

## **KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG SETELAH DIBERSIHKAN**

**V.I.S. Wardhani, Henky P. Rahardjo, Dudung A.R.**  
Pusat Teknologi Nuklir Bahan Dan Radiometri BATAN-Bandung.

### **ABSTRAK**

**KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG SETELAH DIBERSIHKAN.** Kualitas sistem pendinginan pada penukar kalor akan menurun bila efektivitas penukar kalor tersebut menurun. Salah satu sebab menurunnya efektivitas penukar kalor adalah karena terbentuknya endapan pengotor pada saluran dan pelat pendinginnya. Telah dapat diprediksi bahwa tebal endapan pengotor pada sisi sekunder lebih tebal daripada endapan pengotor pada sisi primer, oleh karena itu perlu dilakukan pembersihan terhadap alat penukar kalor tersebut. Pembersihan penukar kalor telah dilakukan dengan cara membongkar dan membersihkannya dengan menggunakan larutan. Untuk mengetahui pengaruh pembersihan penukar kalor terhadap efektivitasnya, perlu dilakukan perbandingan pada analisis perhitungan efektivitas penukar kalor sebelum dan sesudah dibersihkan.

**Kata kunci :** efektivitas, penukar kalor, pengotor.

### **ABSTRACT**

**THE CHARACTERISTIC AND THE HEAT EXCHANGER EFFECTIVITY OF TRIGA 2000 REACTOR AFTER CLEANED.** The performance of the cooling system will decrease as the decreasing of the heat exchanger effectivity. One of the reasons that cause decreasing the effectivity of heat exchanger was the occurrence of fouling that created on the coolant. It has been predicted that the existing fouling in the secondary system was thicker than that of the primary system, so the secondary system needs to be treated in order to decrease the existing fouling. Cleaning the heat exchanger was done by overhaul and clean it by using a certain solvent. Analysis to the effectivity of the heat exchanger is done to know the influence of cleaning process to the secondary system.

**Key words :** effectivity, heat exchanger, fouling.

### **PENDAHULUAN**

Salah satu faktor yang sangat penting pada keselamatan pengoperasian reaktor adalah sistem pendinginan reaktor. Pada sistem ini terjadi aliran fluida primer dari reaktor (fluida yang mempunyai temperatur relatif lebih tinggi) ke dalam suatu penukar kalor, sementara fluida yang relatif lebih dingin dialirkan dari menara pendingin berlawanan arah dengan fluida primer dari reaktor yang masuk ke dalam penukar kalor tersebut. Dengan nilai efektivitas yang tinggi akan diperoleh sistem pertukaran kalor yang sempurna, seperti yang diharapkan pada keselamatan

Dalam keadaan tunak, kesetimbangan energi pada sistem penukar kalor (3) adalah:  
Laju kalor yang dipindahkan sistem primer ( $\dot{q}_p$ ) = Laju kalor yang diterima sistem sekunder ( $\dot{q}_s$ ) + laju kalor yang hilang pada penukar kalor ( $\dot{q}_l$ )

Laju perpindahan panas pada sistem primer :

$$\dot{q}_p = \dot{m}_h c_{ph} (T_{h1} - T_{h2}) \quad (1)$$

Laju perpindahan panas pada sistem sekunder :

$$\dot{q}_s = \dot{m}_c c_{pc} (T_{c1} - T_{c2}) \quad (2)$$

$\dot{q}_l$  : laju kalor yang hilang akibat konduksi, konveksi dan radiasi

$\dot{m}$  : laju alir fluida pendingin (kg/s)

$c_p$  : panas jenis fluida pendingin (joule/kg°C)

T : iemperatur fluida pendingin (°C)

Subskrip h,c : kondisi aliran fluida panas dan dingin

Ada dua macam cara untuk melihat unjuk kerja penukar kalor yaitu (3) :

- *Log mean temperature difference (LMTD)*
- *Number of Transfer Units (NTU)- Efektivitas (E)*

Metode LMTD berguna bila temperatur masuk dan temperatur keluar diketahui atau dapat ditentukan dengan mudah. Jika temperatur masuk atau keluar harus ditentukan, maka lebih mudah digunakan metode efektivitas (NTU). Dalam penelitian ini dimungkinkan untuk menggunakan kedua metode di atas, hanya untuk penukar kalor tipe pelat lebih cocok digunakan metode NTU-efektivitas sambil untuk memferivikasi pengukuran temperatur masuk dan keluar pada penukar kalor.

NTU dapat didefinisikan sebagai,

$$NTU = \frac{UA}{(c_p M)_{\min}} \quad (3)$$

dimana:

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan (*overall heat transfer coefficient*)

A = luas perpindahan kalor total

$$\epsilon = \frac{\text{perpindahan kalor nyata}}{\text{perpindahan kalor maksimum yang mungkin}} \quad (4)$$

Dimana,

$$C_R = (Mc_p)_{\min} / (Mc_p)_{\max} \quad \text{dan}$$

$$NTU = \frac{\ln(1 - C_r \varepsilon) / (1 - \varepsilon)}{(1 - C_r)} \quad (1)$$

Dengan mengetahui efektivitas penukar kalor maka kalor yang dipindahkan dari sisi panas ke sisi dingin dapat diketahui. Hal ini terlihat bahwa efektivitas berbanding lurus dengan laju kalor yang dipindahkan seperti pada persamaan (1).

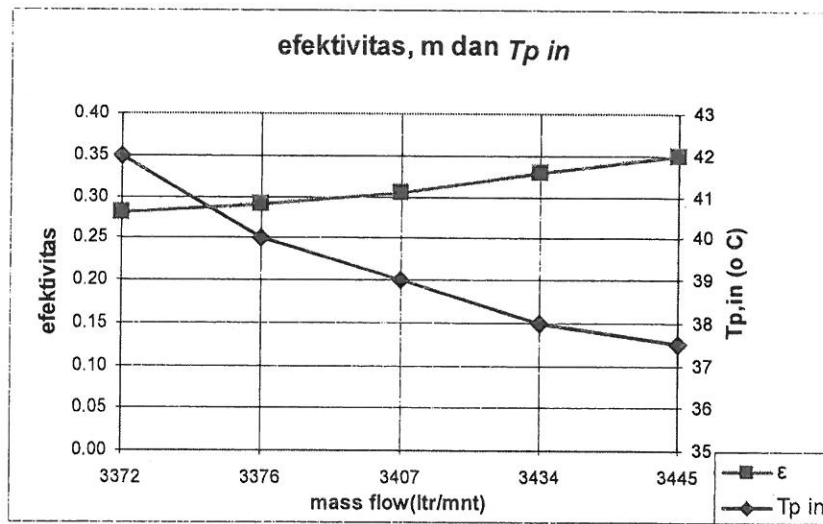
## TATA KERJA

Untuk mengetahui berapa besar pengaruh pembersihan penukar kalor menggunakan larutan nitrit terhadap operasi reaktor TRIGA 2000, perlu dilakukan analisis perhitungan efektivitas. Data yang diperlukan untuk perhitungan analisis efektivitas adalah temperatur pada sisi primer dan sisi sekunder serta laju alir fluida pendingin sebelum dan sesudah penukar kalor dibersihkan. Pengambilan data dilakukan pada saat penukar kalor pada kondisi terdapat endapan pengotor serta pada saat kondisi penukar kalor telah bersih karena dibongkar dan dibersihkan. Data temperatur masuk dan keluar pada sisi primer dan data temperatur masuk dan keluar pada sisi sekunder dibaca pada alat ukur temperatur yang telah dipasang, sedang laju alir fluida pendingin primer dan fluida pendingin sekunder dibaca pada alat ukur *flowmeter*.

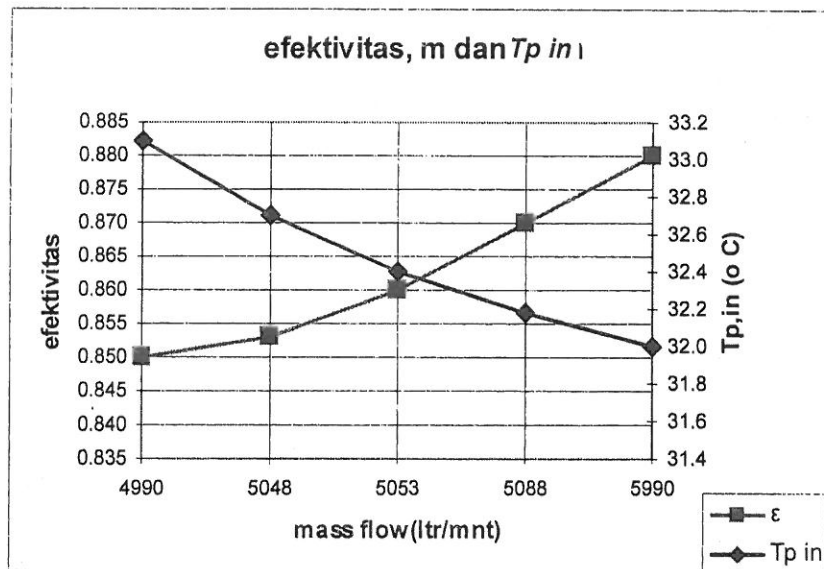
Data pengamatan diambil ketika reaktor beroperasi pada daya tunak  $\geq 1000\text{kW}$ , satu cuplikan data ditampilkan pada satu baris dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data pengamatan penukar kalor sebelum dibersihkan

Daya (MW)	Penukar kalor sisi primer			Penukar kalor sisi sekunder		
	m(GPM)	Temperatur(°C)		m(l/mnt)	Temperatur(°C)	
		masuk	keluar		masuk	keluar
1	856	42	34	3372	27	30,5
	874	40	35	3376	27,5	31,5
	886	39	36,5	3407	28	33
	878	38	37	3434	28	33
	880	37,5	37,5	3445	28	33,5



Gambar 1. Hubungan  $T_p in$ ,  $m$  dan  $\epsilon$  sebelum pembersihan



Gambar 2. Hubungan  $T_p in$ ,  $m$  dan  $\epsilon$  sesudah pembersihan

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa harga temperatur fluida sisi primer saat masuk penukar kalor sebelum dilakukan proses pembersihan adalah sebesar  $41^{\circ}C$ . Mengingat harga batas temperatur yang dipersyaratkan yaitu sebesar  $49^{\circ}C$ , maka dapat dikatakan bahwa sudah saatnya dilakukan pembersihan terhadap penukar kalor supaya temperatur fluida pada sisi primer tidak melebihi temperatur yang dipersyaratkan. Setelah mengalami proses pembersihan endapan pada fluida sisi

hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3 dengan hasil penelitian sebelumnya (Gambar 3) maka setelah dibersihkan nilai efektivitas penukar kalor meningkat sekitar 60%.

Memperhatikan nilai efektivitas penukar kalor setelah dibersihkan seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan mengamati hasil penelitian sebelumnya yang ditunjukkan pada Gambar 3 maka dapat diasumsikan bahwa untuk nilai efektivitas sekitar 0,9 maka tebal endapan sudah tidak ada lagi pada sisi sekundernya ( $X_s \approx 0$ ). Asumsi ini didukung oleh data yang diperoleh di lapangan karena sesudah dipasang kembali, pelat-pelat penukar kalor sudah bebas endapan. Hasil ini juga menunjukkan bahwa proses pembersihan penukar kalor berhasil dan penukar kalor ini dapat digunakan kembali untuk mendukung pengoperasian reaktor TRIGA 2000.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pembersihan penukar kalor tipe pelat reaktor TRIGA 2000 berhasil dengan baik dan dapat digunakan kembali untuk menunjang pengoperasian reaktor TRIGA 2000.
2. Nilai efektivitas penukar kalor setelah dibersihkan meningkat sekitar 60% dibandingkan dengan keadaan sebelum dibersihkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Palen JW. Heat exchanger source book: plate type heat exchanger. California: Heat transfer Inc. Alhambra Hemisphere Publishing Corporation; 1986. p. 69-78
2. Adomeit P and Renz U. Deposition of fine particles from a turbulent liquid flow : experiment and numerical prediction. Chemical Engineering Science;1996. p.3491-3503. Vol 51.
3. Kreith F. Principles of heat transfer: heat exchanger 4<sup>th</sup>ed. Harper & Row, publishers, Inc. p.547-87.
4. Holman JP. Heat transfer: heat exchanger 5<sup>th</sup>ed. Singapore: Mc Graw-Hill, Ltd;1986. p.443-90.
5. Taborek J, Hewitt GF dan Afgan N. Heat exchanger: practise and theory. New York: Mc Graw – Hill book Company;1993. p.59-67.
6. Hewitt GF, Shires GL, Bott TR. Process heat transfer: plate and frame heat exchangers. Madison Avenue New York: Begell House, Inc; 2000. p.327-63.