

KAJIAN PENGUJIAN KEBOCORAN AIR PENDINGIN REAKTOR PADA ALAT PENUKAR PANAS REAKTOR GA. SIWABESSY

Santosa Pujiarta, Jaja Sukmana

ABSTRAK

KAJIAN PENGUJIAN KEBOCORAN AIR PENDINGIN REAKTOR PADA ALAT PENUKAR PANAS REAKTOR GA. SIWABESSY. Peralatan penukar panas merupakan peralatan yang penting dalam proses pembuangan panas di reaktor GA. Siwabessy. Untuk menjamin pengoperasiannya, maka sistem perlu dilakukan perawatan dan salah satunya adalah pengujian kebocoran air pendingin pada alat penukar panas. Namun selain pengujian juga telah dilakukan pemeriksaan bagian dalam tube penukar dan pemantauan radionuklida pemancar γ . Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan metode yang terbaik dalam mengantisipasi kemungkinan kebocoran air pendingin primer pada alat penukar panas yang dapat berdampak teras reaktor kehilangan pendingin dan terlepasnya zat radioaktif ke lingkungan. Dari kajian dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan bagian dalam *tube* dan pemantauan aktivitas γ lebih tepat untuk dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kebocoran air pendingin pada alat penukar panas dari pada pengujian tekanan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *tube* penukar panas. Hasil pemeriksaan dan pemantauan yang telah dilakukan hingga sekarang, telah dapat menjamin keandalan dan keamanan dalam pengoperasian penukar panas untuk mendukung kegiatan operasi reaktor GA. Siwabessy.

Kata kunci: pengujian kebocoran, alat penukar panas, perawatan

ABSTRACT

ASSESSMENT OF COOLING WATER REACTOR LEAK TESTING ON THE HEAT EXCHANGER REACTOR GA. SIWABESSY. Heat exchanger equipment is an essential piece of equipment in the process of heat dissipation in the reactor GA. Siwabessy. To ensure the operation, the system needs to be maintained and one of them is a leak test on the cooling water heat exchanger. But in addition to the testing also have been conducted examinations of the tube heat exchanger and to do monitoring of radionuclide γ transmitter. The purpose of this assessment was to determine the best method to anticipate the possibility of primary coolant water leak in the heat exchanger, that could resulting in loss of coolant in the reactor core and release of radioactive substances into the environment. From the assessment can be concluded that the examination of the inside of the tube and γ monitoring activities are to be more crucial to carried out, to analyze and anticipate the leakage of cooling water in the heat exchanger of the test pressure, because it can cause damage to the heat exchanger tube. From the results of the examination and the monitoring that has been done up to now, has been able to ensure the reliability and safety in the operation of the heat exchanger to operations support of the reactor GA. Siwabessy

Keywords: leak testing, heat exchanger, maintenance

PENDAHULUAN

Alat penukar panas merupakan salah satu komponen yang penting dalam proses pembuangan panas pada reaktor penelitian

GA. Siwabessy. Dimana panas yang ditimbulkan dari hasil reaksi fisi di dalam teras reaktor harus dipindahkan supaya tidak terjadi penumpukan panas di teras

reaktor. Panas tersebut akan diambil oleh sistem pendingin primer dan selanjutnya dipindahkan ke sistem pendingin sekunder melalui alat penukar panas. Pada akhirnya panas dibuang ke lingkungan melalui menara pendingin yang terdapat di luar gedung reaktor.

Untuk menjamin keandalan dan keamanan dari suatu peralatan perlu dilakukan pemeliharaan yang terdiri dari kegiatan perawatan, pemeriksaan dan pengujian. Demikian juga dengan alat penukar panas yang dipergunakan di RSG-GAS. Didalam LAK revisi 10.01 telah ditulis ketentuan untuk melaksanakan pengujian tekanan alat penukar panas setiap 5 tahun. Tujuan dari pengujian tekanan adalah untuk mengetahui kemungkinan adanya kebocoran air pendingin primer pada komponen alat penukar panas, sehingga apabila terjadi kebocoran air pendingin dapat segera diantisipasi dan tidak menimbulkan terjadinya kehilangan pendinginan pada teras reaktor.

Karena kemungkinan kebocoran air pendingin pada alat penukar panas terjadi pada sisi *tube*, maka selain dilakukan pengujian pada alat penukar panas juga terdapat kegiatan yang lebih penting untuk dilakukan yaitu kegiatan pemeriksaan dan pemantauan. Pada program perawatan 5 tahunan di reaktor GA, Siwabessy telah ditetapkan kegiatan perawatan pemeriksaan korosi dan penipisan pada bagian *tube* penukar panas dengan metode *Eddy Current* dan dilanjutkan dengan tes uji operasi untuk menguji kedapatan sil perapat sambungan pemipaan. Di dalam jaringan pemipaan sistem pendingin sekunder juga telah dipasang peralatan pemantau aktivitas γ untuk mengetahui dan mengantisipasi kemungkinan terjadinya kebocoran air pendingin kolam.

Dengan adanya kegiatan pemeriksaan *tube* alat penukar panas dan pemantauan aktivitas γ , maka kemungkinan terjadinya kebocoran air pendingin reaktor pada peralatan penukar panas dapat segera

diketahui dan diambil tindakan untuk mengatasi hal tersebut. Dan hingga sekarang hal tersebut masih berlaku pada kegiatan perawatan yang dilakukan di reaktor untuk menjaga keandalan peralatan penukar panas dan kemungkinan terjadinya kehilangan air pendingin serta terlepasnya radionuklida ke lingkungan.

Dengan adanya kepentingan untuk melakukan perawatan yang berkaitan dengan pemeriksaan dan pengujian kebocoran air pendingin primer pada alat penukar panas, maka diperlukan kajian untuk memilih dan menentukan metode yang terbaik tanpa harus merusak peralatan yang terpasang. Dan tulisan dibuat dengan tujuan untuk menganalisis metode yang terbaik dalam mengantisipasi kemungkinan kebocoran air pendingin primer pada alat penukar panas yang dapat berdampak teras reaktor kehilangan pendinginan dan terlepasnya zat radioaktif ke lingkungan.

DESKRIPSI ALAT PENUKAR PANAS

Di antara rangkaian sistem pendingin reaktor dipasang dua buah peralatan penukar panas JE01 BC01 dan JE01 BC02, yang berfungsi untuk memindahkan panas yang diambil sistem pendingin primer dari teras reaktor menuju sistem pendingin sekunder. Kedua penukar panas dihubungkan ke pipa cabang yang paralel pada sisi tekan pompa-pompa primer di dalam ruang primer. Masing-masing penukar panas didesain mampu untuk memindahkan panas 50% dari total beban panas yang dibangkitkan di teras reaktor pada operasi daya penuh (30 MW).

Peralatan penukar panas yang terpasang berjenis sel dan pipa (*shell and tube type*), dipasang pada posisi vertikal dengan sambungan untuk air pendingin primer dan sekunder pada ujung atas. Air pendingin sekunder mengalir melalui *tube*, sedangkan air pendingin primer mengalir di sekeliling *tube* pada sisi sel dengan arah berlawanan. Bundel *tube* dalam alat

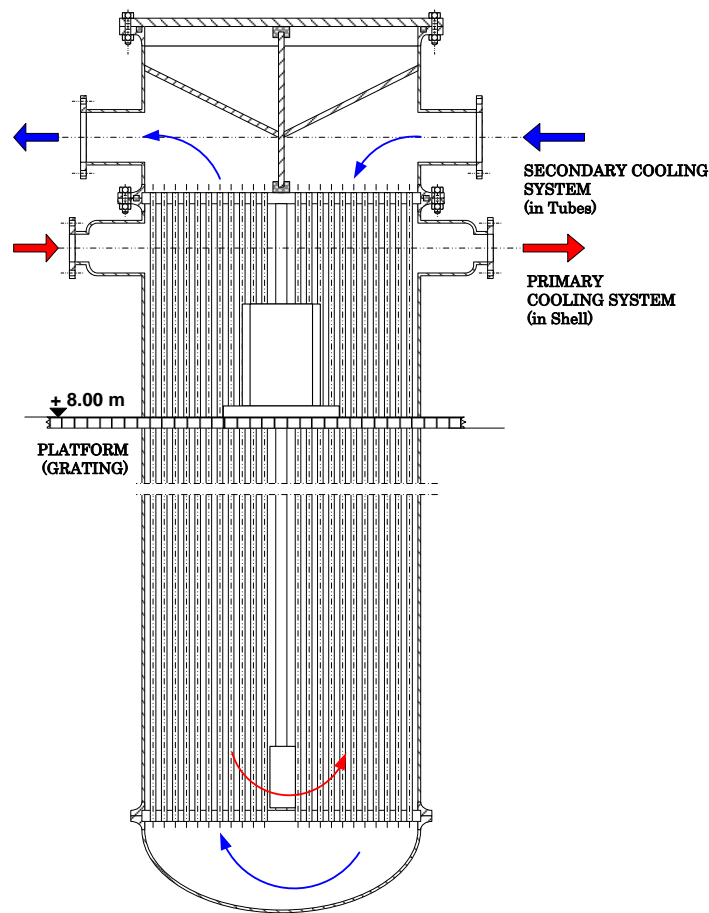
penukar panas terdiri dari *tube* yang diikat/diklem pada posisi membujur dan dilas ke dalam pelat atas dan pelat bawah. Kisi-kisi penjaga jarak dipasang untuk menyokong *tube* pada jarak tertentu guna mencegah terjadinya vibrasi akibat aliran air pendingin. Gambar alat penukar panas dapat dilihat pada Gambar 1.

Di dalam tabung bagian atas sisi pipa pendingin sekunder dipasang pelat pengarah aliran untuk mengarahkan dan memperlancar lintasan air pendingin dan

bola-bola pembersih melewati pipa penukar panas. Bola-bola karet elastis yang dibuat khusus dimasukkan dengan pompa sirkulasi ke dalam pipa pendingin sekunder di sisi masuk penukar panas dan bergerak bersama aliran air pendingin melewati *tube* penukar panas. Dengan adanya gesekan bola-bola pembersih yang melewati pipa penukar panas maka pipa menjadi bebas dari kerak. Bahan bola pembersih pipa dipilih khusus disesuaikan dengan material *tube* penukar panas.

Table 1. Parameter Desain Peralatan Penukar Panas ¹⁾

| | |
|---|--|
| Tekanan desain | 10 bar |
| Suhu desain | 60 °C |
| Jumlah penukar panas | 2 × 50% |
| Tipe | <i>Multi-pass, shell and tube, 2/2</i> |
| Kapasitas tiap penukar panas | 16.200 kW |
| Suhu <i>inlet</i> pendingin primer | 49 °C |
| Suhu <i>outlet</i> pendingin primer | 40 °C |
| Laju alir massa primer tiap penukar panas | 430 kg/detik |
| Suhu <i>inlet</i> pendingin sekunder | 32 °C |
| Suhu <i>outlet</i> pendingin sekunder | 40 °C |
| Laju alir massa sekunder tiap penukar panas | 485 kg/detik |
| Tekanan operasi <i>inlet</i> primer | 1,4 bar |
| Tekanan operasi <i>outlet</i> primer | 0,9 bar |
| Tekanan operasi <i>inlet</i> sekunder | 0,4 bar |
| Tekanan operasi <i>outlet</i> sekunder | 0,0 bar |
| Dimensi <i>tube</i> | 22 mm Ø × 1 mm tebal |
| Jumlah pipa tiap saluran | 816 |



Gambar 1. Peralatan Penukar Panas JE 01 BC 01/02

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 fatal. Oleh karena itu peralatan ini harus selalu dijaga dan dirawat untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor nuklir.

Untuk menjaga supaya peralatan penukar panas (HE) dapat berfungsi secara maksimal maka dibuatlah program perawatan yang dilaksanakan dalam kegiatan pemantauan harian, pemeriksaan 5 tahunan dan 10 tahunan²⁾. Dalam kegiatan pemantauan harian dilakukan inspeksi secara visual mengenai kekedapan sil dan packing pada setiap sambungan flange, maupun pemantauan aktivitas γ pada sistem pendingin sekunder untuk mengetahui kemungkinan adanya kebocoran air pendingin primer.

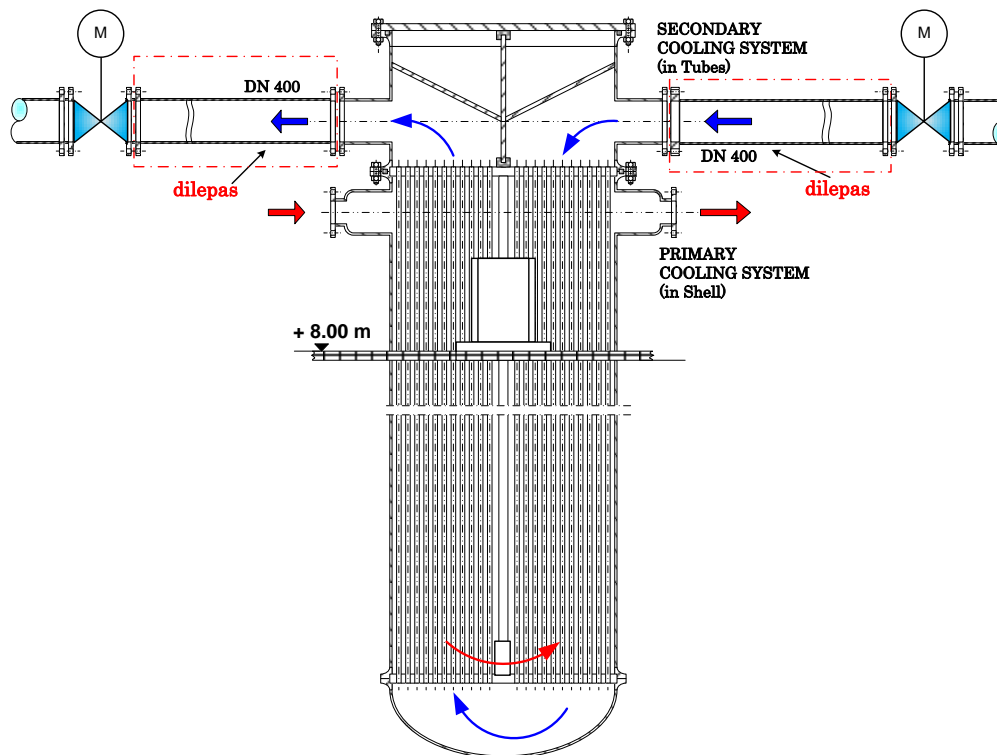
Pada perawatan 5 tahunan dilakukan pemeriksaan bagian dalam *tube* alat penukar panas untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kebocoran air pendingin pada *tube* penukar panas. Sedangkan pada perawatan 10 tahunan dilakukan sampling pemeriksaan sambungan las pipa dengan menggunakan peralatan radiografi atau peralatan *Non Destructive Test* lainnya.

Pengujian Tekanan Alat Penukar Panas

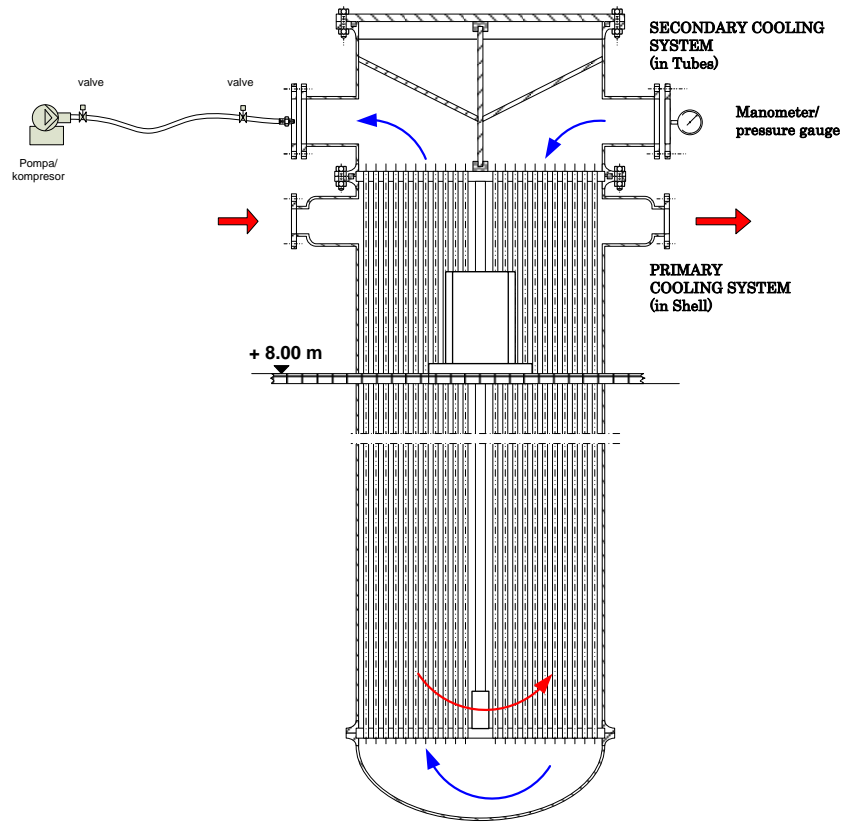
Pengujian suatu peralatan dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja dari peralatan dalam menerima beban operasi. Pada Laporan Analisis Keselamatan (LAK) revisi 10.01 telah disebutkan bahwa pengujian tekanan pada alat penukar panas dilaksanakan sekali dalam 5 tahun ¹⁾. Pengujian tekanan pada peralatan penukar

panas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan operasi alat dalam menerima beban tekanan hidrostatik sehingga tidak terjadi kebocoran air pendingin. Untuk melakukan pengujian tekanan, dapat dilakukan menggunakan metode pengujian tekanan seperti di ASME section IV yang digunakan untuk uji tekan pada boiler, dengan cara sebagai berikut ⁷⁾:

1. Melepaskan bagian pipa pada sisi masuk dan keluar yang terhubung dengan alat penukar panas, untuk menempatkan peralatan uji tekanan (lihat Gambar 2a.)
2. Memasang peralatan uji tekan seperti terlihat pada Gambar 2b,
3. Selanjutnya mengisi dan memberikan tekanan hidrostatik pada tabung alat penukar panas sebesar 1,5 x tekanan desain dan diamati penurunan tekanan yang terjadi. ³⁾



Gambar 2 a. Posisi bagian pipa sekunder yang harus dilepaskan



Gambar 2 b . Posisi pemasangan alat uji tekanan

Pemeriksaan *tube* penukar panas menggunakan metode *Eddy Current*

Dalam program perawatan telah ditetapkan untuk melakukan pemeriksaan bagian dalam *tube* penukar panas dengan metode *Eddy Current*, yang dilaksanakan dalam jangka waktu maksimal 5 tahun sekali sesuai dengan kebutuhan perawatan.²⁾ Tujuan dari pemeriksaan adalah untuk mengetahui besarnya penipisan, korosi atau kerusakan bagian *tube* penukar panas, sehingga apabila akan terjadi kebocoran air pendingin reaktor dapat segera diketahui, dan dari data hasil pemeriksaan tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis kemungkinan

terjadinya kebocoran air pendingin. Metode *Eddy Current* ini telah menjadi standar pemeriksaan *tube* pada peralatan penukar panas, boiler maupun kondensor didalam dunia industri, karena mempunyai hasil pengukuran yang lebih baik dari pada metode uji tak rusak (UTR) lainnya. Setelah dilakukan pemeriksaan dan peralatan terpasang kembali harus dilakukan pengujian kebocoran sil perapat sambungan, dengan cara uji tekanan hidrostatik dan uji operasi sistem pendingin. Pada pengujian hidrostatik alat penukar panas diberi tekanan hidrostatik hingga $\pm 1,4$ bar. Sedangkan pada pelaksanaan uji

operasi, sistem pendingin dioperasikan dalam kondisi normal operasi.⁵⁾

Sistem pemantau aktivitas γ

Sistem pemantau aktivitas γ PA01 CR01 dan PA02 CR01 telah dipasang pada jalur sistem pendingin sekunder di sisi aliran balik alat penukar panas dengan tujuan untuk memonitor lepasan produk fisi pemancar gamma didalam air pendingin sekunder yang diakibatkan karena adanya kebocoran air pendingin primer ke sistem pendingin sekunder. Sistem ini akan memberikan perintah kepada katup isolasi sistem pendingin sekunder PA01 AA14 dan PA01 AA16 serta katup PA02 AA14 dan PA02 AA16 untuk menutup apabila aktivitas γ pada air pendingin sekunder melampaui batas $5 \times 10^{-6} \text{ Ci/m}^3$.¹⁾ Dengan demikian kebocoran pada *tube* penukar panas akan segera diantisipasi dan penukar panas diisolasi dari rangkaian sistem pendingin. Hal ini untuk mencegah kemungkinan terlepasnya zat radioaktif dari reaktor melalui penukar panas yang rusak. Dan untuk menjamin keakuratan hasil pengukuran aktivitas γ , maka peralatan ukur selalu dikalibrasi 6 bulan sekali menggunakan sumber radioaktif.

PEMBAHASAN

Untuk menjaga keandalan peralatan penukar panas dalam melakukan transfer panas, maka perawatan dan pemeriksaan perlu dilakukan. Oleh karena itu kegiatan pemantauan, pemeriksaan dan pengujian kebocoran air pada alat penukar panas menjadi sangat penting untuk dilakukan, dimana kegiatan tersebut ditujukan untuk menjamin keandalan dan keamanan dalam pengoperasian reaktor.

Pada pengujian kebocoran menggunakan metode uji tekanan seperti yang tertulis di dalam LAK revisi 10.01, terdapat hambatan dan kesulitan serta pengujian ini dapat memberikan dampak negatif bagi alat penukar panas sehingga

tidak dilaksanakan. Dampak negatif yang ditimbulkan antara lain :

- a. Karena instruksi pelaksanaan pengujian tekanan baru muncul pada Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Revisi 9.0, maka fasilitas dan prosedur pengujian belum disediakan, sehingga harus dibuatkan desain peralatan uji dan prosedur pengujian serta peralatan yang dipergunakan untuk bongkar pasang pipa pendingin.
- b. Karena harus melepaskan bagian pipa penghubung antara alat penukar panas dengan sistem pendingin yang besar dan berat, maka kegiatan ini dapat menimbulkan resiko kecelakaan serta kerusakan di lingkungan kerja
- c. Membutuhkan waktu yang lama untuk membongkar dan memasang kembali sambungan pipa, serta harus dilakukan uji hidrostatis dan uji fungsi operasi untuk memastikan bahwa sambungan pipa telah tersambung dengan baik dan tidak terdapat kebocoran air pendingin. Karena membutuhkan waktu yang lama sementara jadwal operasi reaktor dan perawatan sistem reaktor cukup padat maka harus dilakukan perubahan jadwal operasi reaktor dan perawatan lainnya.
- d. Karena menurut standar pengujian AVS – E 11.00 yang dibuat Interatom, pengujian tekanan hidrostatis dilakukan dengan tekanan maksimum 1.5 kali tekanan perhitungan atau tekanan desain, maka jika dilakukan akan berdampak terjadinya kerusakan bagian *tube* alat penukar panas yang tebalnya 1 mm. Karena untuk menguji diperlukan tekanan hingga $\pm 15 \text{ bar}$.⁶⁾

Pemeriksaan penipisan *tube* penukar panas menjadi kegiatan yang penting didalam menganalisis serta mengantisipasi kemungkinan terjadinya kebocoran akibat adanya kerusakan pada alat penukar panas. Dengan melakukan pemeriksaan menggunakan metode *Eddy Current* dapat diketahui besarnya

prosentase penipisan akibat korosi, erosi, maupun kerusakan lainnya pada *tube* tanpa harus merusak peralatan penukar panas. Pemeriksaan ini juga dapat dipergunakan untuk memantau laju korosi yang terjadi pada *tube* penukar panas. Setelah dilakukan pemeriksaan dilanjutkan dengan kegiatan uji hidrostatis dan uji operasi yang bertujuan untuk memeriksa kemungkinan adanya kebocoran air pendingin paska pemeriksaan. Dalam pengujian ini alat penukar panas diberikan tekanan hidrostatis sesuai dengan tekanan operasi alat penukar panas di sisi pendingin primer, yaitu

sebesar ± 1,4 bar dengan menggunakan pompa naik tekanan sistem pada pendingin sekunder dan dilanjutkan dengan uji pengoperasian sistem pendingin. Dari data hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, diketahui bahwa kondisi *tube* penukar panas masih dalam kondisi yang baik untuk dioperasikan, seperti terlihat pada Tabel 2. Dimana pada *tube* penukar panas JE01 BC01 hanya terdapat 2 buah *tube* yang mengalami penipisan/korosi sebesar 10 %, sedangkan pada JE01 BC02 tidak terdapat penipisan/korosi.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan *tube* penukar panas menggunakan metode *Eddy Current* ⁴⁵⁾

| NUMBER OF HEAT EXCHANGER | Class and Percentages of Localized Wall Thickness Loss | | | | | | DENT DEFECT TUBES | Not Accessible tubes | TOTAL TUBES |
|--------------------------|--|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| | 0 NDD/NFI (Fine Tubes) | 1 0-20% (<20) | 2 21-40% (> 20) | 3 41-60% (> 40) | 4 61-80% (> 60) | 5 81-100% (> 80) | | | |
| JE01 BC01 | 1629 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1632 |
| % | 99.58 | 0.12 | | | | | 0.24 | 0.06 | 100 |
| JE01 BC02 | 1630 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1632 |
| % | 99.88 | | | | | | | 0.12 | 100 |

Pada sistem pendingin sekunder reaktor GA Siwabessy telah dipasang 2 buah peralatan pengukuran aktivitas γ yaitu PA01 CR001 dan PA02 CR001, yang terpasang pada jalur 1 (PA01) dan jalur 2 (PA02). Peralatan ini beroperasi secara kontinyu memantau aktivitas γ dalam air pendingin sekunder, sehingga jika terjadi kebocoran air pendingin primer ke pendingin sekunder dapat segera diketahui. Sistem pemantau ini bekerja otomatis memberikan signal gangguan di panel Ruang Kendali Utama dan memerintahkan

katup isolasi PA01 AA14 dan PA01 AA16 serta katup PA02 AA14 dan PA02 AA16 untuk menutup, jika aktivitas γ pada air pendingin melampaui batas 5×10^{-6} Ci/m³. Dengan demikian alat penukar panas akan terisolasi untuk mencegah keluarnya air pendingin primer ke pendingin sekunder. Dan dari hasil pemantauan hingga sekarang ini batas keselamatan operasi tersebut belum pernah terlampaui.

Dari kegiatan perawatan dan pemantauan tersebut telah dapat dipergunakan untuk menjamin keamanan

dan keselamatan pengoperasian reaktor dari proses kehilangan pendinginan akibat kebocoran air pendingin pada alat penukar panas. Ketika reaktor beroperasi, selain melakukan pemantauan aktivitas γ juga dilakukan pemantauan parameter operasi alat penukar panas di ruang kendali utama dan dilakukan inspeksi terhadap peralatan penukar panas setiap 1 shift sekali oleh supervisor dan operator reaktor.

KESIMPULAN

Pemeriksaan bagian dalam *tube* dan pemantauan aktivitas γ menjadi kegiatan yang lebih tepat untuk dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kebocoran air pendingin pada alat penukar panas dari pada harus melakukan pengujian tekanan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *tube* penukar panas. Hasil pemeriksaan dan pemantauan yang telah dilakukan hingga sekarang telah dapat menjamin keandalan dan keamanan dalam pengoperasian peralatan penukar panas dan hingga sekarang ini alat penukar panas masih dalam kondisi yang sangat baik untuk dioperasikan dalam rangka mendukung kegiatan operasi reaktor GA. Siwabessy.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS, Laporan Analisis Keselamatan, No. Ident. : RSG.KK.01.01.63.11, Rev. 10.1, tahun 2011
2. AEP SAEPUDIN. C, Program Perawatan Sistem RSG-GAS, No. Ident. RSG.SR.02.01.50.12, Rev. 2, Tahun 2012
3. ANONIMOUS, *Hydrostatic pressure testing of piping, KLM technology group*, http://kolmetz.com/pdf/ess/PROJECT_STANDARDS_AND_SPECIFICATIO_NS_hydrostatic_pressure_testing_Rev0_1.pdf
4. SANTOSA PUJIARTA, Laporan kegiatan pemeliharaan dan pemeriksaan alat penukar panas (JE01 BC01) RSG-GAS, No. Ident.:RSG.SR.01.03.52.10, tahun 2010.
5. SANTOSA PUJIARTA, Laporan kegiatan pemeliharaan dan pemeriksaan alat penukar panas (JE01 BC02) RSG-GAS, No. Ident.:RSG.SR.01.03.52.13, tahun 2013.
6. ANONIMOUS, *Pressure test, Process Specification, AVS – E 10.00, Interatom, tahun 1983*
7. Anonimous, *Hydrostatic Test Procedure, SLAC-I-730-0A21C-033-R000, National Accelerator Laboratory, Stanford, 24 July 2012*, <http://www-group.slac.stanford.edu/esh/eshmanual/references/pressureProcedTest.pdf>