

## KAJIAN *IN SERVICE INSPECTION* UNTUK ALAT PENUKAR KALOR RSG-GAS

Syafrul, Djunaidi

### ABSTRAK

**KAJIAN *IN SERVICE INSPECTION* UNTUK ALAT PENUKAR KALOR RSG-GAS.** Tujuan dilakukannya *in service inspection* (ISI) alat penukar kalor RSG-GAS adalah untuk menginvestigasi dan mengetahui kondisi alat penukar kalor dan kesesuaiannya dengan batasan yang disyaratkan dalam keselamatan operasi terutama yang menyangkut kinerja dan struktur/komponen serta untuk mengetahui sejauh mana penyimpangannya setelah beroperasi lebih dari 20 tahun. Program ini dilakukan setiap 5(lima) tahun sejak sistem dioperasikan, namun untuk alat penukar kalor RSG-GAS baru dapat dilaksanakan setelah alat beroperasi lebih dari 20 tahun. Kegiatan ini dilakukan menggunakan alat *Eddy Current* multi frekuensi yang dapat mengakses ke semua jenis bahan pipa, ukuran dan ketebalan *tube side* alat penukar kalor. Dari hasil *In Service Inspection* diketahui 1601 pipa tak ada masalah, 30 pipa bermasalah ringan dalam artian bahwa penipisan ketebalan pipa baru sebatas  $\pm 1,84\%$  dan 1 pipa bermasalah berat dalam artian bahwa penipisan ketebalan pipa sudah serius yaitu  $\pm 40\%$ , oleh sebab itu disarankan pipa ditutup/ di plug. Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan *in service inspection* harus dilaksanakan sesuai manual perawatan dan sesuai kriteria keselamatan agar kegagalan komponen cepat diketahui dan ditindaklanjuti.

Kata kunci : Alat Penukar kalor, eddy current test, *in service inspection*

### ABSTRACT

**STUDY ON *IN SERVICE INSPECTION* OF THE RSG-GAS HEAT EXCHANGER.** Purpose of *in service inspection* of the RSG-GAS heat exchanger is to investigate and recognize the condition of this components and its compliance to the safety requirement stated in the safety analysis report especially its performance after having 24 years operation. Actually this program/ activities should have been performed every 5 years since the components start operation but due some reason it is performed after 20 years operation. Investigation was done using eddy current multi frequencies at which it is able to access to all material types and to all tubes size and thickness of heat exchanger equipment. From this activities its known that that 1601 pipes are still in good condition, 30 pipes having reduction thickness of 1,84% and 1 pipe having  $\pm 40\%$  reduction. Therefore it is suggested pipe having maximum depletion thickness should be plugged. From this assessment it can be concluded that schedule of *in service inspection* should be strictly followed and performed per maintenance manual or per safety regulation in order to avoid serious failure.

Key word : Heat Exchanger, eddy current, *in service inspection*

### PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan faktor utama yang harus dipenuhi dalam mengoperasikan instalasi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menunjang keselamatan pengoperasian instalasi, salah satu dan yang paling penting adalah melakukan perawatan terhadap sistem, komponen utama, peralatan secara teratur. Salah satu yang termasuk di dalam perawatan adalah perawatan mekanik dari komponen atau alat dengan cara *in service inspection* seperti pada alat penukar kalor. Perawatan dan *in service inspection* dilakukan untuk menjamin kesesuaian kondisi dengan batasan yang memadai keselamatan operasi instalasi. Inspeksi merupakan bagian dari perawatan dilaksanakan untuk sistem atau komponen utama dengan tujuan untuk mengetahui keadaan struktur dan komponen alat saat ini yang telah mengalami penuaan setelah beroperasi lama. Di dalam penukar kalor bagian-bagian yang rawan dan perlu dilakukan

inspeksi adalah *tube-tubanya* karena *tube* adalah bidang *transfer* kalor dari system pendingin primer ke system pendingin sekunder, juga *tube-tube* dari penukar kalor ini dialiri fluida baik dalam maupun luar dengan suhu yang berbeda sehingga setelah beroperasi sekitar 20 tahunan terdapat beberapa kemungkinan yang timbul yang menyangkut kinerjanya. Kemungkinan yang paling dominan adalah menipisnya ketebalan pipa karena tererosi aliran secara terus menerus dari dalam maupun luar pipa. Sehubungan dengan telah lamanya alat tersebut digunakan, maka sudah sangat mungkin mulai terjadi proses pengikisan/penipisan pada pipa-pipa yang dapat mengganggu laju alir berupa perembesan atau kebocoran dan mengganggu perpindahan kalor dari primer ke sekunder. Kemudian kemungkinan yang lain diameter pipa mengalami deformasi karena perbedaan suhu yang berkepanjangan juga pembentukan kerak pada permukaan pipa dan untuk itulah perlunya dilakukan inspeksi terencana. Dalam tulisan ini akan dipaparkan hasil-hasil inspeksi

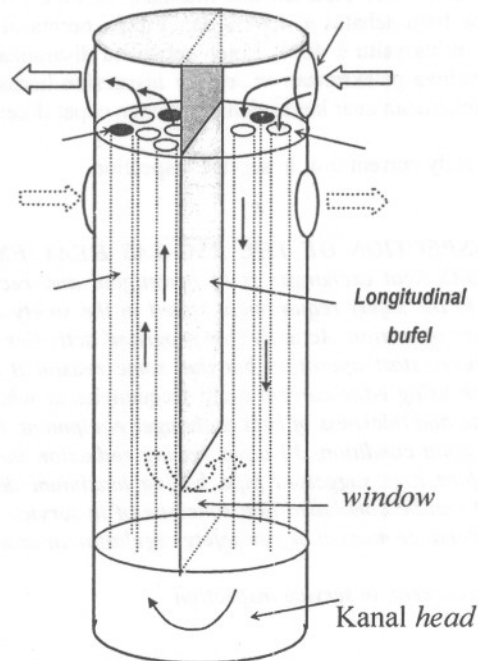
penukar kalor dari lemaga riset serta evaluasi pelaksanaan inspeksi. Dengan dilakukan inspeksi keadaan komponen atau alat diharapkan dapat memantau bagian-bagian yang penting,

#### DISKRIPSI SISTIM

Alat penukar kalor pada sistem pendingin RSG-GAS adalah jenis *Shell and Tube* berbentuk tabung tegak, aliran berlawanan *2 pass shell* dan *2 pass tube*. RSG-GAS mempunyai 2 buah alat penukar kalor yang terpasang secara paralel, masing-masing memiliki data geometri dan kapasitas yang sama

kelangsungan perpindahan kalor tetap baik dan kerusakan total dapat dihindarkan.

dengan beban nominal 15 MW. Alat ini memiliki penyekat (*baffle*) longitudinal pada bagian garis tengah *shell*, sisi *shell* dilalui oleh fluida panas sedangkan *tube* dilalui oleh fluida dingin seperti pada **Gambar 1**. Alat pembersih *tube* berupa bola-bola elastis dilewatkan ke dalam *tube* secara reguler bersama aliran yang digerakkan oleh pompa sirkulasi. Tabel 1 menyajikan data spesifikasi alat penukar kalor.



Gambar 1. Skema Aliran Penukar Panas

Tabel 1. Spesifikasi penukar kalor RSG-GAS

No	Item	Uraian
1.	Type	Multi pass, shall and tube, 2,2
2.	Manufacture	BALKE-DURR,AG.Hombergerstrabe 2.Germany
3.	Tahun pembuatan	1984
4.	Diameter	1 300 mm
5.	Panjang total	9 000 mm
6.	Posisi	Vertikal
7.	Tube (pipa)	Lihat tabel 1.1

Tabel 1.1. Spesifikasi pipa-pipa penukar kalor RSG-GAS

No	Item	Uraian
1.	Diameter x ketebalan	22 mm x 1 mm
2.	panjang	7 410 mm
3.	Jumlah pipa total	2 x 816 pipa
4.	Material	
5.	Standart	X10 Cr Ni Mo Ti 1810-1 14571(DIN 17440)
6.	Komposisi (%)	

	C	0,01
	Si	1
	Mn	2
	P	0,045
	S	0,035
	Cr	17,5
	Ni	12
	Mo	2,25
	Ti	0,33
7.	Tes Hidrostatik	59 blar (pada 1984)
8.	NDT <i>eddy curen</i>	Sesuai AVS 21.1.1 (pada 1984)

Tabel 2. Spesifikasi air pendingin sekunder

No	Item	Uraian
1.	pH	6,5 – 8
2.	Kunduktifitas	850 – 1500 $\mu$ s/cm
3.	Ca CO <sub>3</sub> max	280 ppm
4.	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup> max	320 ppm
5.	Hardness total (kesadahan) max	480 ppm
6.	Fe total max	1 ppm
7.	Cl <sup>-</sup> max	177,5 ppm
8.	Laju korosi max	3 mpy
9.	Bakteri	10 <sup>6</sup> bakteri/ml

#### TANGGUNG JAWAB DAN IMPLEMENTASI

Manajenen perawatan bertanggung jawab terhadap pelayanan program inspeksi yang mencakup semua aktivitas inspeksi, apakah dapat berjalan sesuai dengan rencana atau tidak. Penanggung jawan inspeksi dapat menggunakan tenaga berasal dari lingkungan sendiri atau tempat lain. Penanggung jawab inspeksi mempunyai tugas dan tanggung jawab antara lain<sup>2)</sup>:

- Menyiapkan dokumen disain rancangan, susunan sistem, stuktur dan komponen yang termasuk dalam bagian yang akan diinspeksi.
- Menyiapkan program dan jadwal pelaksanaan inspeksi.
- Melakukan koordinasi antara individu atau grup yang terlibat dalam peyanan inspeksi
- Mengembangkan dan menyiapkan prosedur inspeksi secara tertulis diantaranya diagram/struktur komponen, spesifikasi dan lokasi yang akan diinspeksi.
- Melaksanakan program pelayanan inspeksi
- Jaminan bahwa inspeksi dilakukan oleh personil yang terkuualifikasi.
- Jaminan bahwa peralatan dan prosedur yang digunakan untuk inspeksi dalam kondisi baik siap pakai dan terkalibrasi
- Menganalisis dan membuat laporan hasil inspeksi maupun pengujian

- Mendokumentasikan hasil pemeriksaan untuk evaluasi berikutnya.

Implementasi inspeksi terhadap penukar kalor dapat dilakukan secara berkala, tergantung kebutuhan agar tidak terjadi kegagalan fungsi, memperbaiki koefisien perpindahan global dan untuk kepentingan keselamatan, hal-hal lain persyaratan yang ditetapkan oleh laporan Analisis Keselamatan instalasi yang harus dipenuhi biasanya untuk penukar kalor dengan kapasitas besar beda tekanan total pada tube side yang diijinkan sebesar 0,4 bar serta dianjurkan  $\Delta P_{total}$  tidak lebih dari 0,68 bar karena akan banyak masalah yang berkepanjangan. Untuk inspeksi membersihkan kerak-kerak yang menempel agar Ug kembali normal dan prosedurnya adalah sebagai berikut<sup>3)</sup>:

- Sebelum dilakukan pembongkaran, sistem pendingin dalam kondisi mati
- Siapkan *seal* pengganti dan catu daya listrik pompa primer, sekunder, *floding* dimatikan.
- Air di dalam penukar kalor dikosongkan dan buka tutup atas.
- Lakukan pengukuran diameter *tube* kemudian bersihkan permukaan dan saluran tube dengan pipa Aluminium dan disemprot dengan *Jet cliner* air bebas mineral
- Lakukan pengukuran kembali diametr *tube* setelah dibersihkan dan tutup kembali
- Lakukan tes kebocoran penukar kalor dengan mengoperasikan sistem pendingin sekunder.

#### METODE INSPEKSI

Pemeriksaan *tube-side* dengan peralatan *Eddy current* pada prinsipnya mengukur ketebalan pipa-pipa yang digunakan sebagai bidang kontak langsung antara pendingin primer dan sekunder. *Eddy current* adalah metode pengukuran yang efektif dengan menguji pipa melalui diameter dalam (ID) dan metoda mengevaluasi secara luas kondisi pipa-pipa penukar kalor. Suatu cara pemeriksaan dengan memasukkan/menyisipkan suatu alat ke dalam tabung dan berjalan terus sepanjang pipa akan dapat memberikan informasi tentang ukuran, penempatan dan jenis manapun cacat tabung dan memberikan suatu penilaian / assessment pantas tidaknya untuk dilanjutkan atau dipakai lagi. Yang didasarkan pada informasi dari operator agar dapat memaksimalkan pemakaiannya, penukar kalor dapat beroperasi lebih efisien dan meminimalkan kebocoran dan kegagalan yang tak diduga. Peralatan yang digunakan pada inspeksi penukar kalor adalah : tipe instrumen MIZ 40 *Eddy Current Instrument*. Kemudian untuk lebih tenang dalam bekerja jadwal inspeksi membutuhkan waktu reaktor *shut down* sekitar sebulan dan tata kerjanya sebagai berikut :

Sebelum melakukan pengujian *eddy current* terlebih dulu dilakukan pembersihan terhadap *tube* untuk meyakinkan bahwa *tube* benar-benar dalam keadaan bersih dari berbagai macam kotoran yang dapat mengganggu operasional gerak *probe* karena kotoran dapat merusak *probe bobbin*. Setelah pembersihan *tube* harus langsung dikeringkan agar pengujian dapat dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari agar larutan pembersih tidak merusak *probe*. Selanjutnya peralatan yang

digunakan adalah alat *eddy current, recorder, probe* dan pendorong *probe (probe pusher)*. Sebelum pengujian dilakukan peralatan harus dikalibrasi sesuai dengan standar, tabung standar tube harus sesuai dengan dimensi dan jenis material serta kemungkinan heat treatmentnya dengan tube yang diuji, kemudian hasil peneraan sinyal kalibrasi yang terekam pada grafik *x,y,t* harus mampu membedakan dengan jelas dan proporsional antara cacat ID atau OD pada range 100% sampai dengan 20 %. Selama pengujian data harus direkam selagi *probe* sedang bergerak dari dalam tabung penukar kalor. Pengujian tabung penukar kalor dilakukan dengan *internal probe*. Penggunaan frekuensi 8 KHz harus dilakukan bila pemeriksaan pada tube *aluminium brass* dan untuk *copper stainless steel* frekuensinya antara 8 sampai 16 KHz. Untuk jenis *Heavy wall* harus digunakan frekuensi rendah begitu juga untuk logam konduktor yang bagus. Dinding yang tipis, tube yang halus dan kecil daya hantarnya harus digunakan frekuensi tinggi. *Probe* harus dapat menembus sepanjang pipa dengan menggunakan peralatan penekan udara maupun manual. Setelah *probe* menembus ujung pipa maka *probe* ditarik secara manual dengan hati-hati serta dicatat pada *chart recorder* sampai tarikan habis. Kecepatan rata-rata penarikan *probe* tidak melebihi 14 in/detik secara konstant atau disesuaikan dengan karakteristik dari material. Kecepatan dari grafik pencatat dari *recorder* harus sekitar 10 mm/detik pada rentang (range) skala penuh, selengkapnya lihat pada lampiran.

#### Hasil inspeksi penukar kalor

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

*In Service Inspection (ISI)* pada alat penukar kalor RSG-GAS dilakukan dengan menggunakan alat

*Eddy Current* dengan spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Peralatan inspeksi

No	Irem	Uraian
1.	Tipe instrumen	MIZ 40 Eddy curent Instrumen
2.	Manufactur	ZETEC, USA.
3.	Type probe	Bobbin differential
4.	Diameter luar prob	18. mm
5.	Standart Refrensi pipa	213 TP 321 IH-ASME bagian V artikel 8.

Hasil inspeksi yang dilakukan dengan *eddy current* terlihat pada Tabel 4

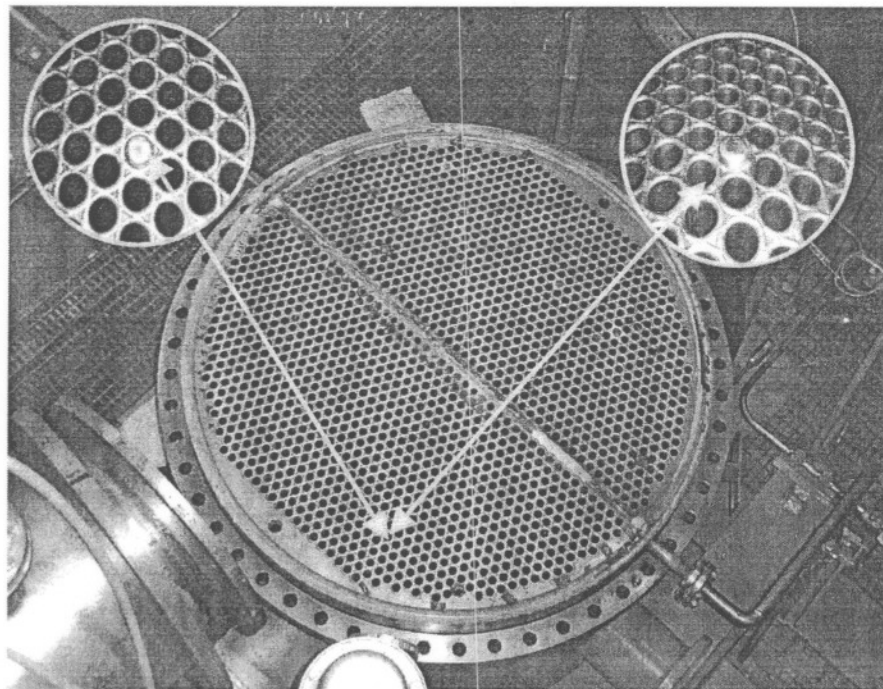
Tabel 4. Hasil pemeriksaan dengan *Eddy current*

HE R tubes JE01 BC02	Klasifikasi hasil/penipisan					Accessible tube	Total tube
	1 (0-20) %	2 (21-40) %	3 (41-60) %	4 (61-80) %	5 (81-100) %		
Outlet side	809 99,14%	-	1 0,12%	-	-	6 0,74%	816
Inlet side	792 97,06%	-	-	-	-	24 2,94%	816
Total tube	1601 98,10%	-	1 0,06%	-	-	30 1,84%	1632 100%

\*Catatan : 1601 pipa tak ada masalah, 30 pipa masalah ringan dan 1 pipa masalah berat

Bagian *tube-side* merupakan bidang kontak langsung antara pendingin primer pada posisi luar dan pendingin sekunder berada pada bagian dalam, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1. Diantara pendingin primer dan pendingin sekunder terdapat perbedaan suhu dalam operasinya, dan *transfer* panas terjadi dari luar pipa pendingin primer dengan suhu lebih tinggi menuju dalam pipa pendingin sekunder dengan suhu yang lebih rendah dimana aliran kedua pendingin berlawanan arah. Maksud dibuat berlawanan arah adalah untuk mempercepat proses perpindahan kalor. Kecepatan alir kedua sistem pendingin sedang untuk ukuran penukar kalor dan. Setelah dilakukan inspeksi 20 tahunan ada beberapa pipa yang mengalami

penipisan dan hanya ada satu pipa (*tube*) yang mengkhawatirkan karena penipisan tersebut telah mencapai 40 % seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 hasil pengukuran dengan menggunakan *eddy current* yang akhirnya direkomendasikan ditutup (di *plug*) untuk tidak difungsikan lagi, dengan demikian luas bidang transfer/kontak kalor akan berkurang tetapi pengaruhnya **sangat kecil**. Penipisan tersebut diperkirakan akibat erosi dari aliran yang berlawanan arah kecepatan medium pada suhu antara 32 °C sampai dengan 40 °C selama 20 tahunan, pengaruh kualitas air sekunder tidak terlihat karena tidak nampak adanya korosi didalam *tube* tersebut



Gambar 2. Tube-tube penukar kalor yang ditutup karena mengalami penipisan

#### Inspeksi meningkatkan umur operasi alat

Perawatan dan inspeksi dilakukan untuk menjamin kesesuaian kondisi dengan batasan yang memadai keselamatan operasi reaktor. Inspeksi merupakan bagian dari perawatan dilaksanakan untuk komponen utama reaktor dengan tujuan untuk mengetahui keadaan struktur dan komponen alat yang telah mengalami penuaan setelah beroperasi lama dan menghindari terjadinya degradasi serta menghindari kerusakan fatal. Degradasi yang dialami oleh penukar kalor yaitu menurunnya koefisien perpindahan panas global (Ug) alat penukar kalor, ditandai menurunnya  $\Delta t$  pada sisi sistem pendingin sekunder selama beberapa hari operasi penipisan pipa-pipa. Setelah dilakukan inspeksi jangka panjang dan dilakukan perbaikan maka ada suatu jaminan keselamatan dalam pemakaian alat penukar panas dimasa berikutnya

#### KESIMPULAN

Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan *in service inspection* harus dilaksanakan sesuai manual perawatan dan sesuai kriteria keselamatan agar kegagalan komponen cepat diketahui dan ditindaklanjuti.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. ANIMMOUS, *Safety Analysis Report Rev-8*, Bab 5, PRSG-BATAN.1998
2. Draft safety guide, working ID 35-G7, the safety standard on Maintenance periodic testing and inspection of resear reactor.
3. TARIGAN A.dkk. "Manajemem perawatan dan *in service inspection* reaktor serbaguna G.A. Siwabessy", Proseding BATAN-JAERI seminar on pre service and in service inspection for nuclear components, Jakarta 2-4 Desember 1998.
4. TARIGAN A., "Overhaul system penukar panas RSG-GAS", Proseding seminar Teknologi dan keselamatan PLTN serta fasilitas Nuklir ke-6, Jakarta 10-11 Oktober 2000.
5. ANIMMOUS, "Final report of Eddy Curent Test on Heat Exchanger Tubes JE 01 BC 02 RSG-GAS BATAN., Report Number 072 /RPT-BTR/ VII 06, Date July 28, 2006.
6. ANIMMOUS, *Expert mission report on in-service inspection of heat exchangers and radiation protection program of RSG-GAS*, Serpong, Indonesia, 11-15 Desember 2006.