

PERANCANGAN DAN UJI FUNGSI TANGKI FILTRASI VAKUM

Sugeng Purnomo, Imam Sasmito, Ajrieh Setyawan, Hendro
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, BATAN, Gd. 50, Kawasan Puspiptek Serpong
sugengp@batan.go.id

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN UJI FUNGSI TANGKI FILTRASI VAKUM. Telah dilakukan perancangan dan uji fungsi tangki filtrasi vakum untuk menyaring endapan hidroksida dari proses pengendapan limbah kimia radioaktif cair (LKRC) di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR). Hasil rancangan berupa tangki filtrasi vakum bersekat (bahan SS304) terdiri dari dua tingkat dengan diameter 40 cm, tinggi 120 cm (tangki atas 40 cm, tangki bawah 80 cm). Tangki atas berhubungan langsung dengan corong filtrasi dan akan menampung filtrat. Kedua tangki mempunyai bagian dasar konis dengan pipa dan *drain valve*. Pompa vakum yang digunakan berkekuatan ½ PK, untuk mencapai kondisi vakum -40 cm Hg dibutuhkan waktu 205 detik. Filtrasi dilakukan pada kisaran vakum -40 s/d -30 cm Hg selama 937 detik (kondisi pompa vakum *off*) dengan 7 siklus langkah vakum-filtrasi. *Unloading* endapan pada corong filter dilakukan setelah 18 jam menghasilkan 1,8 – 2,1 kg endapan dan 3,2 – 4,0 liter beningan.

Kata kunci: Perancangan, uji fungsi, filtrasi vakum.

ABSTRACT

DESIGNING AND FUNCTION TESTING OF VACUUM FILTRATION TANK. *Designing and function testing of vacuum filtration tank had been done to filtrate the hydroxide precipitate from Liquid Chemical Radioactive Waste (LCRW) in Radioactive Waste Treatment Installation (RWTI). Product of designing is as two stage of partition vacuum filtration tank (material SS304) with 40 cm diameter, 120 cm high (upper part of tank 40 cm, lower part of tank 80 cm). Upper tank is directly connected to filtration funnel and collecting filtrate. Both of tank have conical bottom with pipe and drain valve. The process used the ½ PK vacuum pump, to reach vacuum condition of -40 cm Hg takes time 205 second. Filtration was done at -40 to -30 cm Hg in 937 second (vacuum pump in off condition) by 7 cycle vacuum-filtration step. Unloading of precipitate in filter funnel was done after 18 hours give 1.8 – 2.1 kg precipitate and 3.2 – 4.0 liter filtrate.*

Keyword: Design, function testing, vacuum filtration.

PENDAHULUAN

Endapan hidroksida dari proses pengendapan limbah kimia radioaktif cair (LKRC) mengandung radioaktivitas sehingga perlu *treatment* lebih lanjut. Endapan tersebut bersifat *gelatinous*, banyak mengandung air, agar memudahkan dalam *treatment* perlu dilakukan filtrasi untuk mengurangi kadar air sampai batas tertentu. Filtrasi endapan dalam jumlah besar akan sangat lama, terutama bila menggunakan metoda filtrasi alami. Guna mempercepat proses filtrasi dapat dilakukan metode filtrasi vakum. Fasa air (*supernatant*) akan dipaksa menembus media filter dengan adanya tekanan negatif dan fasa padatan (presipitat) tertahan pada media filter sehingga kadar airnya berkurang [1,2]. Presipitat yang diperoleh kemudian dapat dikondisioning dengan solidifikasi/sementasi langsung dalam *shell drum*. Filtrat yang masih mengandung radioaktivitas dapat diolah lebih lanjut dengan evaporasi atau proses penukar ion.

Filtrasi merupakan aliran melalui media berpori yang dapat berlangsung secara alami dengan gravitasi maupun dengan memperbesar beda tekanan di antara

sisi masuk filter dan sisi keluar filter untuk mempercepat aliran tersebut. Beda tekanan dapat diperoleh dengan memvakum pada sisi keluaran (filtrasi vakum) atau dengan memberi tekanan pada sisi masuk filter (filter press). Menurut Darcy, laju alir akan sebanding dengan *pressure drop*[3,4]:

$$v = \frac{k\Delta p}{\mu L}$$

v = volume fluida melalui filter

k = tetapan proporsionalitas (konstanta Darcy)

ΔP = *pressure drop*, μ = viskositas cairan, L = tebal plat

Untuk filtrasi *batch* laju alir cairan:

$$v = \frac{1 dV}{A dt}$$

v = volume filtrat, t = waktu filtrasi

Tahanan (L/k) merupakan kontribusi tahanan *cake* (R_C) dan tahanan medium (R_M), $L/k = R_C + R_M$, sehingga:

$$\frac{1 dV}{A dt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_C + R_M)}$$

Tahanan medium bersifat tetap sesuai karakteristik bahan filter sedangkan tahanan *cake* cenderung meningkat sejalan waktu filtrasi karena pepadatan presipitat pada medium filter[5].

METODOLOGI

Konsep Rancangan Tangki Filtrasi Vakum

Tangki filtrasi vakum berbentuk silinder dua tingkat dengan bagian dasar konis dilengkapi pipa *drain* dan *valve*. Kedua tangki dihubungkan dengan pipa dan *valve* pada bagian dinding. Tangki bawah dihubungkan dengan pompa vakum. Corong filter ditempatkan pada rak di atas tangki dan dihubungkan menggunakan slang dengan tangki atas.

Dimensi Tangki

Diameter tangki 40 cm, tinggi tangki atas 40 cm dan tangki bawah 80 cm (dinding silindris). Dengan demikian volume tangki atas dan bawah adalah sebagai berikut:

Tangki atas:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4}\pi D^2 t_s + \frac{11}{34}\pi D^2 t_k \\ &= \frac{1}{4}\pi 40^2 40 + \frac{11}{34}\pi 40^2 10 \\ &= 50265.48 + 4188.79 \\ &= 54454.27 \text{ cm}^3 \\ &= 54,45 \text{ L} \end{aligned}$$

(t_s = tinggi dinding silindris, t_k = tinggi konis)

Tangki bawah:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4} \pi D^2 t \\ &= \frac{1}{4} \pi 40^2 80 \\ &= 100530.96 \text{ cm}^2 = 100,53 \text{ L} \end{aligned}$$

Volume tangki total = 54,45 + 100,53 = 154.98 L

Dengan melengkapi tangki dengan kaki-kaki penyangga sedemikian sehingga ketinggian dasar konis bagian bawah 30 cm, maka ketinggian pipa *drain* tangki atas menjadi 100 cm, ini sesuai untuk *drain* filtrat secara gravitasi kedalam drum penampung.

Tebal Tangki

Material SS304, *Strength of material*, $p = 21,5 \text{ kgf/mm}^2$

Safety factor = 4 \rightarrow *Allowable stress*, $S = \frac{21,5}{4} = 5,375 \text{ kgf/mm}^2$

Tekanan desain tangki vakum, $p = -76 \text{ cm Hg} = [0,01] \text{ kgf/mm}^2$

Diameter, $D = 400 \text{ mm}$; Efisiensi pengelasan, $E = 0,9$; *Corrosion allowance*, $c = 1 \text{ mm}$

Maka tebal *body*:

$$\begin{aligned} t &= \frac{pDE}{2S} + c \\ &= \frac{0,01 \times 400 \times 0,9}{2 \times 5,375} + 1 \\ &= 1,335 \text{ mm} \rightarrow \text{dipilih tebal } 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Uji Fungsi Tangki Filtrasi Vakum

Uji fungsi tangki filtrasi vakum dilakukan dengan melakukan filtrasi endapan hidroksida dari pengolahan tahap awal LKRC. Parameter yang diamati meliputi fungsi pompa vakum, kevakuman tangki, dan fungsi filtrasi yang semuanya berkaitan dengan waktu, volume *sludge* (umpan) maupun filtrat serta massa presipitat.

Langkah Proses Filtrasi Vakum

- Hubungkan pompa vakum dengan sumber listrik.
- Siapkan corong filter dengan kertas saring dan tempatkan pada rak filtrasi.
- Hubungkan ujung corong dan pipa vakum dengan slang.
- Siapkan bertahap 5 s/d 6 liter *sludge*, catat massanya.
- Tutup valve 1, 2, 5, dan 7, buka valve 3 dan 6.

- Operasikan pompa vakum hingga -40 cm Hg dan perhatikan *pressure indicator*, catat waktu yang dibutuhkan, hentikan operasi pompa.
- Buka perlahan *valve* 1 sehingga berlangsung filtrasi (*setting* dan perhatikan aliran filtrat).
- Perhatikan kevakuman menurun sampai -30 cm Hg (catat waktu yang diperlukan).
- Ulangi langkah operasi pompa vakum hingga -40 cm Hg.
- Ulangi langkah filtrasi hingga -30 cm Hg
- Setelah presipitat dalam corong filter relatif kering (kurang lebih 7 x operasi vakum) biarkan penurunan tekanan vakum sampai habis (= tek. udara luar) di hari berikutnya.
- Timbang presipitat yang diperoleh, *drain* filtrate dengan membuka *valve* 5, ukur volumenya.
- Siapkan untuk operasi filtrasi berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan uji fungsi dilakukan dengan melakukan proses filtrasi endapan hidroksida menggunakan tangki filtrasi vakum. Hasil data filtrasi dengan empat kali proses ditampilkan dalam Tabel 1, 2, 3, dan 4:

Tabel 1. Data operasi pertama vakum filter

No	Waktu memvakum tangki (t_{vakum})		Waktu filtrasi ($t_{filtrasi}$)	Massa <i>sludge</i> (m_{sldg})	Volume filtrat (V_{filt})	Massa presipitat (m_{ppt})
	0 → -40 cm Hg	-30 → -40 cm Hg	-40 → -30 cm Hg	g	mL	g
1.	3'25"		15'13"	3.000		
2.		1'30"	13'07"			
3.		1'19"	11'04"			
4.		1'20"				
5.		1'21"		2.000		
6.		1'17"				
7.		1'24"			3.200	2.112,4

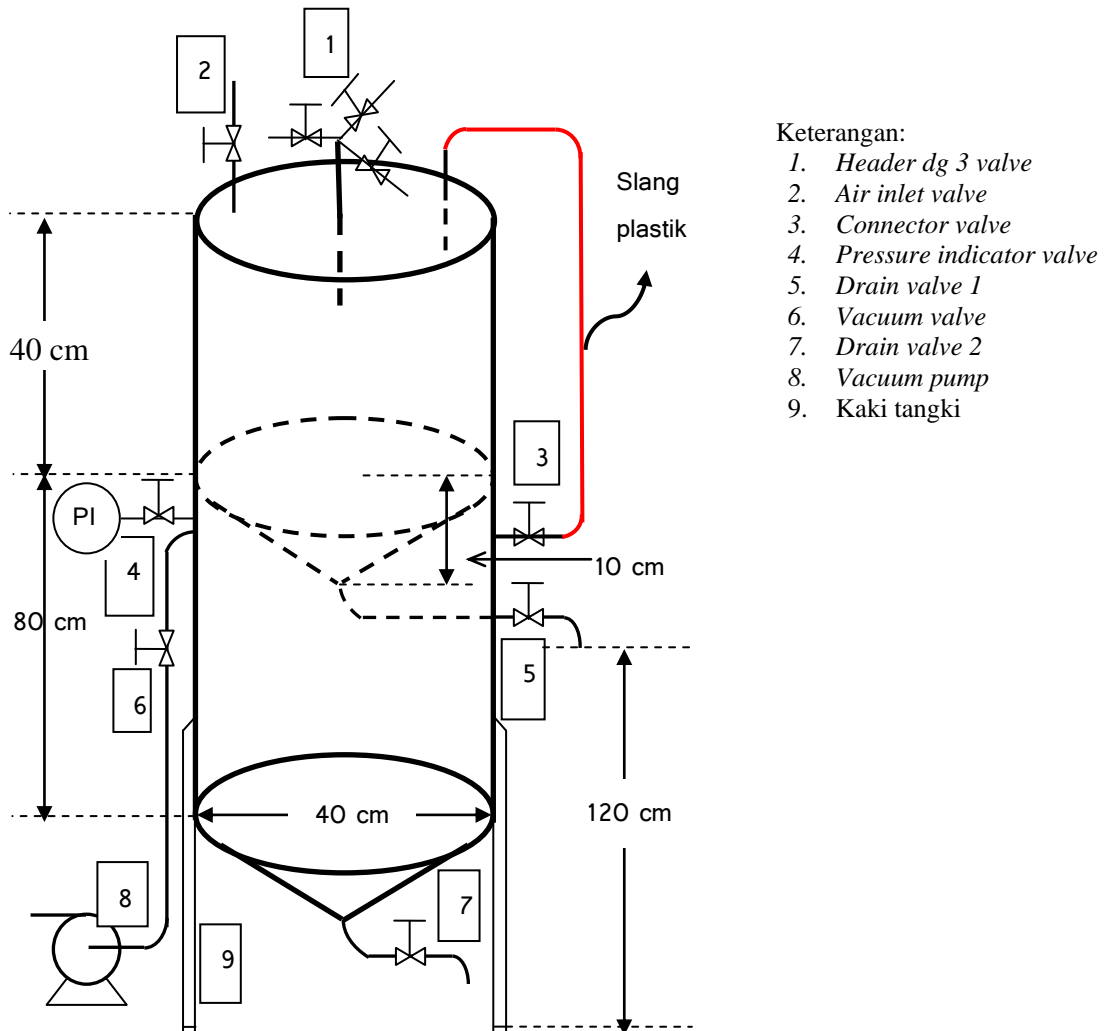
Tabel 2. Data operasi kedua vakum filter

No	Waktu memvakum tangki (t_{vakum})		Waktu filtrasi ($t_{filtrasi}$)	Massa <i>sludge</i> (m_{sldg})	Volume filtrat (V_{filt})	Massa presipitat (m_{ppt})
	0 → -40 cm Hg	-30 → -40 cm Hg	-40 → -30 cm Hg	g	mL	g
1.	3'26"		17'42"	2.997,1		
2.		1'21"	14'05"	2001,7		
3.		1'15"	16'14"			

Tabel 2. Data operasi kedua vakum filter (lanjutan)

4.		1'44"	16'43"			
5.		1'26"	18'26"	1004,2		
6.		1'23"	15'16"			
7.		1'04"				
8.		1'14"			3.800	1.882,7

Gambar desain tangki filtrasi vakum disajikan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tangki filtrasi vakum 150 liter

Tabel 3. Data operasi ketiga vakum filter

No	Waktu memvakum tangki (t_{vakum})		Waktu filtrasi ($t_{filtrasi}$)	Massa <i>sludge</i> (m_{sldg})	Volume filtrat (V_{filt})	Massa presipit at (m_{ppt})
	0 → -40 cm Hg	-30 → -40 cm Hg	-40 → -30 cm Hg	g	mL	g
1.	3'23"		14'51"	3.008,1		
2.		1'18"	15'08"	1.905,4		
3.		1'30"	15'18"			
4.		1'16"	16'30"	1.002,3		
5.		1'19"	15'45"			
6.		1'15"				
7.		1'16"			3.750	1.904,3

Tabel 4. Data operasi keempat vakum filter

No	Waktu memvakum tangki (t_{vakum})		Waktu filtrasi ($t_{filtrasi}$)	Massa <i>sludge</i> (m_{sldg})	Volume filtrat (V_{filt})	Massa presipit at (m_{ppt})
	0 → -40 cm Hg	-30 → -40 cm Hg	-40 → -30 cm Hg	g	mL	g
1.	3'27"		15'55"	2.998,0		
2.		1'20"	18'36"	2.012,6		
3.		1'02"	17'20"	1.085,2		
4.		1'19"	17'27"			
5.		1'18"				
6.		1'01"				
7.		1'08"			4.000	2.086,5

Dari empat seri data di atas dapat dihitung data rerata seperti yang ditampilkan pada Tabel 5 dan 6:

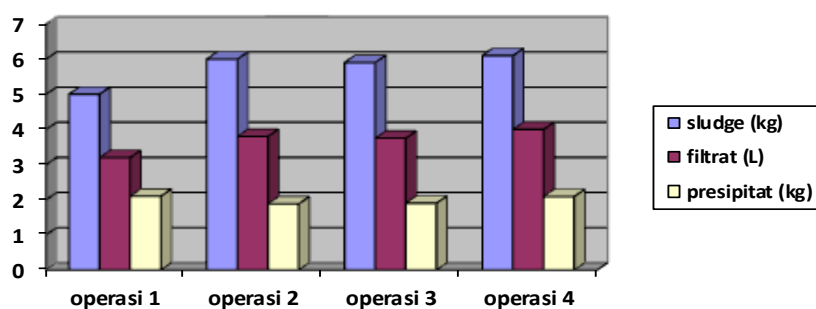
Tabel 5. Parameter operasi rerata unit filtrasi vakum

Parameter	Tekanan vakum	Waktu
Operasi pompa vakum	0 s/d -40 cm Hg	205 detik
Operasi filtrasi	-40 s/d -30 cm Hg	937 detik
Operasi pompa vakum (<i>maintain</i> vakum) → 7 x per <i>batch</i>	-30 s/d -40 cm Hg	78 detik

Tabel 6. Kuantitas material hasil filtrasi vakum

Endapan (umpan filtrasi) kg	Volum Filtrat (L)	Massa Presipitat (kg)
18,10	11,00	6,16

Ditinjau dari sisi kelayakan waktu operasi, maka unit vakum filter hasil rancangan ini cukup memadai, hal ini tampak dari data operasi; untuk mencapai kevakuman -40 cm Hg (langkah vakum) cukup membutuhkan waktu 205 detik. Ini berarti untuk mencapai kesiapan operasi filtrasi memerlukan waktu relative singkat. Demikian pula halnya dengan langkah filtrasi; setelah dicapai kevakuman -40 cm Hg, pompa vakum dihentikan dan kevakuman tangki digunakan untuk proses filtrasi *sludge* (langkah filtrasi) sampai kevakuman berkurang menjadi -30 cm Hg mempunyai durasi 937 detik. Untuk mengembalikan tingkat kevakuman -40 cm Hg hanya perlu waktu singkat 78 detik.



Gambar 2. Kuantitas *sludge*, filtrat dan presipitat pada proses filtrasi vakum.

Pompa vakum terpasang mempunyai daya $\frac{1}{2}$ PK, mampu memvakum tangki sampai -70 cm Hg, hal ini memberikan kemampuan vakum yang memadai bila diperlukan operasi vakum dengan tingkat kevakuman lebih tinggi sesuai karakteristik *sludge* dan medium filter yang digunakan. Ketiga faktor ini perlu dioptimasi setiap kali melakukan proses filtrasi dengan jenis *sludge* tertentu agar terjadi keselarasan dan proses filtrasi dapat berlangsung dengan baik.

Gambaran dari hasil proses filtrasi antara massa *sludge* yang difiltrasi dengan filtrat dan presipitat yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 2. Dari empat kali operasi filtrasi vakum tampak bahwa proporsi antara massa *sludge* dengan volume filtrat dan massa presipitat relatif tetap. Hal ini menunjukkan kondisi *sludge* yang diumpankan (kadar presipitat dalam *sludge*) pada tiap proses relatif konsisten, demikian pula dengan parameter operasi yang menentukan seberapa tiris presipitat hasil filtrasi diperoleh. Tangki filtrasi vakum hasil rancangan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tangki Filtrasi Vakum 150 Liter

KESIMPULAN

Perancangan tangki filtrasi vakum sesuai yang diharapkan dan telah diwujudkan menjadi sebuah peralatan yang dapat berfungsi dalam kegiatan pengolahan LKRC. Dalam proses filtrasi vakum perlu ditentukan kondisi optimum proses yang meliputi kisaran tingkat kevakuman (*negative pressure*) dimana proses filtrasi dilakukan, hal ini disesuaikan dengan karakteristik *sludge* dan kekuatan medium filter. Untuk fitrasi endapan hidroksida menggunakan medium kertas filter lembaran, kisaran kevakuman antara -40 s/d -30 cm Hg.

DAFTAR PUSTAKA

1. Day, R.A., Underwood, A.L., *Analisa Kimia Kuantitatif*, edisi keenam, Jakarta 1998.
2. Manahan, Stanley E., *Quantitative Chemical Analysis*, Brooks/Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 1986.
3. Geankoplis, C.j., *Transport Process and Unit Operations, 2nd Edition*, Allyn and Bacon Inc., Boston, 1993
4. Mc Cabe, W.L., *Unit Operation of Chemical Engineering, 5rd Edition*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1993.
5. Larian, M.G., *Fundamentals of Chemical Engineering Operations*, Prentice Hall Inc., 1998.