

## PERAWATAN DAN PEMERIKSAAN PIPA-PIPA ALAT PENUKAR PANAS JE01 BC02 RSG – GAS

Santosa Pujiarta, Dede Solehudin Fauzi, Syafrul, Aep Saepudin Catur,  
Bambang Murjati, Amril, Royadi  
PRSG-BATAN

### ABSTRAK

**Perawatan Pemeriksaan Pipa-Pipa Alat Penukar Panas JE01 BC02 RSG - GAS.** Telah dilakukan pemeriksaan pipa-pipa alat penukar panas JE01 BC02 RSG-GAS dengan uji tak merusak (*NDT*) menggunakan metode arus pusar (*Eddy Current*). Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui kondisi pipa-pipa (*tubes*) dan menjamin bahwa peralatan penukar panas dapat dioperasikan dengan aman. Pemeriksaan alat penukar panas 5 tahunan didasarkan pada buku petunjuk perawatan dan perbaikan. Lingkup pemeriksaan terdiri dari bagian pipa-pipa penukar panas dan sil karet pada setiap sambungan. Dari hasil pemeriksaan 1632 pipa-pipa penukar panas JE01 BC02, ditemukan 1 buah pipa telah ditutup (*plugged*), 2 buah pipa mengalami penipisan dinding pipa hingga 10% dan 4 buah pipa mengalami cacat cekungan (*dent*) sampai 10. Beberapa pipa mengalami penyempitan oleh kerak atau sediment, kerak tersebut terbentuk akibat dari kualitas air pendingin sekunder yang kurang baik dan sistem bola pembersih pipa tidak berfungsi secara maksimal. Setelah kerak yang menempel dibersihkan, pipa-pipa penukar panas dapat difungsikan kembali. Alat penukar panas reaktor GA. Siwabessy masih berada dalam batas dan kondisi yang aman untuk dipergunakan hingga 5 tahun yang akan datang, sampai pada pemeriksaan berikutnya.

**Kata kunci :** Pipa-pipa, Alat penukar panas, Eddy Current

### ABSTRACT

**Inspection And Maintenance Of Heat Exchanger Tubes JE01 BC02 RSG - GAS.** Inspection of the tubes of heat exchanger JE01 BC02 RSG-GAS has been done by non destructive test (*NDT*) using Eddy Current method. The aim of inspection is to know the tubes condition and to guarantee that the heat exchanger can be safely operation. The 5-year inspection of heat exchanger was based on the maintenance and repair manual. Scope of the inspection consists of the heat exchanger pipes and rubber seals on each connection. The results of 1632 heat exchanger pipes JE01 BC02, found 1 pipe has been closed (*plugged*), 2 pieces of pipe wall thinning pipe having up to 10% and 4 pieces of pipe dent defect to 10%. Some tubes is narrowed due the scale or sediment, it is formed due to the less well of secondary cooling water quality and the tubes cleaning ball system is not optimally function. After scale has been cleaned, the heat exchanger tubes can be used. The heat exchanger reactor GA. Siwabessy is still within the safe limits and conditions to be used up to 5 years, until the next inspection.

**Key word :** Tubes, Heat exchanger, Eddy Current

### PENDAHULUAN

Peralatan penukar panas atau yang biasa disebut HE (*heat exchanger*) merupakan peralatan pendukung utama dalam proses pemindahan panas dari teras reaktor menuju ke lingkungan. Panas yang dibangkitkan dari teras akan dibawa oleh air pendingin primer dan dipindahkan menuju air pendingin sekunder melalui HE, selanjutnya panas dilepaskan ke lingkungan dengan hembusan angin dari *blower* yang cukup besar pada menara air pendingin. Peralatan penukar panas yang terdapat di reaktor serba guna G.A Siwabessy terdiri dari 2 buah tabung alat penukar panas dan dirancang mampu

memindahkan total panas dari teras sebesar 32,400 MW.

Jenis dari alat penukar panas di RSG-GAS adalah jenis pipa dan cangkang posisi tegak (*shell and tube*), dimana air pendingin sekunder mengalir pada sisi pipa dan air pendingin primer mengalir pada sisi cangkang dengan arah aliran masuk dan keluar masing-masing pendingin berada pada sisi yang berlawanan arah (*2/2, counter flow*).

Pemeriksaan alat penukar panas sangat diperlukan untuk dapat mengetahui kondisi mekanis yang terkini, agar dapat dijamin kelanjutan dan keselamatan operasi. Petunjuk tentang pemeriksaan alat penukar panas terangkum di dalam buku

petunjuk perawatan dan perbaikan (*Maintenance and Repair Manual, MRM*)<sup>2)</sup> dari sistem pendingin primer RSG-GAS. Pemeriksaan telah dilakukan pada tanggal 15 Mei 2013 sampai 4 Juni 2013 dengan cara uji tak merusak menggunakan metode arus pusar (*Eddy Current*). Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui kemungkinan penipisan dan mengukur besarnya penipisan pipa alat penukar panas pada sisi pendingin sekunder yang diakibatkan oleh korosi atau erosi pipa. Hasil pengukuran ketebalan pipa tersebut menunjukkan kualitas atau kondisi dari pipa penukar panas pada saat ini dan digunakan untuk menjamin keamanan pengoperasian dari alat penukar panas hingga pada pemeriksaan berikutnya.

Pipa dari peralatan penukar panas terbuat dari bahan baja austenitik (*austenitic steel*) 1.4541/DIN 17.440 setara dengan SS304/ANSI, dengan diameter luar 22 mm ( $\varnothing$  7/8 inch) dan ketebalan 1 mm (0.04 inch). Pemilihan bahan tersebut dimaksudkan untuk mengurangi laju korosi pipa dan mudah di dekontaminasi.

## DASAR TEORI

### Deskripsi Sistem Pendingin Sekunder

Sistem pendingin sekunder RSG-GAS adalah merupakan media pelepasan panas terakhir pada instalasi reaktor, energi panas dari sistem pendingin primer dipindahkan menuju sistem pendingin sekunder melalui alat penukar panas yang selanjutnya dilepas ke udara oleh unit menara pendingin jenis *forced draft*. Terdapat 6 modul dalam 2 jalur (*train*) menara pendingin pada sistem pendingin sekunder. Menurut data spesifikasi disainnya sistem ini dilalui oleh air pendingin dengan suhu masuk 39,2 °C dan suhu keluar 32 °C, pada beban termal penuh (maksimum) sebesar 33000 kW. Air pendingin sekunder disirkulasikan oleh 2 unit pompa dengan total laju alir sebesar 3900 m<sup>3</sup>/jam<sup>3)</sup>.

Pemipaan sistem pendingin sekunder terbagi menjadi 2 jalur, masing-masing jalur dilengkapi dengan sistem injeksi bahan kimia, sistem sirkulasi bola karet pembersih dan sebuah alat penukar panas. Ke dua jalur pemipaan di layani oleh 3 unit pompa sirkulasi dengan moda operasi 2 unit beroperasi dan satu unit berfungsi sebagai cadangan apabila terdapat gangguan pada saat pengoperasian.

Jalur pemipaan sistem pendingin sekunder yang berada di dalam gedung reaktor di buat dari bahan baja tahan karat sedangkan pada bagian di luar gedung menggunakan bahan baja karbon.

Sistem injeksi bahan kimia pada sistem ini dimanfaatkan untuk proses pengendalian kualitas air pendingin sehingga laju korosi pipa dapat dikendalikan pada tingkat yang aman sedangkan sistem sirkulasi bola karet digunakan untuk

membersihkan pipa (*tube*) alat penukar panas dari kerak yang menempel.

Tabel 1. Data rancangan dari sistem pendingin sekunder.<sup>1)</sup>

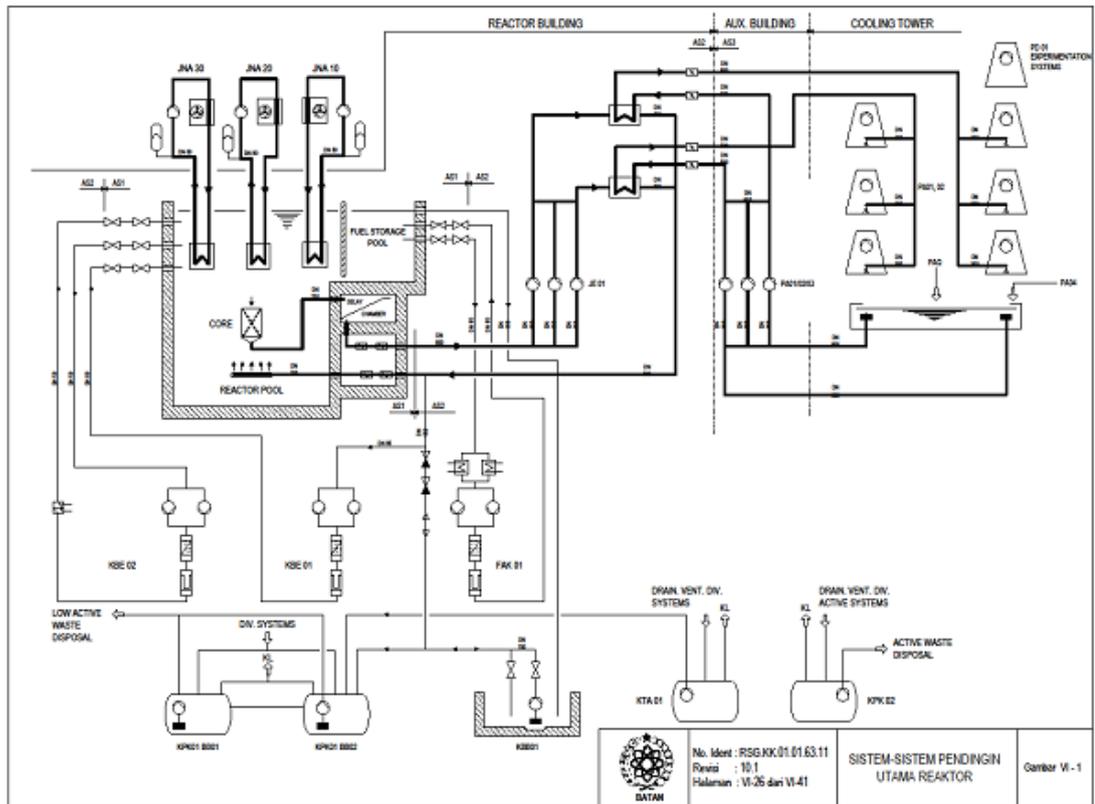
Rancangan tekanan	6 bar
Rancangan suhu	60 °C
Rancangan laju aliran	3900 m <sup>3</sup> /jam
Jumlah unit paralel	2 × 50 %
Jumlah pompa sirkulasi	3 x 50 %
Total head pompa	29 m
Daya motor pompa	220 kW
Rancangan beban panas total	33000 kW
Jumlah modul menara pendingin	6
Rancangan beban panas per modul	5500 kW
Suhu air masuk menara pendingin	39.2 °C
Suhu air keluar menara pendingin	32.0 °C
Suhu udara basah	28.0 °C

### Deskripsi Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

RSG-GAS mempunyai 2 unit alat penukar panas dan ditempatkan di ruang sel primer. Alat ini berfungsi untuk memindahkan panas yang dari sistem pendingin primer ke sistem pendingin sekunder. Masing-masing alat penukar panas dirancang dengan kemampuan memindahkan panas reaktor sebesar 50 % pada beban penuh yaitu pada daya 30 MW atau dengan moda operasi 2 x 50 %.

Tipe dari alat penukar panas adalah *multi-pass shell and tube* yang dipasang secara vertikal dengan sambungan pipa pendingin primer dan sekunder berada di bagian atas tabung penukar panas. Tipe alat penukar panas disebut dengan *multi-pass* karena terdapat dua jalur aliran di dalam tabung penukar panas, satu jalur berfungsi sebagai sisi masuk air pendingin sedangkan jalur yang lain berfungsi sebagai sisi keluar.

Komponen dari alat penukar panas terbuat dari bahan baja austenitik sama seperti yang digunakan pada pemipaan sistem pendingin primer. Didalam tabung penukar panas terdapat penyekat yang berfungsi untuk membagi alat penukar panas menjadi 2 bagian aliran sehingga air pendingin sisi masuk dan keluar tidak bercampur. Air pendingin primer mengalir ke sisi masukan penukar panas pada bagian atas tabung, kemudian mengalir kebawah melewati sisi *shell* dan kembali keluar melalui sisi keluaran yang berada pada bagian atas alat penukar panas. Sedangkan air pendingin sekunder mengalir melalui sisi masukan pendingin sekunder yang



Gambar 1. Gambar skematik sistem pendingin reaktor GA.Siwabessy

1

terletak di sebelah atas pipa masukan pendingin primer, kemudian turun kebawah melewati pipa-pipa penukar panas hingga penutup tabung sisi bagian bawah (*dishead*), selanjutnya kembali naik ke atas melewati pipa-pipa penukar panas pada sisi

yang lain dan keluar melalui pipa keluaran yang terletak di bagian atas pipa keluaranair pendingin primer. (lihat gambar 2)

Tabel 2. Rancangan parameter dari alat penukar panas.<sup>1)</sup>

Tipe	<i>Multi-pass, shell and tube, 2/2</i>
Rancangan tekanan	10 bar
Rancangan suhu	60 °C
Kerapatan seal penyekat	10 <sup>-3</sup> mbar.l/s
Jumlah alat penukar panas ( <i>HE = heat exchanger</i> )	2 x 50 %
Kemampuan memindahkan panas per HE	16200 kW
Suhu air pendingin primer pada sisi masuk HE	49 °C
Suhu air pendingin primer pada sisi keluar HE	40 °C
Kecepatan aliran massa air primer untuk setiap HE	430 kg/s
Suhu air pendingin sekunder pada sisi masuk HE	32 °C
Suhu air pendingin sekunder pada sisi masuk HE	40 °C
Kecepatan aliran massa air sekunder untuk setiap HE	485 kg/s
Tekanan operasi sisi masuk primer	1,4 bar
Tekanan operasi sisi keluar primer	0,9 bar
Tekanan operasi sisi masuk sekunder	0,4 bar
Tekanan operasi sisi keluar sekunder	0 bar
Kehilangan tekanan sisi <i>shell</i> (primer)	0,5 bar
Kehilangan tekanan sisi <i>shell</i> (sekunder)	0,4 bar
Luas permukaan perpindahan panas	780 m <sup>2</sup>
Dimensi <i>tube</i>	Diameter 22 mm x 1 mm
Panjang <i>tube</i>	7410 mm
Jumlah <i>tube</i> per jalur	816 buah
Diameter luar <i>shell</i>	1300 mm
Panjang keseluruhan alat penukar panas	± 9000 mm

### Perawatan Alat Penukar Panas

Alat penukar panas pada suatu reaktor nuklir menjadi peralatan yang sangat penting karena akan dipergunakan untuk memindahkan panas yang dibangkitkan akibat proses reaksi fisi di dalam teras, apabila peralatan ini tidak dapat berfungsi dengan baik untuk menjaga suhu di dalam teras maka dapat berakibat yang fatal. Oleh karena itu peralatan ini harus selalu dijaga dan dirawat untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor nuklir. Fungsi lain dari perawatan adalah untuk memperpanjang usia peralatan dan dapat digunakan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan, sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih besar.<sup>2)</sup>

Untuk mengetahui kemampuan perpindahan panas dari alat penukar panas dapat di pantau dari harga  $\Delta T$  pada sisi masuk dan keluar penukar panas pada sisi pendingin sekunder, selanjutnya dihitung besarnya laju perpindahan panas yang terjadi dengan menggunakan rumus sebagai berikut;<sup>6)</sup>

$$Q = mCp \times \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

$Q$  = Panas yang dipindahkan

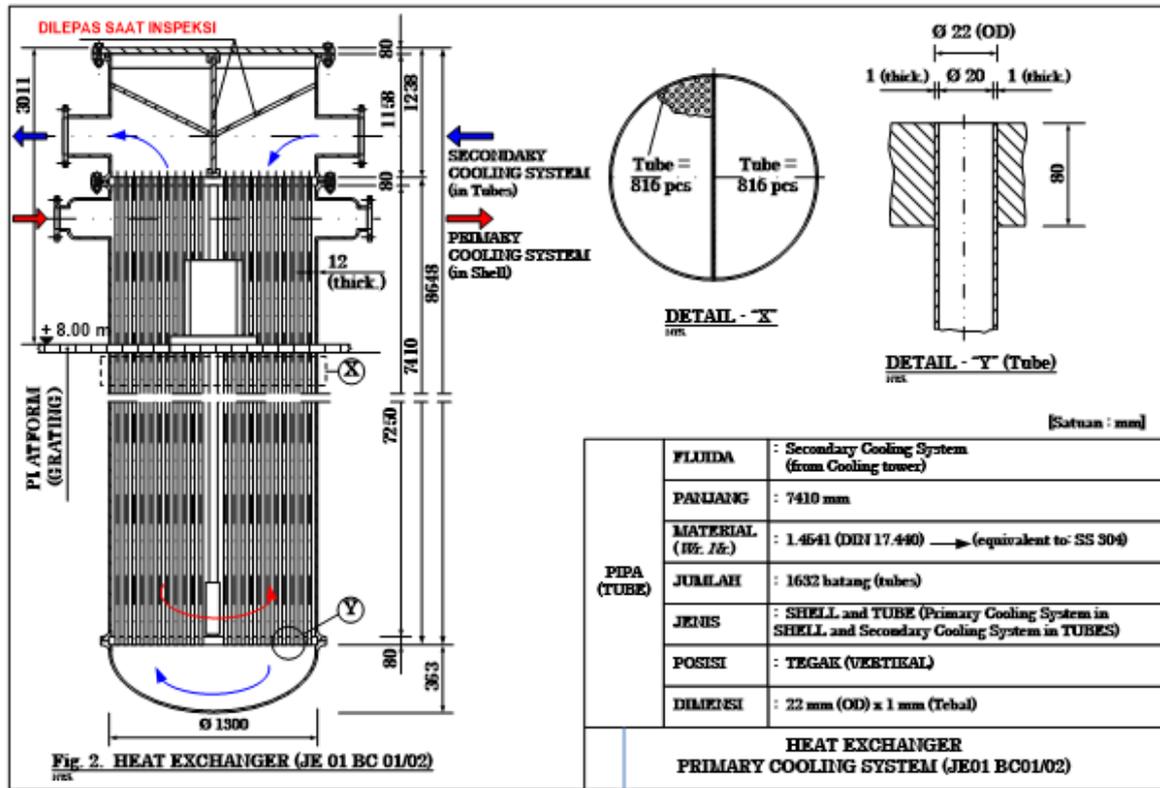
$m$  = massa air pendingin

$Cp$  = panas jenis air pendingin

$\Delta T$  = selisih suhu air pendingin masuk dan keluar penukar panas

Untuk menjaga supaya peralatan penukar panas (HE) dapat berfungsi secara maksimal maka perlu dilakukan perawatan dan pemeriksaan yang akan dilakukan dalam kegiatan perawatan harian, 5 tahunan dan 10 tahunan. Dalam kegiatan perawatan harian dilakukan inspeksi secara visual dengan melihat dan memeriksa kekedapan sil dan *packing* pada setiap sambungan flange untuk mengantisipasi adanya kebocoran air pendingin, serta melakukan pemeriksaan getaran atau vibrasi pada alat penukar panas dengan menggunakan tangan, hal ini untuk mengantisipasi adanya getaran yang berlebihan yang dapat berdampak retaknya sambungan pada alat penukar panas. Sedangkan pada perawatan 5 tahunan dilakukan pemeriksaan dengan test uji tekanan dan pemeriksaan bagian dalam *tube* alat penukar panas dengan membuka bagian atas dan bawah tabung penukar panas. Untuk pemeriksaan bagian dalam dilakukan dengan metode *Eddy*

Di sini temple gambar 2



Gambar 2. Dimensi alat penukar panas reaktor GA. Siwabessy JE01 BC01/02

*Current* untuk mengetahui korosi dan kerusakan bagian *tube*.

Untuk perawatan 10 tahunan dilakukan sampling pemeriksaan sambungan las pipa dengan menggunakan metode radiography atau metode *Non Destructive Test* lainnya.<sup>2)</sup>

**TATA KERJA PEMERIKSAAN PENUKAR PANAS**

Untuk menjamin supaya program pengoperasian reaktor dapat berlangsung dengan lancar, aman dan selamat maka perawatan menjadi hal utama yang harus diperhatikan. Salah satu kegiatan perawatan adalah melakukan pemeriksaan

bagian dalam pipa penukar panas yang dilakukan pada program perawatan 5 tahunan. Pada perawatan 5 tahunan dilakukan pemeriksaan pada bagian dalam *tube* <sup>2)</sup>.

Di dalam kegiatan perawatan 5 tahunan yang dilaksanakan pada bulan Juni 2013, telah dilakukan pemeriksaan pipa penukar panas JE01 BC02 sisi pendingin sekunder dengan cara uji tak merusak menggunakan metode pengujian arus pusar Eddy (*Eddy Current Test*) untuk melihat kemungkinan terdapat cacat (*defect*) pada permukaan *tube* yang dapat berakibat kebocoran air pendingin primer menuju sistem pendingin sekunder .

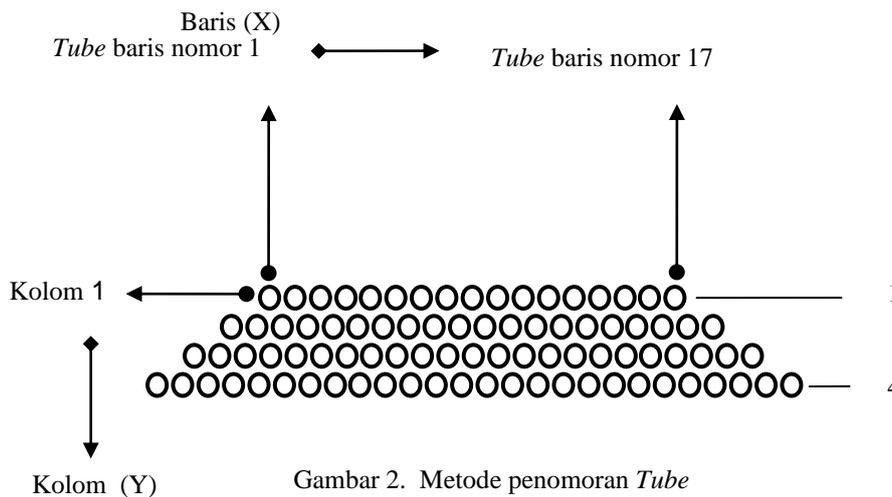
Adapun alat *Eddy Current* yang dipergunakan mempunyai spesifikasi seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi alat *Eddy Current*.<sup>8)</sup>

Jenis instrumen	<i>NORTEC 19-e II SPO-3196, Dual Frequency</i>
Pabrik pembuat	<i>STAVELEY, USA</i>
Jenis probe/sensor	<i>ECT Bobbin Probe, Differential Mode,</i>
Diameter luar probe/sensor	<i>19.5 mm</i>
<i>Tube</i> standar kalibrasi	<i>Material SS-304; I.D. 20 mm, Thickness 1mm</i>

Pemeriksaan atau pengukuran ketebalan pipa penukar panas dilakukan secara berurutan. Penomoran dibuat menggunakan matrik kolom (Y) dan baris (X) dimulai dari sudut sisi kanan atas, kolom dihitung dari kanan ke kiri sedangkan baris

dihitung dari atas ke bawah. Urutan dari penomoran diperlihatkan pada Gambar 2. Penomoran ini perlu untuk mengantisipasi supaya tidak terdapat pipa yang terlewatkan dalam pemeriksaan.



Gambar 2. Metode penomoran *Tube*

Sebelum melakukan pengukuran peralatan perlu dikalibrasi. Dalam kalibrasi alat instrumen arus pusar digunakan bahan pipa yang mempunyai ukuran dan spesifikasi sama atau sesuai dengan bahan yang akan diukur yaitu menggunakan bahan pipa baja austenitik SS-304, diameter dalam (I.D) 20 mm, dan ketebalan 1mm. Hasil pengukuran kalibrasi selanjutnya disesuaikan/diplotkan pada grafik kalibrasi dan digunakan sebagai acuan dalam pemeriksaan. Kalibrasi alat serta pemeriksaan

menggunakan metode arus pusar (*Eddy Current*) mengacu pada standar *ASME Section V Article 8* <sup>4,8)</sup>.

Cacat pada permukaan dinding pipa penukar panas di klasifikasikan menjadi 5 bagian kelas atau tingkatan seperti ditunjukkan pada tabel 4. Masing-masing kelas menunjukkan besarnya kerusakan yang terjadi pada permukaan pipa. Jika kerusakan pada permukaan pipa telah mencapai kelas 3, maka dianjurkan untuk dilakukan penutupan pipa

(*plugging*) atau penggantian pipa sehingga tidak terjadi kerusakan lebih lanjut.  
Tabel 4. Klasifikasi kerusakan *tube*.<sup>4)</sup>

Kelas atau Tingkatan kerusakan <i>tube</i>			
Kelas/Tingkatan	Range kerusakan permukaan sisi dalam pipa (%)	Range kerusakan permukaan sisi luar pipa (%)	Keterangan
1	0 - 20	0 - 20	
2	21-40	21-40	
3	41-60	41-60	
4	61-80	61-80	
5	81-100	81-100	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan alat penukar panas adalah mutlak untuk dilakukan pada sebuah reaktor riset demi menjaga keamanan dan keandalan peralatan, sehingga segala resiko mengenai kerusakan, gangguan pengoperasian dan kecelakaan nuklir

dapat dihindarkan. Dari pemeriksaan 1632 buah *tube* diperoleh hasil sebagai berikut :

- 1 buah *tube* telah ditutup (*plugged*)
- 2 buah *tube* pada sisi masuk alat penukar panas mengalami cacat (*defect*) penipisan/korosi  $\pm 10$  % dan 4 buah *tube* pada sisi keluar mengalami cacat cekungan (*dent*)  $\pm 10$  % dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 5. Data hasil pemeriksaan *Eddy Current Test*<sup>8)</sup>

No.	Posisi row	Besarnya cacat	Posisi cacat	Jenis cacat
1	10 - 8	10 %	$\pm 2,93$ meter	Penipisan
2	19 - 16	10 %	$\pm 1,95$ meter	Penipisan
3	40 - 9	10 %	$\pm 3,52$ meter	cekungan
4	40 - 24	10 %	$\pm 6,73$ meter	cekungan
5	41 - 24	10 %	$\pm 5,80$ meter	cekungan
6	42 - 6	10 %	$\pm 2,10$ meter	cekungan

- 36 buah *tube* mengalami penyempitan akibat endapan yang menempel pada bagian dalam permukaan pipa.

Dari hasil pemeriksaan secara keseluruhan telah disusun dalam Tabel 6, sedangkan gambar posisi pipa yang mengalami cacat dan pengecilan diameter ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 6. Resume hasil pemeriksaan *Eddy Current Test* JE01 BC02 .<sup>4,8)</sup>

Nomor Kode / seri Alat penukar panas	Kelas dan prosentase cacat Penipisan pada dinding pipa penukar panas						Di tutup	Cacat cekungan	TOTAL TUBE
	0 Tak terdeteksi	1 0-20 (<20)	2 21-40 (> 20)	3 41-60 (> 40)	4 61-80 (> 60)	5 81-100 (> 80)			
JE01BC02	1625	2	0	0	0	0	1	4	1632
%	99.57	0.12					0.06	0.25	100



Hasil pemeriksaan *Eddy Current* menunjukkan bahwa kondisi alat penukar panas di Reaktor G.A Siwabessy masih dalam kondisi yang baik dan layak untuk dioperasikan dalam rangka mendukung pengoperasian reaktor. Namun ada beberapa tube yang perlu mendapatkan perhatian pada pemeriksaan berikutnya, yaitu pada tube yang mengalami cacat penipisan dan cacat cekungan. Apabila pada pemeriksaan berikutnya terjadi peningkatan nilai prosentase cacat maka perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut, untuk kondisi sekarang karena masih sangat kecil ( $< 20\%$ ) terdapat kemungkinan hasil pengukuran tersebut masih dipengaruhi oleh adanya kotoran yang menempel pada dinding pipa sehingga hasil pengukuran menjadi kurang akurat.

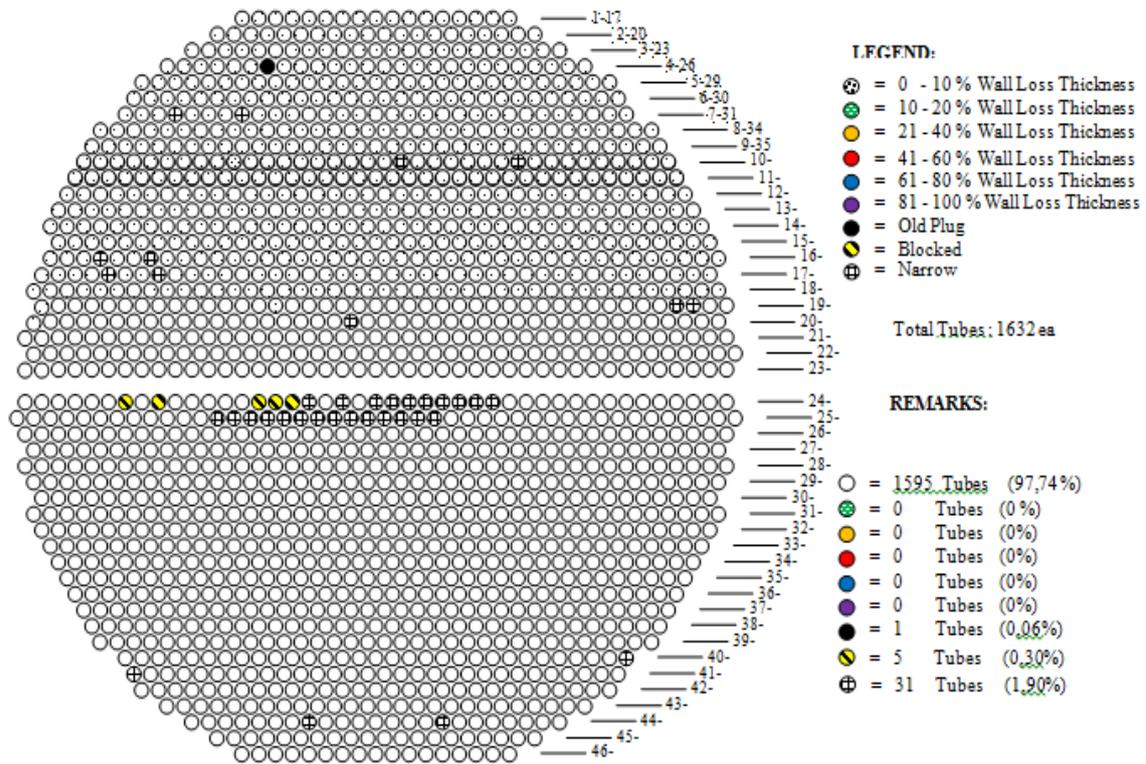
Dari hasil pengukuran *Eddy Current* terbukti bahwa tidak terdapat cacat atau kerusakan yang berarti pada pipa-pipa penukar panas yang dapat membahayakan pengoperasian alat penukar panas. Dan dari hasil pengukuran tersebut dapat dipergunakan sebagai acuan dalam kegiatan pengoperasian reaktor dan menjamin bahwa pipa penukar panas masih aman dan layak untuk dioperasikan hingga 5 tahun mendatang.

Pada beberapa tube terbentuk endapan kerak yang berasal dari material terlarut yang berada didalam air pendingin sekunder. Pengendapan terjadi karena disebabkan oleh kualitas air pendingin yang kurang baik akibat dari pengendalian kualitas air yang kurang maksimal dan laju air pendingin yang melambat pada daerah tertentu, sehingga memberikan kesempatan kepada material terlarut untuk menempel di dinding permukaan pipa. Selain itu pengendapan terjadi juga disebabkan oleh sistem bola pembersih pipa penukar panas tidak beroperasi secara maksimal, sehingga kerak senantiasa muncul dan berkembang pada daerah tertentu.

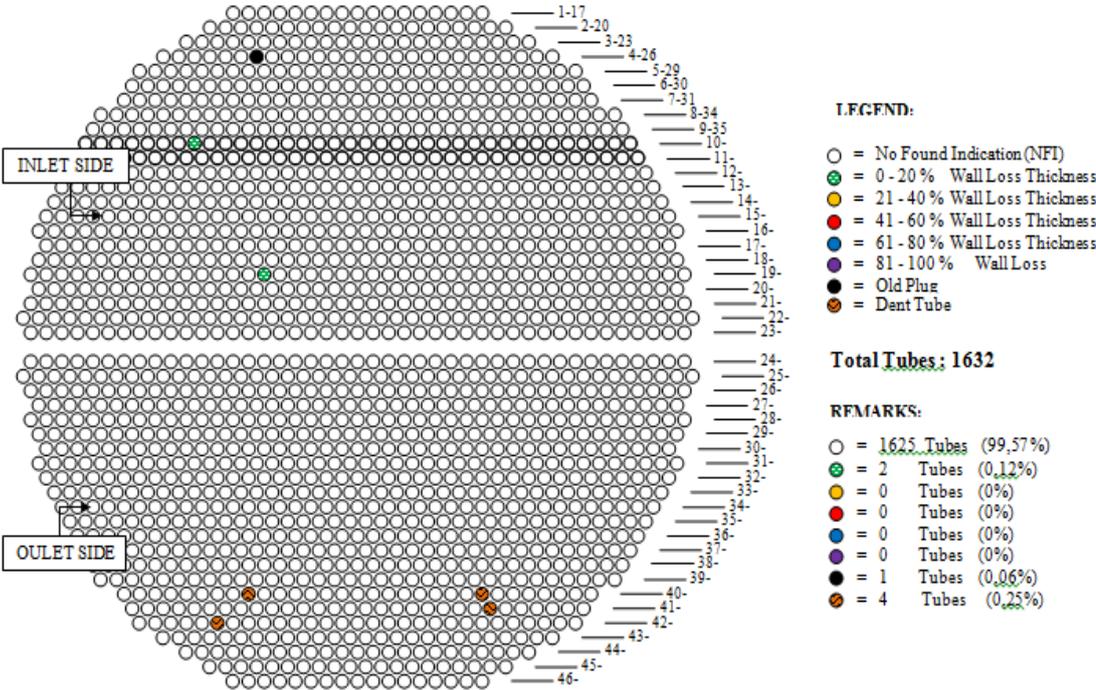
Namun endapan atau kerak yang menempel pada permukaan dalam pipa tidak dapat disebut sebagai cacat karena tidak menyebabkan penetrasi

dinding pipa atau mengurangi integritas dinding pipa, tetapi dapat mengakibatkan terjadinya cacat korosi karena proses oksidasi pada permukaan pipa pipa yang tertutup<sup>7)</sup>. Dampak yang dapat ditimbulkan dengan adanya kerak yang menempel pada dinding pipa penukar panas adalah akan berkurangnya laju perpindahan panas akibat terjadinya penebalan pada dinding pipa tersebut. Sehingga dengan demikian pipa pada bagian tersebut dapat dikatakan masih baik dan tidak terdapat kerusakan, apabila pada dinding pipa tidak ditemukan korosi pada pemeriksaan menggunakan *Eddy Current*. Setelah dilakukan pembersihan kerak yang menempel pada dinding pipa penukar maka pipa dapat dipergunakan kembali sebagai penukar panas dengan kemampuan seperti semula.

Pada waktu pemeriksaan ini juga telah dilakukan penggantian *packing* dan sil karet penyekat, baik itu sil penyekat aliran masuk dan keluar air pendingin sekunder pada *secondary water chamber* dengan *bundle head*. Penggantian dilakukan karena sil karet telah mengeras dan sebagian mengalami kerusakan sehingga dimungkinkan terjadinya kebocoran air pendingin apabila dipasang kembali. Setelah perawatan dan pemeriksaan alat penukar panas selesai dilaksanakan dilakukan tes tekanan hidrostatik dan uji fungsi pengoperasian alat penukar panas. Hal ini untuk memeriksa sil perapat dan *packing* pada setiap sambungan apakah telah terpasang dengan benar, dan untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran air pendingin pasca pemeriksaan alat penukar panas. Pengujian hidrostatik dilakukan dengan menggunakan pompa pengisi tekanan pada pipa pendingin sekunder hingga 1,4 bar, sedangkan untuk uji fungsi dilakukan dengan mengoperasikan sistem pendingin sekunder selama 15 menit sambil diperiksa setiap sambungan pada alat penukar panas.<sup>7)</sup>



Gambar 3. Hasil inspeksi visual tube penukar panas JE01 BC002 sebelum dibersihkan.



Gambar 4. Resume hasil pemeriksaan Eddy Current Test



## KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan pemeriksaan alat penukar panas JE01 BC02 ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pemeriksaan 1632 pipa-pipa penukar panas JE01 BC02, ditemukan 1 buah pipa telah ditutup (*plugged*), 2 buah pipa mengalami penipisan dinding pipa hingga 10% dan 4 buah pipa mengalami cacat cekungan (*dent*) sampai 10%
2. Alat penukar panas reaktor GA. Siwabessy masih berada dalam kondisi dan batas aman untuk dipergunakan hingga 5 tahun yang akan datang, meskipun 1 buah pipa penukar panas telah ditutup (*plugged*) pada tahun 2006 karena mengalami penipisan yang cukup besar ( $\pm 50\%$ ).<sup>9)</sup>
3. Kerak atau endapan terbentuk karena kualitas air pendingin sekunder yang kurang baik dan sistem bola pembersih pipa tidak berfungsi secara maksimal, Setelah kerak yang menempel dibersihkan, pipa-pipa penukar panas dapat difungsikan kembali.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN, "Laporan Analisis Keselamatan", LAK, Volume 1, Bab 6, Rev.10.1, No. Ident. RSG.KK.01.01.63.11, Serpong, Tahun 2011.
2. INTERATOM. GmBH, "Primary Cooling System JE01", *Maintenance and Repair Manual, Part II, Chapter 2.1*, Serpong, Tahun 1987
3. ANONIMOUS, "Eddy Current Examination Method for Installed Non Ferromagnetic Heat Exchanger Tubing", *ASME Section V Article 8, Appendix*, New York, USA, Tahun 2010
4. HASANUDIN, "Laporan Hasil Pemeriksaan Eddy Current Test Tube Heat Exchanger JE01 BC02", RSG-GA.Siwabessy, BATAN, Nomor Laporan : 3-ECT/ EMA/TEK/6/2013, Serpong, 10 Juni 2013
5. SRI NITISWATI, DKK," Pemeriksaan tabung penukar kalor E101 UUTR menggunakan *Eddy Current*", Abstrak, Serpong, Tahun 2005
6. DEAN A. BARTLETT, "The Fundamentals of Heat Exchangers, American Institute of Physics", <http://www.aip.org/tip/INPHFA/vol-2/iss-4/p18.pdf>, Tahun 1996,
7. SANTOSA PUJIARTA, "Laporan kegiatan pemeliharaan dan pemeriksaan alat penukar panas (JE01BC02) RSG-GAS", No. Ident.:RSG.SR.01.03.52.13, Serpong, tahun 2013
8. SUWIGNYO HADI, "Laporan Pemeriksaan Tube Heat Exchanger Item No. JE01 BC02 Dengan *Eddy Current Test*", Report No. 047/WTO/ET/VI/13, Serpong, Juni 2013
9. DJUNAIDI, "Pemeliharaan Tube-Side Penukar Kalor RSG-GAS Jangka Pendek Dan Jangka Panjang", Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir, ISSN 1978-0176, Yogyakarta, 21-22 November 2007