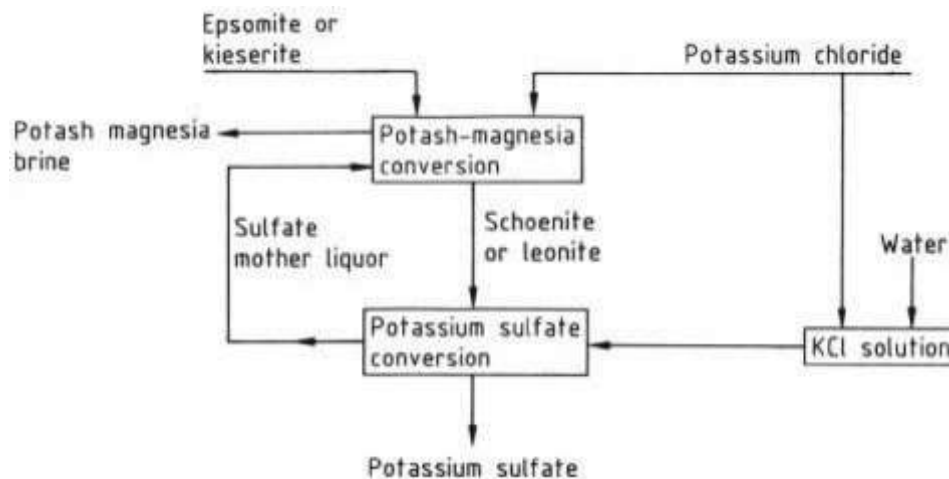
Reaksi yang terjadi:





Proses produksi  $K_2SO_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $MgSO_4$  terdiri dari dua tahap konversi, yakni magnesium sulfat bereaksi dengan sylvite (KCl) membentuk schoenite ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ ) terlebih dahulu membentuk produk akhir yaitu  $K_2SO_4$ . Proses ini menghasilkan yield dari kalium 68% dan yield sulfat 83,7 %.

Pada reaksi pertama, disebut sebagai tahap potash – magnesia, schoenite diproduksi dari pengadukan epsomite padat atau kieserite yang ditumbuk halus dengan KCl dalam mother liquor yang direcycle pada tahap kedua. Hasil suspensi difiltrasi di dalam rotary filter yang mengandung magnesium klorida 180 – 200 g/L dan produk kristal. kemudian direaksikan kembali pada suhu reaksi 35 – 40 °C dengan larutan KCl masuk pada suhu 70°C. produk yang dihasilkan padatan kalium sulfat.

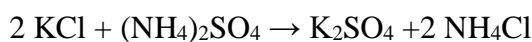


Gambar II.1. Diagram alir  $K_2SO_4$  dengan dekomposisi KCl dan  $MgSO_4$

(Wiley-VCH : 49)

### II.1.3. Dekomposisi KCl dengan $(NH_4)_2SO_4$

Reaksi yang terjadi:



Kalium sulfat dihasilkan dari mereaksikan ammonium sulfat dan kalium klorida pada suhu 30 – 40 °C. Produk berupa slurry yang mengandung double salt



---

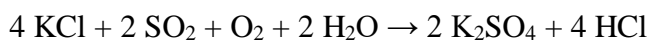
$K_2SO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$ , dan kemudian direaksikan kembali dengan larutan encer yang mengandung kalium klorida pada suhu sekitar 30 celcius untuk menghasilkan slurry yang mengandung kalium sulfat. Slurry dipisahkan pada proses pemisahan padat - cair sehingga didapatkan Kristal  $K_2SO_4$  dengan ukuran sekitar 20 – 150 mesh.

(Mubarak, 2018)

#### II.1.4. Proses Hargreaves

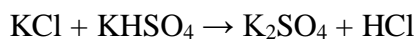
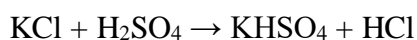
Dalam proses ini KCl dikeringkan, diayak, dan diumpankan ke chamber reaksi. Gas  $SO_2$  panas dari Sulfur burner direaksikan dengan uap air dan udara (kondisi excess) di masukan ke dalam converter secara batch dan counter-current.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

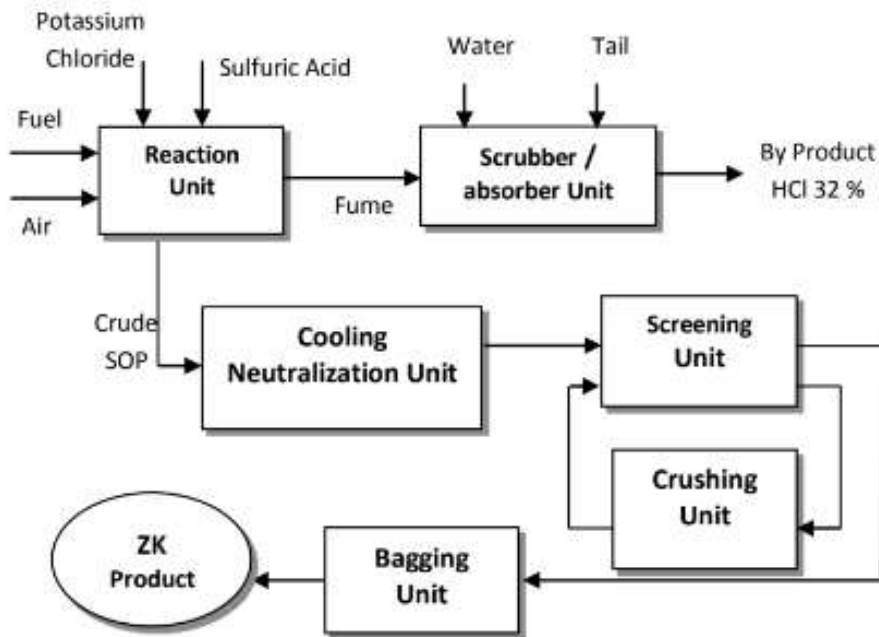


#### II.1.5. Proses Mannheim dengan Mencampur Langsung KCl dengan $H_2SO_4$

Proses Mannheim semula digunakan untuk memproduksi natrium sulfat. Proses ini menggunakan furnace Mannheim yang berupa bejana silindris yang memiliki 2 ruang bakar, yaitu combustion chamber dan reaction chamber. Temperatur operasi furnace Mannheim adalah sebesar  $600^\circ C - 700^\circ C$ . Reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi tahap pertama bersifat eksotermis dan terjadi pada temperatur yang rendah, sedangkan reaksi tahap kedua bersifat endotermis dan berlangsung pada temperatur  $550 - 600^\circ C$ . Produk  $K_2SO_4$  selanjutnya didinginkan di cooling drum. Residu  $H_2SO_4$  dinetralkan dengan penambahan  $Ca(OH)_2$  dan  $CaCO_3$  sedangkan by-product HCl yang terbentuk didinginkan di graphite heat exchanger dan selanjutnya dilakukan absorpsi 2 tahap dengan air.



Gambar II. 2 Diagram alir proses mannheim

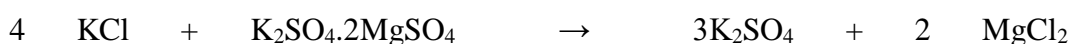
Secara umum, proses mannheim digunakan dalam mendirikan pabrik Kalium Sulfat. Tetapi proses mannheim memiliki beberapa kerugian :

1. Membutuhkan biaya produksi tinggi
2. Suhu reaksi tinggi ( $> 500^{\circ}\text{C}$ )
3. Banyak problem pada material ( korosi, dll)

(Mubarak, 2018)

### II.1.6 Pemurnian Sumber Sulfat Alami seperti Langbeinite dan Kainite

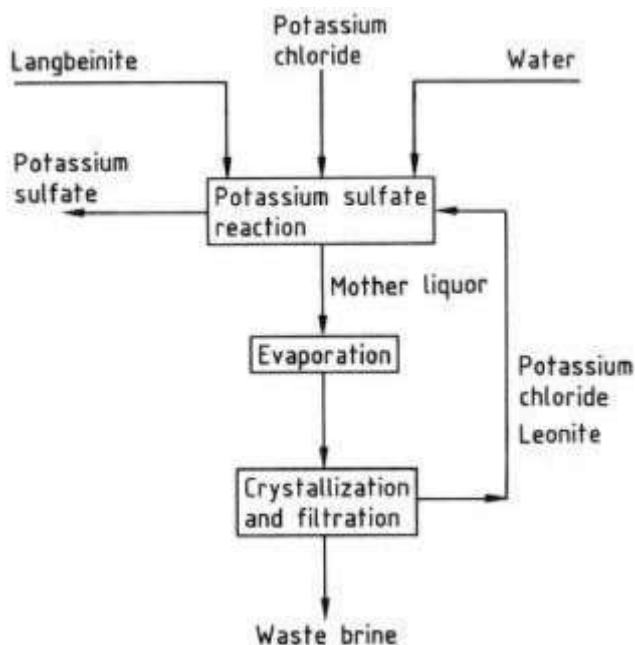
Dasar pemurnian proses ini adalah reaksi kristal dan pertukaran ion. Proses pemurnian langbeinite dapat dilakukan dengan menggunakan Muriate of Potash (MOP) atau KCl dengan mencampurnya dengan langbeinite. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Bijih langbeinite dipisahkan dari KCl dan NaCl dengan pencucian selektif, pengapungan, dan penambahan agen pemisah. Selanjutnya bijih tersebut



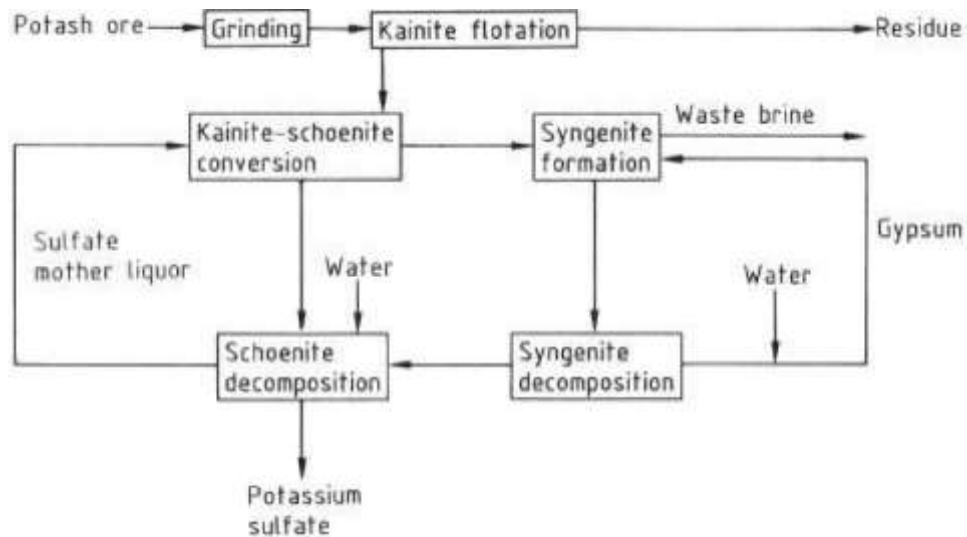
dihaluskan dengan ball mill dan dicampur dengan larutan MOP yang telah dilarutkan dan di-clarified terlebih dahulu pada unit terpisah. Produk kalium sulfat yang terbentuk berupa larutan garam dan kristal. Kristal dapat difiltrasi atau disentrifugasi kemudian dikeringkan, dan terakhir diayak untuk memperoleh ukuran produk yang sesuai. Sedangkan garam dapat dievaporasi, kristalisasi, dan terakhir difiltrasi. Campuran dari garam yang diperoleh dapat diumpankan kembali ke reaktor, sedangkan filtratnya dapat dibuang sebagai limbah.



Gambar II.3 Diagram alir produksi  $K_2SO_4$  dari langbeinite

(Wiley-VCH : 51)

Proses pemurnian bijih kainite yang hampir mirip dengan pemrosesan langbeinite. Kainite dihaluskan bersama garam recycle di ball mill dan hydroclassifier. Overflow akan menuju ke thickener dan filter utama sedangkan underflow diolah dengan flotasi dan filtrasi. Cake dari filter utama akan diumpankan ke reaktor schoenite dan cyclone. Setelah 2 tahap pemisahan, Schoenite diumpankan ke reaktor leaching dan kalium sulfat yang terbentuk dipisahkan di thickener lalu di sentrifugasi dan dikeringkan, sedangkan overflow thickener di-recycle kembali. Spesifikasi produk yang terbentuk juga cukup baik, yakni kadar  $K_2O$  minimal 50% dan kandungan chlorine kurang dari 1%.

Gambar II.4 Diagram alir produksi  $K_2SO_4$  dari kainite

(Wiley-VCH : 52)

## II.2 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses dipertimbangkan beberapa faktor seperti bahan baku yang digunakan, kondisi operasi, biaya bahan baku (perhitungan ekonomi kasar), dan harga pembuatan kalium sulfat/kg. Berdasarkan faktor-faktor tersebut diperoleh perbandingan proses kalium sulfat sebagai berikut :

Dari ketiga proses pembuatan kalium sulfat yang telah diuraikan di atas, maka dipilih proses pembuatan kalium sulfat dari ammonium sulfat dan kalium klorida. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah :

1. Konversi kalium sulfat cukup tinggi yaitu 93%.
2. Tidak menggunakan suhu yang sangat tinggi
3. Menghasilkan ukuran Kristal lebih besar dibandingkan dengan proses Mannheim.



Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Asam adipat

No	Proses Parameter	Dekomposisi Amonium Sulfat dengan Kalium Klorida	Mannheim	Dekomposisi natrium sulfat dan kalium klorida
1	Bahan Baku	Amonium Sulfat dan Kalium Klorida	Asam Sulfat dan Kalium Klorida	Natrium Sulfat dan Kalium Klorida
2	Kondisi operasi	T : 60 °C	T : 600 - 700 °C	T : 20 - 50 °C
3	Konversi	93 %	95 %	79%
4	Yield	79 %	95 %	73 %
5	Reaksi	Endotermis	Reaksi 1 : Ekotermis Reaksi 2 : Endotermis	Endotermis
6	Hasil samping	Ammonium klorida	HCl 32 %	NaCl
7	Utilitas	Steam, Listrik, Air	Steam, Listrik, Air, fuel oil	Steam, Listrik, Air

### II.3 Uraian Proses

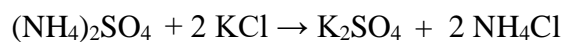
Pada pra rencana pabrik kalium sulfat ini, dapat dibagi menjadi 3 unit pabrik dengan pembagian berikut :

1. Unit pengendalian bahan baku
2. Unit reaksi
3. Unit pengendalian produk

Bahan baku ammonium sulfat dan kalium klorida dari gudang diumpankan menuju hopper dengan menggunakan belt conveyor dan bucket elevator . dari hopper menuju ke tangki pelarut dan ditambahkan air proses dari utilitas sebagai



pelarut . Pada tangki pelarut bahan dilarutkan hingga larutan jenuh dan proses pelarutan ini bersifat endotermis sehingga suhu proses pada suhu 30°C dijaga dengan penambahan jacket dengan media pemanas steam . Setelah keluar tangki pelarut, larutan ammonium sulfat dan kalium klorida jenuh dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 60 °C dengan heater Setelah itu, bahan dipompakan menuju Reaktor.. Setelah itu, bahan dipompakan menuju Reaktor. Reaktor beroperasi pada suhu 60 °C Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Reaksi ini bersifat endotermis sehingga dibutuhkan jacket dengan pemanas dari steam untuk menjaga suhu reactor.

Produk keluar reactor dipompakan menuju evaporator . Uap air yang keluar dari evaporator dialirkan kedalam kondensor untuk diubah dari fase uap menjadi fase liquid. Uap air yang terkondensasi kemudian ditampung. Lrutan kental yang keluar dari evaporator dipompa menuju crystallizer pada suhu 100°C. Media pendingin menggunakan air pendingin yang diambil dari unit utilitas. Produk keluar dari kristalizer diumpankan ke centrifuge untuk memisahkan antara kristal kalium sulfat dengan mother liquornya. Mother liquor yang terbentuk dibuang menuju ke pengolahan limbah (*wastewater treatment*).

Kristal kalium sulfat dibawa oleh screw conveyor menuju rotary dryer untuk dikurangi kadar airnya dengan bantuan udara panas yang dialirkan secara berlawanan arah, dimana udara panas berasal dari udara kering yang berasal dari udara bebas dihembuskan oleh blower kemudian dikurangi kadar air dari udara menggunakan molecular sieve bed dan udara kering dipanaskan dengan heater hingga mencapai suhu 120 °C. Udara panas dan padatan terikut kemudian dipisahkan pada cyclone, dimana udara panas diserap dengan air proses pada scrubber sebelum dibuang ke udara bebas dan ke pengolahan limbah cair, sedangkan padatan terpisah diumpankan bersamaan dengan produk dryer ke cooling conveyor untuk didinginkan sampai suhu kamar (30 °C).





Kristal kalium sulfat diumpahkan menggunakan bucket elevator menuju ball mill untuk diseragamkan ukuran partikelnya sebesar 100 mesh. Kristal kalium sulfat dari ball mill yang sudah seragam dibawa oleh screw conveyor lalu diumpahkan menggunakan bucket elevator dan belt conveyor menuju ke bagian pengemasan produk kalium sulfat.