

DISAIN KOLOM PENYERAPAN GAS FLUOR YANG KELUAR DARI *UF₆ CHEMICAL TRAP*

Prayitno

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang

ABSTRAK

DISAIN KOLOM PENYERAPAN GAS FLUOR YANG KELUAR DARI *UF₆ CHEMICAL TRAP*.

Telah dilakukan disain kolom penyerapan gas fluor menggunakan larutan sodium hidroksida (NaOH). Salah satu tahapan dalam proses pemubuatan gas UF_6 dari serbuk U_3O_8 dengan kapasitas 8840 Ton/tahun adalah penyerapan gas fluor yang keluar dari penjebak kimia UF_6 . Proses ini dilakukan untuk mencegah terlepasnya gas UF_6 yang mungkin belum seluruhnya terjebak dalam penjebak kimia UF_6 , serta untuk menyerap gas fluor sisa proses fluorimasi serbuk UF_4 . Untuk mencegah terbentuknya gas oksida fluorit (OF_2) yang sangat beracun digunakan larutan NaOH lebih dari 2 % berat serta waktu tinggal minimum gas dalam kolom 1 menit. Oleh karena itu perlu disain kolom penyerap yang bekapasitas 39,361 kg/j yang memenuhi persyaratan baik dari segi keselamatan maupun ekonomi. Telah dipilih kolom penyerap berpacking dengan *plastic intalox saddle* 1 in, dan bahan konstruksi Inconel alloy-22, dengan larutan penyerap NaOH 10% berat. Dari hasil perhitungan untuk menyerap 39,361 kg/j gas fluor dibutuhkan 3348,294 kg/j larutan NaOH 10% dengan diameter kolom 0,937 ft, tinggi *packing* 17,891 ft, waktu tinggal gas dalam kolom penyerap 1,029 menit, dan spesifikasi kolom penyerap berpacking tersebut memenuhi syarat dari segi keselamatan maupun ekonomi..

Kata kunci : Disain, kolom *packing*, fluor, larutan NaOH 10%.

ABSTRACT

THE DESIGN OF FLUOR GAS ABSORPTION COLUMN THAT EXIT FROM *UF₆ CHEMICAL TRAP*.

The design of fluorine gas absorption column that exit from UF_6 chemical trap using sodium solution has been performed. One of stages in UF_6 gas production from U_3O_8 powders with capacity 8840 Ton/years is absorption of fluor gas that exit from UF_6 chemical trap. The process is performed to prevent the release of UF_6 gas that probably have not been completely trapped in UF_6 chemical trap. In order to prevent the formation of oxide fluoride (OF_2) that very poisonous used sodium solution more than 2 weight % and minimum residence time of gas in column is 1 minute. Therefore, it is necessary to design absorption column with capacity 39,361 kg/hour that meets requirement of safety and economic point of view. The packed absorber column has been selected using plastics intalox saddle 1 in, and Inconel alloy-22 as material construction of column and absorbent of sodium hydroxide solution 10 weight %. From result of calculation for absorbing 3.361 kg/j fluorine gas required 334.294 kg/j sodium hydroxide (NaOH) 10% with column diameter 0.937 ft, packed height 17.891 ft, residence time of gas in column 1.029 minutes and the specification of the packed absorber column meet the safety and economic point of view.

Keyword : Design, absorption column, fluorine, sodium hydroxide solution 10 weight %.

PENDAHULUAN

Salah satu tahapan dalam proses pembuatan gas UF₆ dari serbuk U₃O₈ dengan kapasitas 8840 Ton/tahun adalah penyerapan gas fluor yang keluar dari penjemakan kimia UF₆. Proses ini dilakukan untuk mencegah terlepasnya gas UF₆ yang mungkin belum seluruhnya terjebak dalam penjemakan kimia UF₆, serta untuk menyerap gas fluor sisa proses fluorimasi serbuk UF₄. Air merupakan bahan penyerap yang murah dan melimpah, namun tidak dapat digunakan untuk menyerap gas fluor karena tidak seluruhnya gas fluor dapat terserap, serta kemungkinan terjadinya peledakan dalam sistem^[1].

Larutan NaOH mampu menyerap gas fluor, dengan persyaratan konsentrasi NaOH dalam larutan NaOH lebih dari 2 % berat, hal ini untuk mencegah timbulnya senyawa oksifluorit (OF₂) yang sangat beracun, dan larutan NaOH 5-10 % berat mampu menyerap gas fluor dengan baik. Oleh karena itu perlu disain kolom penyerap yang berkapasitas 39,361 kg/j yang memenuhi persyaratan baik dari segi keselamatan maupun ekonomi.

Lingkup kajian ini adalah menentukan spesifikasi desain kolom penyerap gas fluor dengan variasi *pressure drop packing* sehingga diperoleh hubungan antara *pressure drop packing*, diameter kolom, dan waktu

tinggal gas dalam kolom. Dalam perancangan ini akan ditentukan diameter kolom, tinggi *packing* dan waktu tinggal gas dalam kolom penyerap sehingga diperoleh spesifikasi yang ekonomis dan aman dari segi keselamatan lingkungan.

TEORI

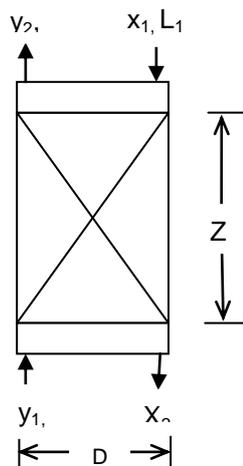
Gas fluor akan diserap menggunakan larutan NaOH yang sangat berlebihan membentuk sodium fluorit, air dan oksigen dengan persamaan reaksi sebagai berikut^[1]:



Untuk menghindari terbentuknya senyawa oksifluorit (OF₂) maka larutan NaOH yang digunakan harus lebih dari 2% berat, serta waktu tinggal gas dalam kolom penyerap minimal 60 detik^[1]. Gas UF₆ dalam order ppm yang lolos dari penjemakan kimia UF₆ (sebagai penjemakan kimia digunakan NaF) akan bereaksi dengan air membentuk uranil fluorit dan asam fluorida dengan persamaan reaksi sebagai berikut^[2]:



Gas fluor dialirkan dari bagian bawah kolom *packing*, sedangkan larutan NaOH 10% berat dialirkan dari bagian atas kolom *packing*.



Keterangan Gambar :

D = Diameter kolom, ft

Z = Tinggi *packing*, ft

G₁ = Laju gas masuk kolom, lb/ft².det

G₂ = Laju gas keluar kolom, lb/ft².det

y₁ = Konsentrasi gas F₂ masuk kolom, fraksi mol

y₂ = Konsentrasi gas F₂ keluar kolom, fraksi mol

L₁ = Laju cairan masuk kolom, lb/ft².det

L₂ = Laju cairan keluar kolom, lb/ft².det

x₁ = Konsentrasi NaOH masuk kolom, fraksi mol

x₂ = Konsentrasi NaOH masuk kolom, fraksi mol

Gambar 1. Kolom penyerapan gas fluor

Proses penyerapan gas fluor dalam larutan NaOH ini merupakan proses penyerapan yang dikendalikan oleh fase gas, maka perlu ditentukan koefisien transfer massa gas (KGa); namun mengingat data KGa untuk gas fluor dalam larutan NaOH tidak diketahui, maka ditentukan dari data koefisien transfer massa (KGa) gas CO₂ dalam larutan NaOH. Adapun koefisien transfer massa gas fluor (KGa₂) dapat ditentukan dengan persamaan berikut [3]:

$$KGa_2 = KGa_1 \left[\frac{Dv_1}{Dv_2} \right]^{0,56} \quad (3)$$

dengan: KGa₁= koefisien transfer massa gas CO₂ [lbmol/(j)(ft³)(atm)], Dv₁= diffusivitas gas CO₂(ft²/j), dan Dv₂= diffusivitas gas fluor(ft²/j). Adapun diffusivitas gas dapat ditentukan dengan persamaan berikut [3]:

$$Dv = 0,0069T^{3/2} \sqrt{\left(\frac{1}{MA} + \frac{1}{MB} \right)} / [P(VA^{1/3} + VB^{1/3})^2] \quad (4)$$

Dengan : T= temperature (°R), MA= berat molekul gas CO₂/F₂; MB= berat molekul gas inert dalam gas CO₂ atau gas F₂; VA= volume molekuler gas CO₂ atau gas F₂; sedangkan VB= volume molekuler gas inert dalam gas CO₂ atau gas F₂, sedangkan tinggi *packing*, Z (ft) dapat ditentukan dengan persamaan berikut [3,4] :

$$Z = \frac{n}{KGa \Delta p_{lm} f a} \quad (5)$$

Adapun waktu tinggal gas, t (detik) dalam kolom *packing* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{V}{Q} \quad (6)$$

dengan : V= volume kolom penyerap(ft³), dan Q= laju lairan gas (ft³/detik)

TATA KERJA

Dalam menentukan spesifikasi kolom penyerap gas fluor yang berkapasitas 39,361 kg/j ini tahapan yang ditempuh adalah sebagai berikut : 1). Menentukan kebutuhan larutan NaOH 10% sebagai penyerap, serta memilih jenis dan ukuran *packing*, kemudian dilanjutkan dengan menentukan diameter kolom berdasarkan variasi tekanan kolom per tinggi *packing* dari 0,05 sampai 0,5, 2). Menentukan tinggi *packing* dan waktu tinggal gas dalam kolom *packing*. Kemudian menganalisis berbagai dimensi kolom penyerap tersebut untuk memperoleh dimensi kolom yang memenuhi syarat yaitu waktu

tinggal gas F₂ minimal 1 menit, diameter kolom yang ekonomis, serta tidak terjadi *flooding*.

Perhitungan melibatkan persamaan 1 hingga 6 dengan bantuan program Excel, sementara itu pustaka 5, 6, dan 7 digunakan untuk mendapatkan data densitas, viskositas, dan penentuan standar bahan konstruksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

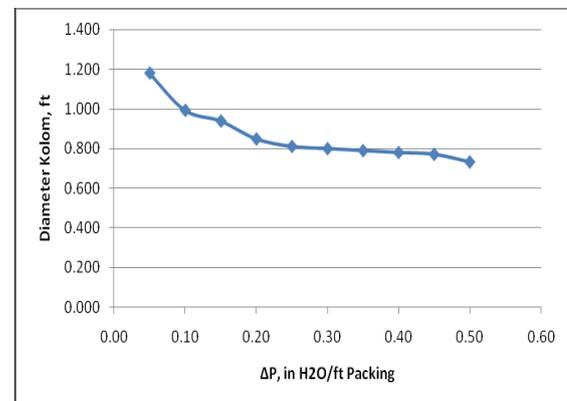
Dalam perhitungan ini data masukan yang digunakan adalah sebagaimana terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data masukan

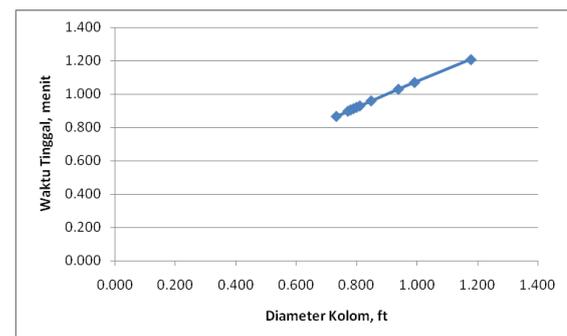
1	Gas F ₂ masuk	39,361 kg/j
2	Larutan NaOH 10% berat masuk	3348.294 kg/j
4	Temperatur penyerapan	30 °C
5	Tekanan	1,5 Atm
6	Jenis <i>packing</i>	<i>Intalox saddle 1"</i>
7	Bahan <i>Packing</i>	Plastik
8	Bahan konstruksi	Inconel alloy-22

Dalam perhitungan ini dipilih kolom *packing* dengan penyerap larutan NaOH 10 % (karena persyaratan konsentrasi larutan NaOH adalah lebih dari 2%) untuk menghindari terbentuknya senyawa fluor oksida (OF₂) yang sangat beracun. Di dalam kolom penyerap ini akan dihasilkan senyawa NaF yang kelarutannya dalam larutan NaOH terbatas. Oleh karena itu dipilih jenis *packing plastic intalox saddle 1* in yang sangat efisien dan kemungkinan terjadinya penyumbatan dalam *packing* sangat kecil serta *pressure drop* lebih rendah jika dibanding dengan *raschig ring* maupun *berl saddle*. Bahan *packing* dari plastic dipilih karena lebih tahan terhadap korosivitas gas fluor dan larutan NaOH jika dibanding dengan bahan keramik maupun logam, serta lebih murah dan tidak mengalami deformasi karena beroperasi pada tekanan dan temperatur rendah. Bahan konstruksi kolom dipilih inconel alloy 22. Bahan konstruksi tersebut dipilih karena mempunyai ketahanan korosi

yang baik terhadap gas fluor maupun larutan NaOH. Dari data masukan tersebut didapat hasil perhitungan seperti terlihat dalam Tabel 2 pada lampiran dan Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Hubungan *pressure drop* terhadap diameter kolom



Gambar 3. Hubungan diameter kolom terhadap waktu tinggal

Dari Tabel 2 pada Lampiran, Gambar 2 dan 3. terlihat bahwa semakin tinggi *pressure drop* semakin kecil diameter kolom, tetapi tinggi *packing* semakin bertambah, sedangkan waktu tinggal gas dalam kolom penyerap berkurang.

Dari segi ekonomi, kolom penyerap dengan diameter terkecil yaitu 0,731 ft merupakan diameter paling ekonomis, serta tekanan kolom 0,5 in H₂O/ft packing yaitu nilai diatas prosentase *flooding* yang diperbolehkan (0,2 sampai 0,4 in H₂O/ft), namun waktu tinggal gas dalam kolom penyerap belum memenuhi syarat yaitu kurang dari 1 menit (=0,865 menit). Oleh karena itu, perlu dipilih

diameter tangki ekonomis yaitu 0,937 ft yang masih memenuhi syarat dari segi waktu tinggal gas dalam kolom penyerap diatas 1 menit (1,029 menit) sehingga tidak terbentuk senyawa OF_2 , namun sedikit dibawah prosentase *flooding* yang diperbolehkan (tekanan kolom 0,2 sampai 0,4 in H_2O/ft *packing*). Oleh karena itu dipilih kolom penyerap diameter 0,937 ft, tinggi *packing* 17,891 ft, dengan *packing plastic intalox saddle* 1 in, bahan konstruksi kolom penyerap Inconel alloy-22.

SIMPULAN

Dari perhitungan kolom penyerap gas fluor dengan kapasitas 39,361 kg/j dengan penyerap larutan NaOH 10% sebanyak 3348,294 kg/j, dengan mempertimbangkan aspek *flooding*, ekonomi dan menghindari terjadinya senyawa oksida fluorit yang sangat beracun diperoleh spesifikasi kolom penyerap sebagai berikut : bahan *packing plastic intalox saddle* 1 in, diameter kolom 0,937 ft, tinggi *packing* 17,891 ft, waktu tinggal gas dalam kolom penyerap 1,029 menit, serta bahan konstruksi kolom dari Inconel alloy 22 standar.

DAFTAR PUSTAKA

1. STRAUSS.W.,” *Industrial Gas Cleaning*”; 2nd Edition, University of

Melbourne, Pergamon Press, 1975, p. 99-135.

2. ANONIM.,” *Uranium Hexafluoride : A Manual Of Good Handling Practices*”, USEC-651 (Revision 7), January 1995, p. 13-19.
3. LUDWIG.E.E., ” *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plant* “, Vol.2, 3rd Edition, Gulf Professional Publishing, Houston TX, 1979, p.230-369.
4. ECKERT, S. E., ” *Design Techniques For Sizing Packed Towers*”, Chemical Engineering Progress, Vol.57.No.9, September 1961, p.54-58.
5. PERRY, R. H. and GREEN, D. W., ” *Perry’s Chemical Engineers’ Handbook*”, 6th Edition, Mc Graw Hill Book Company, 1984, p.3-6 s/d 3-158.
6. KRIGENS, A. G.,” *Compilation of Physical and Chemical Properties of Materials and Streams Encountered In The Chemical Processing Department* “, Addendum to HW-53786, Process Design Engineering, Facilities Department Engineering Department, Chemical Processing Division, 1968, p.9-16.
7. ANONIM, ”Specials Metals”, www.specialmetals.com, p.3.

LAMPIRAN

Tabel 2. Hasil Perhitungan

No	Tekanan Kolom ΔP (in H_2O/ft <i>packing</i>)	Diameter Kolom, D(ft)	Tinggi Packing, Z(ft)	Waktu Tinggal Gas, t (menit)
	0,05	1,178	13,283	1,208
2	0,10	0,991	16,640	1,070
3	0,15	0,937	17,891	1,029
4	0,20	0,847	20,412	0,959
5	0,25	0,809	21,685	0,928
6	0,30	0,798	22,042	0,920
7	0,35	0,788	22,413	0,912
8	0,40	0,779	22,771	0,904
9	0,45	0,770	22,118	0,896
10	0,50	0,731	24,709	0,865

