

METODE PENENTUAN WAKTU PEMBERSIHAN PENUKAR PANAS REAKTOR NUKLIR

Djaruddin Hasibuan

ABSTRAK

METODE PENENTUAN WAKTU PEMBERSIHAN PENUKAR PANAS REAKTOR NUKLIR. Untuk menentukan waktu yang tepat melakukan pembersihan penukar panas pada reaktor RSG-GAS, disusun suatu metode penentuan waktu pembersihan penukar panas reaktor. Metode ini akan menguraikan penentuan waktu pembersihan penukar panas reaktor nuklir yang meliputi : garis faktor bersih rancangan, tahanan pencemaran nyata, garis kecenderungan dan waktu pembersihan. Tulisan ini dimaksudkan untuk menginformasikan suatu metode penentuan waktu pembersihan penukar panas reaktor nuklir berdasarkan standar *TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association)* dan standar *HEI(Head Exchanger Institute)*. Dengan memahami setiap tahapan yang diuraikan, waktu yang tepat untuk pembersihan penukar panas dapat ditentukan

Kata kunci : penukar panas, waktu pembersihan, indeks kinerja

ABSTRACT

DETERMINATION METHOD OF RSG-GAS HEAT EXCHANGER CLEAN-UP TIME. A method to determine a right time to conduct the RSG-GAS heat exchanger cleaning has been developed. This method describes certain parameters consisting of : cleanliness factor design, real fouling resistance, trend line time and cleaning time. The intention of this paper is to introduce a method to clean the RSG-GAS heat exchange at the right time based on *TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association)* and *HEI (Heat Exchanger Institute) Standards*. By understanding measures described in this method. The right time to clean heat exchanger can be correctly determined.

Key words : heat exchanger, cleaning time, performance index

PENDAHULUAN

Penukar panas (*heat exchanger*) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk memindahkan energi panas dari satu aliran fluida ke aliran fluida lain yang terpisah satu sama lain. Di dalam reaktor nuklir riset penukar panas ini berfungsi untuk memindahkan energi panas yang dihasilkan dari reaksi fisi di dalam teras reaktor dan diangkat oleh air pendingin primer menuju penukar panas. Melalui penukar panas ini panas tersebut dipindahkan ke pendingin sekunder untuk selanjutnya dibuang ke udara bebas melalui menara pendingin. Sedangkan pada reaktor nuklir daya, penukar panas ini berfungsi memindahkan energi panas yang terbangkit dari reaksi fisi di dalam teras reaktor melalui pendingin primer ke fluida kerja yang berada di dalam pembangkit uap (*steam generator*)^[1]. Oleh karena itu keberadaan penukar panas ini sangatlah penting dalam pengoperasian suatu reaktor nuklir. Pada umumnya penukar panas reaktor nuklir ini bekerja pada suhu yang relatif tinggi dengan media pemindah panas berupa air industri yang tidak bebas dari pengotor. Oleh karena itu penukar panas ini akan mengalami pencemaran secara alami oleh penempelan endapan-endapan pengotor yang berasal dari air yang digunakan sebagai media pengangkut panas. Pencemaran ini akan mempengaruhi koefisien perpindahan panas dari pipa-pipa kecil (*tube*) penukar panas yang mengakibatkan terjadinya penurunan indeks kinerja dari penukar panas tersebut. Keadaan seperti ini akan menimbulkan kendala dalam pengoperasian suatu reaktor nuklir karena akan menurunkan efisiensi dan kehandalan penukar panas tersebut. Untuk mengatasi kendala tersebut serta untuk meningkatkan kehandalan pengoperasian suatu reaktor nuklir perlu dilakukan pemeliharaan yang berkesinam-

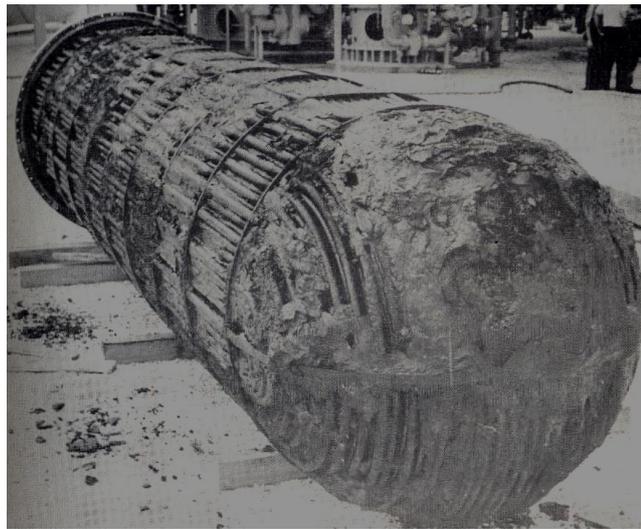
bugan berupa tindakan pembersihan pada waktu yang tepat. Untuk menentukan waktu yang tepat dalam melakukan pembersihan penukar panas ini, telah disusun suatu metode penentuan waktu pembersihan penukar panas reaktor nuklir.

Metode ini akan menguraikan cara penentuan penurunan indeks kinerja penukar panas, yang pada akhirnya menentukan waktu yang tepat untuk pembersihan setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Metode ini perlu dimasyarakatkan, mengingat Indonesia sebagai salah satu negara berkembang yang telah mencanangkan PLTN sebagai sumber pemasok energi listriknya di masa datang^[2]. Hal ini dimaksudkan agar Indonesia secara dini mempersiapkan diri dari segi sumber daya manusia dalam melakukan perawatan yang baik pada penukar panas PLTN nantinya. Metode penentuan waktu penukar panas reaktor nuklir ini didasarkan pada standar yang diterbitkan oleh Asosiasi Pembuat Penukar Panas yang disebut standar TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*)^[3] dan standar yang digunakan pada instalasi pembangkit daya yang disebut standar HEI (*Heat Exchanger Institute*).

Dengan memahami metode penentuan waktu pembersihan penukar panas reaktor nuklir ini diharapkan sumber daya manusia di Indonesia dapat mempersiapkan diri dalam pelaksanaan perawatan dan pembersihan penukar panas yang akan digunakan pada PLTN di Indonesia nantinya.

TEORI

Pada umumnya setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu, penukar panas (*heat exchanger*) akan mengalami pencemaran secara alami pada bagian luar, terutama pada daerah pipa-pipa kecil (*tube*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencemaran pada penukar panas^[3].

Pada Gambar 1 di atas, terlihat bagian luar pipa kecil dari penukar panas yang dicemari oleh kerak pengotor yang berasal dari kandungan mineral fluida kerja. Sebagai akibat dari pencemaran yang terjadi, indeks kinerja penukar panas akan mengalami penurunan yang tajam, sehingga diperlukan tindakan pembersihan untuk mengembalikan indeks kinerja penukar panas tersebut sesuai dengan kriteria rancangannya. Perkiraan seberapa lama suatu penukar panas yang mengalami pencemaran yang sangat buruk harus dibersihkan, sering berbeda dari kenyataan yang dialami. Penentuan waktu yang tepat untuk pembersihan penukar panas suatu reaktor nuklir dilakukan dengan cara membandingkan indeks kinerja penukar panas yang baru dengan indeks kinerja nyata setelah beroperasi selama periode waktu tertentu. Indeks unjuk kerja adalah perbandingan (*ratio*) koefisien perpindahan panas total yang diamati selama pelayanan (pengoperasian) berlangsung (U_{so}) pada koefisien perpindahan panas total untuk kondisi operasi yang setara (identik) dengan penukar panas yang baru atau yang baru dibersihkan (U_{co}).

Hubungan antara indeks unjuk kinerja dengan koefisien perpindahan panas pada penukar panas ditunjukkan pada persamaan (1)^[3] berikut.

$$I_p = U_{so} / U_{co} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan

U_{so} = koefisien perpindahan panas total yang diamati selama pengoperasian

U_{co} = koefisien perpindahan panas penukar panas yang baru atau baru dibersihkan.

Harga U_{so} diperoleh dari persamaan kesetimbangan panas menyeluruh seperti ditunjukkan pada persamaan (2)^[4] berikut.

$$Q = U.A.\Delta t \dots\dots\dots(2)$$

dengan

Q = panas yang dipindahkan
= daya termal yang dihasilkan reaktor

$$U = U_{so}$$

A = luas penampang perpindahan panas, dihitung dengan persamaan (3)

$$A = 2\pi.r.l.n \dots\dots\dots(3)$$

dengan

r = radius pipa kecil

l = panjang pipa kecil

n = jumlah pipa kecil

Δt = beda temperatur aliran masuk dan aliran keluar penukar panas, diperoleh dari hasil pengukuran langsung yang pembacaannya dapat dilakukan di ruang kendali utama (RKU).

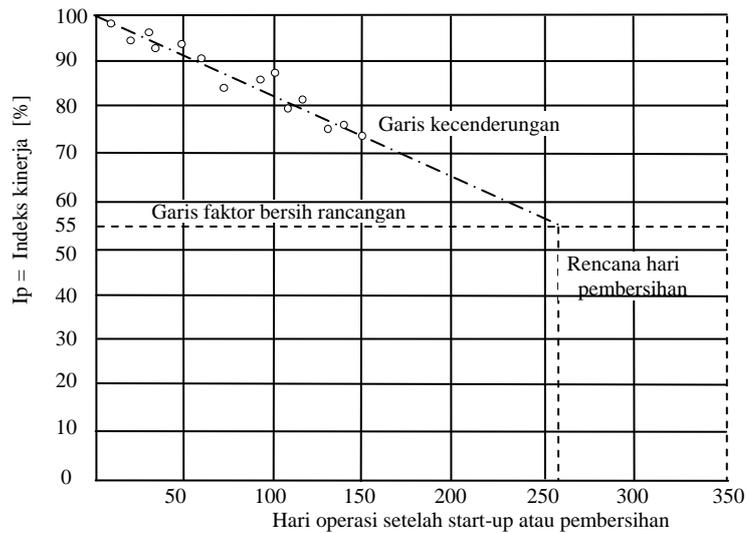
Setelah harga U_{so} diperoleh dengan menggunakan persamaan (2) dan (3), harga U_{co} dan R_{fa} dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 1^[3] berikut. Tabel ini adalah tabel nilai yang biasa diacu dalam melakukan perancangan penukar panas yang moderat mengalami pencemaran.

Tabel 1. Perbandingan koefisien perpindahan panas hasil pengamatan setelah penukar panas beroperasi dan koefisien perpindahan panas penukar panas yang baru Untuk tahanan pencemaran dari 0,002 (h.ft².°F)/Btu[(m².°C)/W]

Koefisien perpindahan panas				Tahanan pencemaran nyata (R_{fa}) $100(U_{co} - U_{so})/U_{co}$ (%)
Btu/(h.ft ² .°F)		W/(m ² .°K)		
U_{co}	U_{so}	U_{co}	U_{so}	
10	9,8	56,8	55,6	2,0
50	45,4	283,9	257,8	9,2
100	83,3	267,8	473	16,7
150	115,4	851,7	655,3	23,1
200	142,9	1135,6	811,4	28,6
250	166,7	1420	946,6	33,3
300	187,5	1703	1065	37,5
350	205,9	1987	1169	41,2
400	222,2	2271	1262	44,4
450	236,8	2555	1344	47,4
500	250	2839	1419	50,0

Dari Tabel 1 di atas, terlihat adanya keterkaitan antara nilai koefisien perpindahan panas hasil pengamatan (U_{so}) dengan yang baru. Dengan mengetahui salah satunya, maka yang lain dapat diketahui.

Dengan mengetahui nilai indeks kinerja dari penukar panas, maka rencana hari pembersihan penukar panas tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan diagram pada Gambar 2^[3] berikut.



Gambar 2. Rencana hari pembersihan

Garis faktor bersih rancangan didapat dari dokumen pemeliharaan yang disediakan oleh pabrik pembuat, sedangkan garis kecenderungan adalah merupakan garis yang dibentuk oleh titik-titik nilai hasil pengamatan tahanan pencemaran nyata dari nilai indeks kinerja selama pengoperasian yang diperoleh dari hasil pengamatan (*monitoring*). Perpotongan antara garis faktor bersih rancangan dengan garis kecenderungan adalah merupakan titik penting dalam rencana pembersihan suatu penukar panas. Dengan mengetahui letak titik ini, maka rencana pembersihan yang tepat pada suatu penukar panas telah dapat ditentukan.

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan penentuan waktu pembersihan penukar panas instalasi nuklir ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut^[4]:

1. Penentuan garis faktor bersih rancangan
2. Penentuan garis kecenderungan

3. Penentuan tahanan pencemaran nyata (R_{fa})
4. Penentuan waktu pembersihan

1. Penentuan garis faktor bersih rancangan

Garis faktor bersih rancangan adalah garis batas kebersihan yang merupakan perbandingan kebersihan yang diijinkan dalam desain dengan kebersihan menyeluruh. Oleh karena itu garis faktor bersih rancangan ini adalah suatu garis yang sudah ditentukan oleh pabrik pembuat dalam dokumen perawatan setiap penukar panas. Garis ini tidak sama untuk semua penukar panas. Jika posisi garis ini telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menentukan indeks kinerja nyata penukar panas tersebut.

2. Penentuan garis kecenderungan

Garis kecenderungan adalah garis yang dibentuk dari titik-titik tahanan pencemaran nyata yang telah diplotkan pada Tabel 1 pada setiap kali melakukan pengamatan. Garis ini adalah garis lurus (linier) yang mewakili seluruh titik nilai pencemaran nyata yang

sudah ditentukan. Karena nilai pencemaran nyata akan semakin meningkat dengan bertambahnya pecemaran, maka garis ini akan semakin menjauhi garis horizontal yang melalui indeks kinerja penukar panas yang baru (100%). Karena arahnya yang semakin menurun, maka garis ini disebut garis kecenderungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Penentuan tahanan pencemaran nyata (R_{fa})

Tahanan pencemaran nyata dari suatu penukar panas yang sudah dioperasikan dalam jangka waktu tertentu adalah merupakan penurunan kemampuan kinerja dari suatu penukar panas yang baru dengan kemampuan kinerja penukar panas setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu yang dinyatakan dalam persen. Persentasi penurunan kinerja penukar panas ini diketahui dengan cara melakukan pengamatan pada penukar panas tersebut setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Pengamatan dilakukan melalui indikator temperatur masuk dan keluar penukar panas di RCU pada periode waktu yang telah ditentukan (setiap 50 hari operasi). Hasil pengamatan yang diperoleh adalah berupa beda temperatur (Δt) antara air pendingin pada sisi masuk dan sisi keluar penukar panas. Dengan memasukkan nilai Δt ini pada persamaan (2), maka harga koefisien perpindahan panas penukar panas (U_{so}) dapat diketahui. Harga U_{so} ini dicocokkan pada Tabel 1, dengan memilih nilai yang terdekat dari nilai yang ada pada tabel. Dengan menarik garis lurus pada arah horizontal, maka harga tahanan pencemaran nyata yang terjadi dapat diketahui. Nilai tahanan pencemaran ini diplotkan pada Tabel 1, dimulai dari garis paling atas yang menunjukkan nilai indeks kinerja penukar panas yang baru (100%).

4. Penentuan waktu pembersihan

Setelah titik-titik pencemaran nyata ditentukan sesuai dengan periode pengamatan yang dilakukan, maka garis kecenderunganpun sudah dapat ditentukan. Jika garis ini telah berpotongan dengan garis faktor rancangan bersih yang ditentukan oleh pabrik pembuat, maka titik potong ini adalah merupakan titik yang penting dalam menentukan waktu pembersihan penukar panas. Jika melalui titik ini ditarik garis vertikal menuju kebawah, dan memotong garis hari operasi, maka titik potong tersebut merupakan titik yang mengindikasikan waktu pembersihan yang tepat bagi penukar panas yang diamati tersebut.

PEMBAHASAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun suatu metode penentuan waktu pembersihan penukar panas pada instalasi nuklir. Metode penentuan waktu pembersihan penukar panas instalasi nuklir ini meliputi : Penentuan garis faktor bersih rancangan, Penentuan tahanan pencemaran nyata (R_{fa}), Penentuan garis kecenderungan, Penentuan waktu pembersihan

Garis faktor bersih rancangan pada umumnya sudah ditentukan oleh pabrik pembuat pada dokumen petunjuk perawatan. Sedangkan tahanan pencemaran nyata ditentukan dengan cara melakukan pengamatan selama penukar panas tersebut dioperasikan. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa beda temperatur media pendingin memasuki penukar panas dengan temperatur media pendingin meninggalkan penukar panas. Beda temperatur yang diperoleh dari hasil pengamatan, dimasukkan pada persamaan (2) Persamaan ini dapat diselesaikan apabila parameter-parameter pengoperasian reaktor berupa daya reaktor saat beroperasi serta parameter lain berupa dimensi dari *tube* penukar panas tersebut diketahui. Dengan mensubstitusikan semua parameter pendukung pada persamaan (2)

dan (3) di atas, maka nilai koefisien perpindahan panas pada saat diamati (U_{so}) dapat ditentukan.

Untuk menentukan nilai tahanan pencemaran nyata digunakan Tabel 1. Hasil perhitungan yang diperoleh dari persamaan (2) dan (3), dicocokkan dengan harga U_{so} yang paling mendekati pada Tabel 1, maka pada kolom R_{fa} pada tabel tersebut akan diperoleh nilai tahanan pencemaran nyata yang terjadi pada penukar panas tersebut. Nilai tahanan pencemaran nyata yang diperoleh dari setiap kali melakukan pengamatan periodik ini diplotkan pada Gambar 2 dimulai dari bagian atas tabel (garis horizontal yang menggambarkan indeks kinerja 100%). Setelah melakukan pengamatan berulang kali, maka pada saat tertentu, titik-titik yang menggambarkan nilai tahanan pencemaran nyata ini telah tersebar pada setiap kolom pengamatan periodik pada Gambar 2. Jika melalui titik-titik ini ditarik garis lurus yang ideal mewakili semua titik tersebut, maka garis tersebut adalah garis kecenderungan yang menggambarkan penurunan indeks kinerja dari penukar panas tersebut. Perpotongan garis kecenderungan ini dengan garis faktor bersih rancangan yang ditentukan oleh pabrik pembuat adalah merupakan batas pengoperasian penukar panas dalam keadaan handal dan efisien. Jika melalui titik ini kita tarik garis vertikal ke bawah, maka kita akan temukan waktu yang tepat untuk melakukan pembersihan penukar panas. Jika pembersih-

an dilakukan pada waktu yang tepat, maka unjuk kinerja penukar panas akan tetap berada pada batas yang diijinkan dalam rancangan. Hal ini akan dapat mempertahankan kinerja penukar panas dengan efisiensi yang tinggi dan handal.

KESIMPULAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dengan memahami tahapan-tahapan yang diuraikan di atas, maka waktu pelaksanaan pembersihan penukar panas dapat ditentukan.
- 2) Pelaksanaan pembersihan penukar panas yang tepat akan menjamin unjuk kerja penukar panas pada kondisi efisiensi dan kehandalan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. M.M.EL-WAKIL, Power Plant Technology, McGraw-Hil, International Edition, Singapore 1984.
2. Anonimous, Landmark BATAN, batan.go.id
3. STANLEY YOKELL, A Working Guide To Shell and Tube Heat Exchanger, McGraw-Hill Publishing Company, New-York 1990.
4. DONALD. Q. KERN, Pralal-Counterflow Shell and Tube Exchanger, McGrawhill, Kogakusha, LTD, Tokyo, 1950.