



BAB II

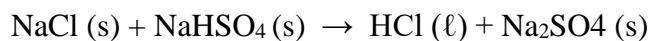
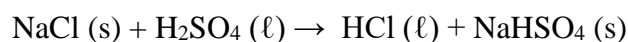
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Proses produksi HCl dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara :

1. Proses *Salt (Mannheim)*

Pada proses yang ini membutuhkan temperatur tinggi karena terjadi dua rekasi didalamnya, adapun reaksinya di bawah ini :



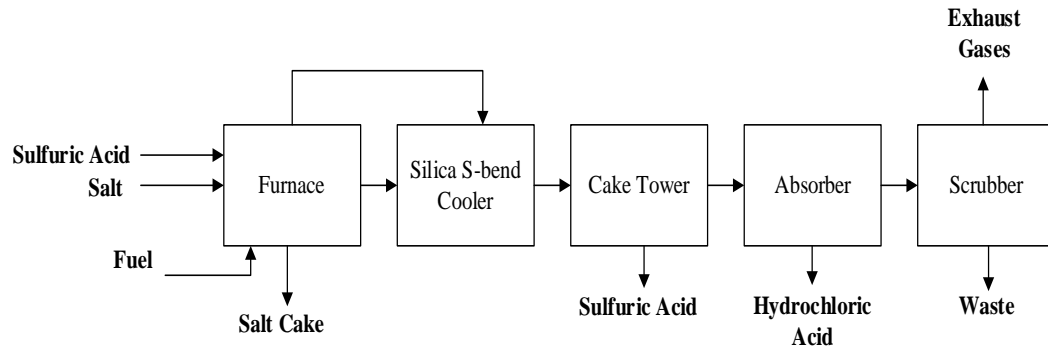
Pada proses ini HCl diperoleh dengan mereaksikan natrium klorida dengan asam sulfat, dimana suhu yang dibutuhkan cukup tinggi sekitar 500-840 °C. Suhu yang tinggi ini proses *mannheim* dinilai kurang efisien secara energi karena energi yang dibutuhkan untuk suhu yang tinggi akan sangat besar yaitu menggunakan sekitar setengah barel minyak per ton sulfat. Selain itu sulfat yang diperoleh dari reaksi tersebut mengandung beberapa persen pengotor klorida, sedangkan HCl diemisikan sebagai campuran dengan konsentrasi rendah yaitu - 10% yang dikombinasikan dengan gas hasil pembakaran. HCl dengan konsentrasi rendah dapat dikonversi menjadi HCl encer biasanya 30-33% HCl dalam proses tambahan (US. Patent, No 7,887,776 B2, 2011)

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah garam NaCl dan asam sulfat dengan viskositas 60°Be yang diumpankan ke *furnace* pada suhu 843°C dilengkapi dengan pengaduk jenis *rake*. Produk atas *furnace* ini berupa gas HCl dengan suhu keluar dari *furnace* 840°C, kemudian diumpankan ke silica *S-bend cooler* untuk proses pendinginan sampai suhu 38°C, sedangkan produk bawah berupa endapan garam sodium sulfate. Produk atas berupa gas kemudian diumpankan ke *coke tower* untuk menghilangkan asam sulfat yang terkandung dalam gas. Gas HCl kemudian diserap dengan air proses melalui *absorber*, sehingga didapat konversi 30-60%. Gas HCl yang tidak terserap kemudian



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik HCl Dari Hidrogen Dan Klorin Dengan Proses Direct Synthetic
Hydrogen And Chlorine Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”

diolah pada *scrubber* sebelum dibuang ke udara bebas. Berikut ini terdapat *flowsheet* dasar proses *Salt (Mannheim)* :



Gambar II. 1 *Flowsheet* dasar Proses *Salt (Mannheim)*

(Faith, 1957, Hal. 426)

2. Proses *Hargreaves*

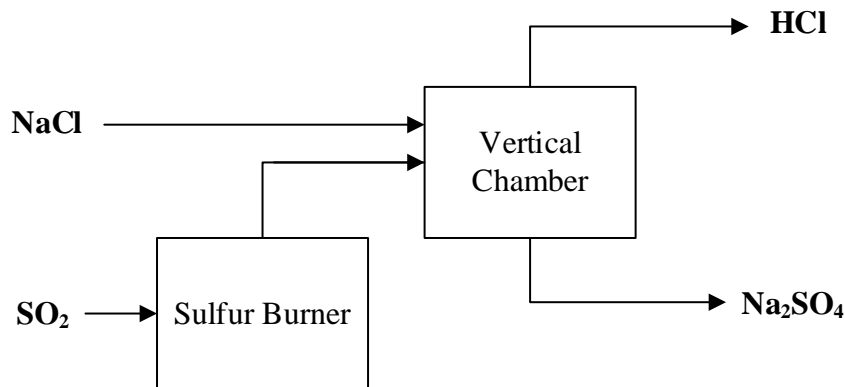
Pada proses ini bahan baku yang dibutuhkan adalah garam, SO₂, udara, dan air dengan reaksi di bawah ini :



Proses reaksi *Hargreaves* bersifat endotermik sehingga reaktan yang masuk harus dinaikkan temperaturnya antara 538°C. Bahan baku NaCl diumpankan ke vertical chamber reaksi. Gas SO₂ panas dari sulfur burner direaksikan dengan uap air dan udara di masukan ke dalam chamber reaksi secara *counter-current*. Produk bawah berupa garam natrium sulfat sedangkan produk atas berupa gas HCl dengan suhu keluaran dari furnace sebesar 427 °C. Menghasilkan larutan HCl dengan konversi 10-12%. Berikut ini terdapat *flowsheet* dasar proses *hargreaves* :



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik HCl Dari Hidrogen Dan Klorin Dengan Proses Direct Synthetic
Hydrogen And Chlorine Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”

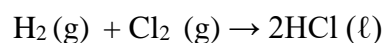


Gambar II. 2 *Flowsheet* Dasar Proses *Hargreaves*

(Faith , 1957, Hal. 426)

3. Proses *Direct Synthetic Hydrogen* (H₂) dan *Chlorine* (Cl₂)

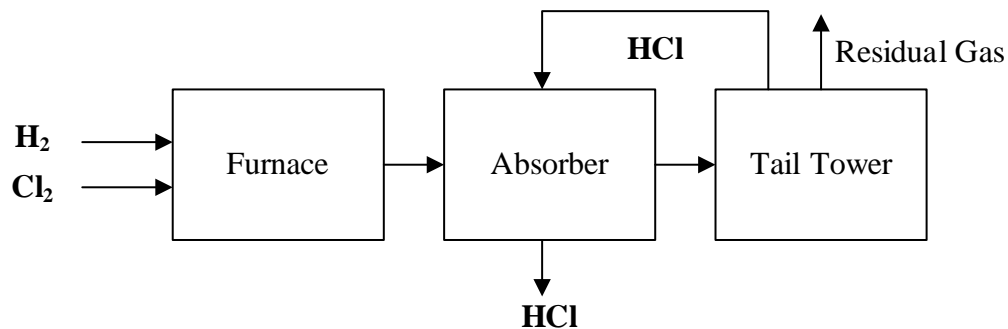
Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah gas chlorine dan gas hidrogen dimana gas chlorine direaksikan di reaktor furnace. Reaktor ini mempunyai pada bagian bawah terdapat ruang pembakaran disuplai dengan klorin dan hidrogen secara berurutan untuk membentuk gas HCl dengan kondisi operasi 900°C sangat eksotermis dengan tekanan 1 atm. Permukaan dinding bagian dalam reaktor furnace harus terbuat dari paduan yang mengandung sedikitnya 30% nikel karena akan berkontak dengan gas HCl yang reaktif dan juga bagian tube harus menggunakan jenis pipa *carbon stell* atau *stainless stell*. Gas HCl kemudian diserap dengan air proses pada kolom *absorber* sehingga didapat larutan HCl. Gas HCl yang tidak terserap kemudian diolah pada scrubber sebelum dibuang ke udara bebas. Gas HCl akan dipisahkan dari gas inert dalam absorber maupun scrubber. Adapun reaksi yang terjadi pada proses ini :



Proses ini mereaksikan hidrogen dan klorin secara langsung dalam reaktor dengan produk yang dihasilkan berupa HCl yang mempunyai konversi 99%. Berikut ini terdapat *flowsheet* dasar proses *direct synthetic hydrogen* dan *chlorine* :



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik HCl Dari Hidrogen Dan Klorin Dengan Proses Direct Synthetic
Hydrogen And Chlorine Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”



Gambar II. 3 *Flowsheet* Proses Direct Synthetic Hydrogen and Chlorine

(US. Patent, 2016)

II.2 Pemilihan Proses

Adapun perbandingan proses kontak dengan kedua proses lainnya dapat dilihat pada Tabel II.1 berikut :

Tabel II. 1 Perbandingan Berbagai Proses

No.	Uraian	Salt-Sulfuric Acid	Hargreaves	Direct H ₂ dan Cl ₂
1	Bahan Baku	NaCl , H ₂	NaCl , H ₂ O, O ₂ , & SO ₂	H ₂ , Cl ₂
2	Temperatur	840 °C	538°C	900°C
3	Konversi	30-60%	11-12%	99%

(Faith, et al, 1957, Hal. 426)

Berdasarkan tabel II.1, pemilihan proses pembuatan HCl dengan proses direct synthetic hydrogen (H₂) and chlorine (Cl₂) menggunakan bahan baku tidak beragam yang mudah didapatkan dan tidak ada kriteria bahan tertentu. Proses yang dijalankan sederhana yaitu proses pemisahan dengan alat absorber I dan proses pemekatan larutan HCl menggunakan evaporator membuat instalasi peralatan lebih sederhana, sehingga investasi lebih ekonomis. Menghasilkan HCl dengan konversi tinggi sebesar 99% membuat tingkat pencemaran lingkungan lebih rendah karena hampir seluruh reaktan terkonversi menjadi HCl (US. Patent, 2016).



II.3 Uraian Proses

Produksi HCl dengan basis 1000 kg/jam dibuat dengan proses *direct synthetic hydrogen and chlorine*. Proses ini terjadi dengan cara mereaksikan secara langsung bahan baku gas hidrogen (H_2) dan klorin (Cl_2) pada reaktor *furnace*. Bahan baku utama gas hidrogen dengan kemurnian 95% memiliki impurities 4% terdiri dari oksigen (O_2) dan 1% air (H_2O) disimpan pada tangki penyimpanan tipe *cylinder vessel* (F-110) dalam fase liquid, sedangkan bahan baku klorin kemurnian 99% memiliki impurities 0,5% terdiri dari oksigen (O_2) dan 0,5% air (H_2O) disimpan pada tangki penyimpanan tipe *cylinder vessel* (F-210) dalam fase liquid. Untuk proses reaksi di *furnace* ditambahkan bahan baku pendukung yaitu udara kering N_2 & O_2 . Terdapat tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan HCl yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

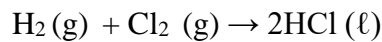
Bahan baku klorin dari tangki penyimpanan (F-120) dengan kondisi operasi 15 atm dan suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ diturunkan tekanannya menggunakan expansion valve (K-121) dengan tipe *gear pump with globe valve* menjadi 1 atm dan suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ lalu di pre-heater (E-122) dengan tipe *sheel & tube* dari suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ menjadi $170\text{ }^\circ\text{C}$, sedangkan bahan baku hidrogen dari dari tangki penyimpanan (F-110) dengan kondisi 15 atm dan suhu $43\text{ }^\circ\text{C}$ diturunkan tekanannya menggunakan expansion valve (K-111) dengan tipe *gear pump with globe valve* menjadi 1 atm dan suhu $31\text{ }^\circ\text{C}$ lalu di pre-heater (E-112) dengan tipe *sheel & tube* dari suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ menjadi $170\text{ }^\circ\text{C}$. Terdapat penambahan udara kering yaitu O_2 & N_2 yang dihembuskan menggunakan blower (G-113) dengan tipe centrifugal blower lalu di pre-heater (E-114) dari suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ menjadi $145\text{ }^\circ\text{C}$. Fungsi pre-heater dan blower ini digunakan untuk menyempurnakan proses pembakaran dan meringankan kinerja *furnace*. Ketiga bahan baku tersebut akan menuju ke tahap pembentukan produk.

2. Tahap Pembentukan Produk



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik HCl Dari Hidrogen Dan Klorin Dengan Proses Direct Synthetic
Hydrogen And Chlorine Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”

Pembentukan HCl dari hidrogen dan klorin terjadi di dalam reaktor *furnace* (Q-201) dengan tipe *box* dengan proses *direct synthetic hydrogen* dan *chlorine*. Reaksi yang terjadi di reaktor *furnace* sebagai berikut:



Reaksi berlangsung antara kedua bahan berfase gas dengan kondisi operasi isothermal pada suhu 900°C dan tekanan 1 atm. Produk yang keluar dari reaktor *furnace* berupa produk HCl dengan konversi 99% akan diturunkan suhunya menggunakan dua kali pendinginan. Pendinginan pertama menggunakan cooler (E-211) dengan penurunan suhu 900-500°C sedangkan pendinginan kedua menggunakan cooler (E-212) dengan penurunan suhu 500-150 °C. Proses pendinginan tersebut menggunakan air pendingin berupa dowtherm karena lebih efisien daripada air biasa. Disebabkan oleh kemampuan dowtherm untuk mendinginkan bahan dengan suhu yang lebih tinggi daripada air biasa yaitu dengan rentang 400-12°C. Selanjutnya produk HCl akan menuju tahap pemisahan dan pemekatan hingga didapatkan larutan HCL 37%.

3. Tahap Pemisahan Produk

a. Tahap Pemisahan 1

Produk gas dari luaran cooler akan dimasukkan dari bagian bawah kolom absorber 1 dengan tipe *packed tower* absorber (D-310). Proses berlangsung pada suhu 70 °C dan tekanan 1 atm. Pada tahap ini gas HCl, H₂, O₂, H₂O dan Cl₂ akan diserap dengan menggunakan pelarut air untuk menghasilkan HCl 20 %. Impurities HCl, H₂, O, H₂O dan Cl₂ yang tidak ikut larut akan dikeluarkan dari atas kolom absorber menjadi gas buang. Gas buang ini akan direcycle kembali ke dalam furnace (Q-210) dengan dipanaskan dahulu menggunakan heater (E-312) dari suhu 94 °C menjadi 145 °C. Proses pengehambusan gas masuk ke dalam furnace menggunakan blower (G-313). Hasil keluaran larutan HCl yang telah terabsorpsi bercampur dengan pelarut H₂O dengan konsentrasi larutan HCl sebesar 20% akan dikeluarkan dari bawah kolom absorber menuju



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik HCl Dari Hidrogen Dan Klorin Dengan Proses Direct Synthetic
Hydrogen And Chlorine Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”

evaporator (V-320) untuk proses pemekatan hingga konsentrasi HCl 37%,

b. Tahap Pemekatan Larutan HCl

Tahap pemekatan Larutan HCl yang masih mengandung banyak pelarut air akan dilakukan penguapan pada evaporator dengan tipe *short tube vertical* (V-320) pada kondisi operasi suhu 80°C dan tekanan dalam keadaan vakum sebesar 0,5 atm. Hanya dibutuhkan *single* evaporator karena bertujuan memekatkan larutan HCl dengan konsentrasi yang tidak terlalu tinggi yaitu 37 %. Kondisi vakum tersebut dapat dicapai dengan menggunakan kondensor barometerik (E-321) dengan tipe *Vertical direct contact condensor* dan *steam jet ejector* (G-322). Sisa gas H₂O yang teruapkan pada evaporator akan diumpankan ke kondensor barometerik (E-321) untuk berubah menjadi liquid begitu juga pada alat steam jet ejector (G-322). Kondisi vakum bertujuan menurunkan titik didih air dan untuk mempertahankan HCl agar tidak ikut menguap. Hasil larutan HCl dengan konsentrasi 37% akan didinginkan dari suhu 80 °C menjadi suhu 30 °C menggunakan cooler (E-325) dan akan dinaikkan tekanannya dari 0,5 atm menjadi 1 atm menggunakan pompa (L-324) sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan produk HCl (F-340).

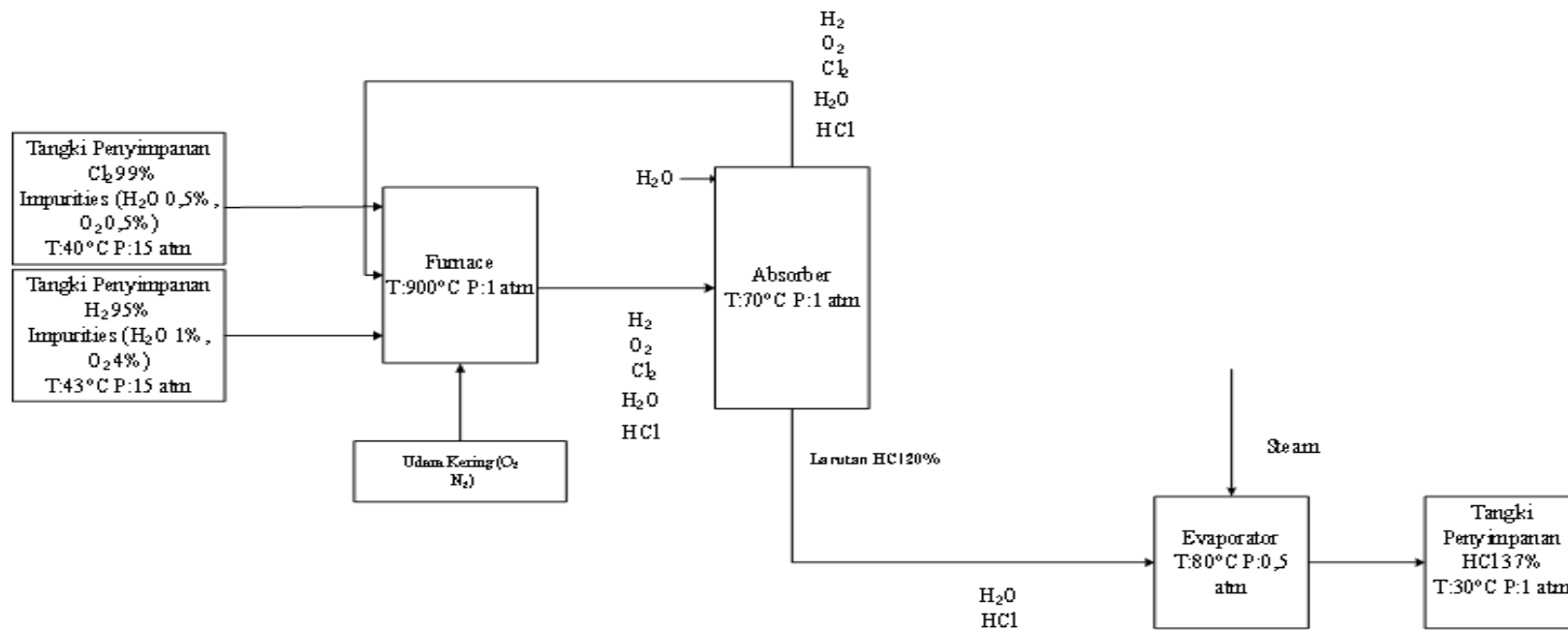
c. Tahap penyimpanan produk

Produk Larutan HCl 37% yang sudah didinginkan kemudian dialirkan menuju tangki penyimpanan produk HCl (F-340) yang disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.



II.3.1 Blok Diagram Alir

Diagram Alir Proses Pembuatan HCl dari Hidrogen dan Klorin dengan Proses *Direct Synthetic*



Gambar II. 4 Blok Diagram Alir

