

## **TEKNIK *IN-SERVICE INSPECTION* PENUKAR PANAS REAKTOR RISET**

Djaruddin Hasibuan

### **ABSTRAK**

**TEKNIK *INSERVICE INSPECTION* PENUKAR PANAS REAKTOR RISET.** Untuk mengantisipasi keadaan terkini, sisa umur dan kemungkinan untuk meningkatkan umur pemakaian penukar panas reaktor riset, perlu dilakukan *In-service Inspection* penukar panas tersebut. Tulisan ini dimaksudkan untuk menginformasikan suatu teknik *In-service Inspection* alat penukar panas reaktor riset yang didasarkan pada pengalaman mengikuti *National Training Course (NTC) on In-Service Inspection of Research reactor* yang diselenggarakan oleh BATAN dan IAEA di Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) Serpong. Dengan sistematika yang disajikan, maka pelaksanaan *In-Service Inspection* penukar panas pada suatu reaktor riset akan lebih mudah dilakukan.

Kata kunci : *in-service inspection*, teknik, penukar panas

### **ABSTRACT**

***IN-SERVICE INSPECTION TECHNIQUES OF RESEARCH REACTOR HEAT EXCHANGERS.*** To anticipate the latest condition, remaining life and enhancing possibility of research reactor heat exchanger life time, it is necessary to do the *In-service Inspection* on heat exchanger mention above. The intention of this paper is to inform on *In-service Inspection* technique of research reactor heat exchanger based on the experience during attend *National Training Course on In-Service Inspection of Research Reactor* which is conducted by BATAN and IAEA at the *Multi Purpose Reactor Center in Serpong*. By the systematic provided, the conduct of heat exchanger *in-service inspection* technique will easily be done.

Key words : *in-service inspection*, technique, heat exchanger

## PENDAHULUAN

Reaktor riset adalah suatu reaktor nuklir yang digunakan terutama untuk pembangkitan dan penggunaan fluks neutron dan radiasi pemicu untuk penelitian dan penggunaan-penggunaan lain. Ditinjau dari segi besarnya daya yang dihasilkan, reaktor riset dikategorikan dalam reaktor riset kategori daya rendah ( $<250$  KW), kategori daya menengah ( $250$  KW s/d  $< 2$  MW) dan reaktor riset dengan kategori daya tinggi (*high power reactor*) ( $> 2$  MW)<sup>[1]</sup>. Dalam pengoperasian, reaktor riset pada umumnya dilengkapi dengan unit penukar panas. Penukar panas ini berfungsi untuk memindahkan panas yang terbangkit dari reaksi fisi di dalam teras reaktor dan selanjutnya diangkut dengan air pendingin primer menuju penukar panas. Di dalam penukar panas, panas tersebut dipindahkan ke pendingin sekunder, untuk selanjutnya dibuang ke udara bebas melalui menara pendingin (*cooling tower*). Dengan adanya penukar panas ini, pemindahan panas dari pendingin primer ke pendingin sekunder dapat terlaksana tanpa mengikutkan radioaktivitas yang terkandung di dalam pendingin primer. Secara umum penukar panas ini didisain untuk beroperasi sesuai dengan umur rancangan reaktor. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa selama usia pemakaian, struktur, sistem dan komponen-komponen penukar panas sewaktu-waktu dapat berubah sesuai dengan keadaan setempat, seperti : tegangan termal, suhu, dan radiasi. Oleh karena itu prakiraan umur rancangan yang telah ditentukan kemungkinan tidak dapat tercapai. Untuk mengantisipasi keadaan terkini dari penukar panas, sisa umur dan kemungkinan untuk meningkatkan umur pemakaiannya perlu dilakukan *in-service inspection* pada penukar panas tersebut. Untuk memudahkan pelaksanaan *in service inspection* dari komponen-komponen utama penukar panas tersebut telah disusun suatu "Teknik *in service inspection* penukar panas reaktor riset". Teknik *in-service inspection* reaktor riset ini meliputi<sup>[3]</sup>: penentuan per-

sonil pelaksana, pengumpulan dokumen pendukung, penyediaan peralatan dan instrumen, pelaksanaan inspeksi pada setiap bagian dan penyusunan laporan. Teknik ini didasarkan pada pengalaman selama mengikuti *National Training Course on In Service Inspection of Research Reactor*, yang diselenggarakan oleh Badan tenaga Nuklir Nasional (BATAN) bekerja sama dengan *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Dengan memahami metode *in-service inspection* komponen penukar panas ini diharapkan tindakan pencegahan penuaan dini pada komponen utama penukar panas dan risiko yang ditimbulkan akibat penuaan komponen, dapat dilaksanakan.

## TEORI

*In-sevice inspection* penukar panas adalah suatu kegiatan inspeksi pada struktur, sistem dan komponen suatu penukar panas, yang dilaksanakan secara khusus untuk tujuan keselamatan dan yang direncanakan secara mendasar<sup>[2]</sup>. *In-service inspection* ini dimaksudkan untuk menentukan keadaan perubahan komponen penukar panas setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Perubahan ini dapat berupa kerusakan akibat pengaruh pengkaratan (*corrosion*), pengikisan (*erosion*), tegangan termal (*thermal stressing*), kelelahan (*fatigue*), kegetasan (*embrittlement*), keausan, keretakan, patah, lengket, rusak, atau umur pakai yang sudah tercapai. Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *in-service inspection* ini adalah keadaan terkini dari penukar panas tersebut berupa: pengurangan ketebalan yang terjadi akibat pengkaratan dan pengikisan, perubahan sifat dan keandalannya, bentuk perawatan yang diperlukan dan yang lebih khusus agar dapat mengisolasi dan mengendalikan laju penuaan pada penukar panas tersebut. Permasalahan yang timbul pada penukar panas ini diperoleh dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *in-service inspection* dengan data-data awal yang ditemukan pada

dokumen-dokumen desain. Dengan berpedoman pada formula-formula ilmu keteknikan yang sudah baku, permasalahan-permasalahan yang terjadi pada setiap komponen, sistem dan struktur penukar panas tersebut dapat ditentukan. Dengan ditemukannya permasalahan yang ada, maka status penukar panas tersebut dapat diketahui sisa umur komponen, sistem dan struktur dalam batasan keadaan dan faktor keamanan yang terpenuhi, apakah masih aman untuk dioperasikan, atau perlu tindakan perbaikan agar dapat dioperasikan selanjutnya dalam keadaan aman. Pada umumnya, satuan kerja yang bertanggung jawab untuk mengoperasikan suatu reaktor riset, juga akan bertanggung jawab terhadap implementasi program *in-service inspection* dari penukar panas tersebut<sup>[1]</sup>.

#### METODE PELAKSANAAN

Teknik *in-service inspection* penukar panas reaktor riset ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

1. Penentuan kualifikasi personal
2. Pengumpulan dokumen pendukung;
3. Penyiapan peralatan dan instrumen;
4. Petunjuk pelaksanaan;
5. Penyiapan laporan.

##### o Penentuan kualifikasi personal

Sebagaimana yang telah diutarakan sebelumnya, bahwa yang bertanggung jawab atas pelaksanaan *in-service inspection* penukar panas reaktor riset ini adalah satuan kerja yang mengoperasikan reaktor riset tersebut<sup>[1,2]</sup>. Oleh karena itu kepala pusat pelaksana operasi reaktor riset berkewajiban untuk melaksanakan program *in-service inspection* atau membentuk suatu tim *in-service inspection* yang dipimpin oleh seorang ketua tim pelaksana *in-service inspection*, yang bertanggung jawab langsung kepada kepala pusat pelaksana operasi. Untuk itu diperlukan seorang ketua tim pelaksana *in-service inspection* yang *qualified* yang mampu melakukan tugasnya dan mengerti

keselamatan akibat kegiatannya itu. Setiap personil dalam organisasi harus mendukung mutu pelaksanaan *in-service inspection* ini. Untuk mendapatkan personil pelaksana inspeksi yang *qualified*, kepala pusat pelaksana operasi reaktor riset bertanggung jawab untuk menyediakan *training* yang sesuai untuk seluruh pekerja tersebut. *Training* ini secara prinsip merupakan pendidikan untuk peningkatan keterampilan dan kemampuan kerja lapangan. Penentuan personil yang dibutuhkan untuk pelaksanaan *in-service inspection* penukar panas didasarkan pada pengalaman melakukan pengujian dengan peralatan khusus yang sama dengan yang digunakan pada *in-service inspection* penukar panas secara umum. Semua personil pengujian tidak merusak (*non-destructive testing*) harus *qualified* dan diakui sebagaimana yang dinyatakan pada *IAEA-TECDOC-1263* yang mengacu pada standar *ISO 9712*, standar Eropa *EN 473* atau *American Society of Non-destructive Testing (ASNT)*. Hal lain yang perlu diingat adalah bahwa semua personil harus mengerti proteksi radiasi.

##### o Pengumpulan dokumen pendukung

Untuk melakukan *In-Service Inspection* pada penukar panas suatu reaktor riset perlu dilakukan pengumpulan dokumen yang terkait dengan penukar panas tersebut.

Dokumen-dokumen tersebut meliputi:

- 1) Dokumen data-data pembuatan;
- 2) Laporan Analisis Keselamatan Reaktor;
- 3) Dokumen pelengkap berupa *Turn Over Package* dan lampiran data-data parsial;
- 4) Undang-undang keselamatan nuklir (*Regulatory Body*).
- 5) Sertifikat perbaikan dan pergantian;
- 6) Gambar detail, gambar pengepasan dan gambar rakitan.
- 7) Dokumen perawatan dan pergantian.

Beberapa dari dokumen ini memuat data-data material dan ketebalan dari bagian-bagian yang bertekanan. Diantaranya tabulasi *nozzle* dan sambungan yang meliputi: ukuran, peringkat dan penggunaan yang diharapkan. Selain itu dokumen-dokumen ini ada yang

memuat perhitungan pipa-pipa kecil (*pipa kecil*) yang menentukan diameter, ukuran *pitch* serta uraian penempelannya pada lembar penguat pipa-pipa kecil (*pipa kecil sheet*). Lampiran data-data parsial akan menyediakan informasi yang bernilai tinggi pada bagian yang diproduksi pembuat lainnya, misalnya: sambungan ekspansi *bellow*. Gambar detail dan gambar rakitan akan menguraikan pembatas (*baffle*), sistem penopang pipa-pipa kecil, jumlah saluran pipa-pipa kecil dan tabung, susunan *pitch*, plat pengarah aliran, pendistribusi, pembagian permukaan serta prestasi-prestasi lain yang berhubungan dengan informasi, maupun yang menguraikan detail penopang. Sertifikat perbaikan dan

pergantian akan mengungkapkan sifat dan lokasi perbaikan, lasan dan pergantian. Dokumen perawatan tidak ternilai harganya untuk penafsiran umur pakai yang tersisa dari suatu penukar panas. Semua data-data ini dapat diperoleh pada pusat dokumentasi setiap reaktor riset untuk pelaksanaan In-Service Inspection atau di dalam *file* cadangan.

o **Penyiapan peralatan dan instrumen.**

Banyak peralatan dan instrumen yang diperlukan untuk melakukan *In-Service Inspection*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel (1) berikut.

Tabel 1. Peralatan dan instrumen untuk In-Service Inspection

No	Nama peralatan inspeksi
1	Senter
2	Lampu sorot sebagai penyedia cahaya yang besar
3	Lensa pembesar dengan kekuatan 10 kali
4	Sikat baja
5	Scrap baja untuk <i>mencrap</i> permukaan yang tidak dimesin
6	Scrap atau sikat tembaga untuk menyikat permukaan yang dimesin
7	Scrap plastik untuk <i>mencrap</i> permukaan yang dimesin yang harus bebas dari remah-remah tembaga
8	Alat pengukur kedalaman lobang
9	Alat ukur berkait untuk mengukur lasan dan rongga bagian dalam
10	Palu inspeksi
11	Palu pembuat tanda, berat dan ringan
12	Set alat peraba

Peralatan ini merupakan peralatan utama pada pelaksanaan *in-service inspection* penukar panas.

Namun dalam beberapa kasus, sering terjadi beberapa daftar peralatan besar

diperlukan pada pelaksanaan *in-service inspection*, seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tambahan peralatan untuk pelaksanaan *in service-inspection* dan penggunaan unit

No	Nama peralatan inspeksi
1	<i>Baroscope</i> lengkap (dilengkapi dengan video recorder dan CRT screen)
2	Peralatan <i>sandblasting</i>
3	Peralatan <i>hidroblasting</i>

Tabel 2. Lanjutan

No	Nama peralatan inspeksi
4	Peralatan pembuat lubang portebel dan peralatan penyumbat.
5	Kit larutan pengujian penetrasi dengan lampu khusus sesuai dengan kebutuhan
6	Peralatan pengujian magnetik dan serbuk besi.
7	Peralatan pengujian ultrasonik
8	Peralatan radiografi atau sinar X, perisai, pengungkung daerah radiasi
9	Peralatan pengujian Eddy current.

Bila semua peralatan ini telah ada, maka pelaksana *in-service inspection* penukar panas reaktor riset telah mencapai kesiapan dalam penyediaan peralatan. Perlu diingatkan bahwa dalam pelaksanaan penggunaan peralatan yang terdaftar pada Tabel 2 memerlukan personal yang terqualifikasi dan telah terlatih. Namun tidak tertutup kemungkinan bahwa pelaksanaan *in-service inspection* pada penukar panas reaktor riset dilakukan dengan cara mengontrak peralatan dan personal yang ahli. Perusahaan multi nasional (*world wide*) biasa menggunakan *outsourcing rental* dan lain sebagainya, dengan catatan, bahwa alat tersebut masih layak, akurat dan terkalibrasi, dan dioperasikan personal yang sudah terlatih. Untuk penandaan bagian yang tidak memenuhi syarat siapkan alat tulis dan buku catatan pemeriksa untuk tempat pencatatan hasil akhir pelaksanaan *in-service inspection*.

#### o Petunjuk pelaksanaan *In-Service Inspection*

Untuk melaksanakan *In-Service Inspection* pada penukar panas, perlu diketahui tahapan-tahapan pelaksanaannya yang diuraikan sebagai berikut.

#### ▪ Pemeriksaan papan nama (*Nameplate*)

Papan nama yang asli adalah merupakan fakta kunci desain dan konstruksi dari setiap penukar panas.

Papan nama memuat:

1. Pabrik pembuat, lokasi, nomer seri, dan tahun pembuatan

2. Nomer pendaftaran (registrasi) pabrik pembuat, jika penukar panas yang dibuat didaftarkan pada pusat perwakilan perusahaan pembuat (National Board)
3. Fakta dari code konstruksi.
4. Tekanan yang diijinkan bekerja pada tabung dan pipa kecil, serta temperatur desain.

Papan nama tersebut adalah merupakan tanda yang asli dari perusahaan pembuat, seperti yang diunjukkan pada Gambar 1.

WONDERFUL HEAT EXCHANGER  
MANUFACTURING CO., INC.  
OILFIELD CITY OKLAHOMA

NAT'L BD 3426

U

W RT

MAWP

SHELL 150 PSI AT 650 °F

TUBES 150 PSI AT 650 °F

PSI AT °F

PSI AT °F

SERIAL NO. 6515

YEAR BUILT 1984

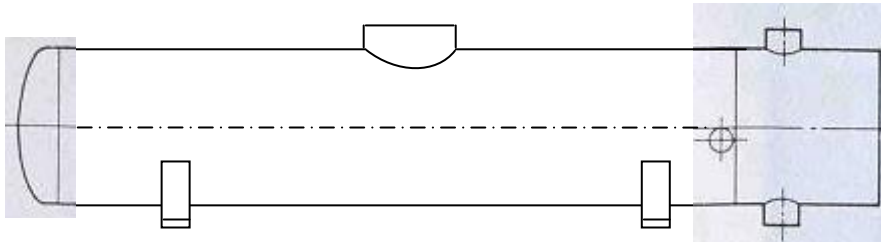
Gambar 1. Bentuk papan nama penukar panas

Berdasarkan papan nama, catatan data yang dibutuhkan sesuai dengan aturan ASME code dapat diminta pada pabrik pembuat penukar panas tersebut. Catatan data ini menentukan material yang diijinkan, persyaratan desain, jaminan kualitas dan pemeriksaan. Sebagai contoh, jika penukar panas dibangun dengan mengacu pada ASME code section VIII, Division 2. Perbaikan dan

pergantian papan nama dapat menunjukkan riwayat singkat dari perawatan pada bagian-bagian yang bertekanan. Papan nama ini akan memberikan batas tekanan dan temperatur ijin maksimum.

▪ **Pemeriksaan bagian luar yang terlihat**

Langkah kedua yang dilakukan untuk melakukan *in service inspection* adalah memeriksa bagian luar yang terlihat dari penukar panas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian luar yang terlihat dari penukar panas

Berikut ini beberapa bagian yang termasuk dalam daftar inspeksi bagian luar penukar panas.

1. Pengkaratan yang berlebihan;
2. Peotan, tekukan, atau lekukan *nozzle* atau penopang pipa kecil;
3. Goresan dalam dan goresan permukaan;
4. Pembungkukan tabung pembungkus;
5. Pencekungan flens dan pengembangan lembar penguat pipa-pipa kecil;
6. Terpotong atau membengkoknya baut flens;
7. Pemepatan gasket dalam sambungan;
8. Penonjolan dan runtuhnya bagian komponen;
9. Indikasi penegangan;
10. Perbaikan pada lasan;
11. Tambalan pada tabung tekan;
12. Bagian yang dilas di lapangan;
13. Lobang-lobang yang dipukul keluar atau celah dalam penopang;
14. Terurainya lapisan logam pelindung karat;
15. Lobang pin yang di beri nomor
16. Retakan dekat plat tipis yang dilas atau dimana ada perubahan penajaman bentuk.

Dalam laporan singkat, pekerja diinstruksikan untuk menggerus arah kebawah untuk menyembunyikan setiap permukaan logam yang dipengaruhi karat luar. Kedalaman

pengkaratan jarang merata, dan beberapa tempat dapat tidak berkarat. Oleh karena itu, pekerja harus memperkirakan berapa kedalaman pengkaratan yang telah terbentuk pada celah yang lebih buruk. Jika pengembangan pengkaratan tidak jelas, hal ini mungkin penting untuk memiliki *unit sandblast* atau *hydroblast* untuk memungkinkan penafsiran yang lebih baik. Posisi dan karakter dari peotan dapat menunjukkan kerusakan dalam yang tersembunyi. Sambungan dan penopang yang menyimpang atau tabung silinder yang melengkung menunjukkan bahwa unit tersebut telah ditangani dengan kasar atau dibebani dengan beban mekanik yang berlebihan. Takikan dan luka goresan pada permukaan gasket menunjukkan bahwa unit penukar panas tersebut telah dikeruk. Jika pada kepala ambang dari satu paked bundel terdapat goresan, ini merupakan petunjuk, bahwa bundel tersebut telah salah penanganan. Ikatan penutup, lengkungan flens, dan bidang atau titik benkokan pin baut pada lembar penguat pipa kecil telah melampaui tekanan. Penutup dengan gasket yang baru dicetak, dipasangkan bersama-sama, maka akan terlihat apakah penutup dan gasket layak diikat dengan baut-mur atau tidak. Gasket-gasket tersebut mungkin juga mempunyai fakta yang sangat berbeda untuk upaya menutup sambungan. Petunjuk selanjutnya

jutnya untuk permasalahan penutupan adalah adanya petunjuk berupa noda oleh bocornya cairan pada bagian bawah dari bagian-bagian yang berpasangan. Bagian yang mengalami penonjolan atau yang melengkung (misalnya: pelengkungan lembar penguat pipa-pipa kecil pada tabung) menandakan bahwa bagian dalam tabung mengalami tekanan yang berlebihan. Perubahan bentuk yang demikian dapat juga disebabkan oleh adanya ledakan. Tanda adanya penegangan yang memproyeksikan lipatan dan retakan pada permukaan normal logam menunjukkan adanya depormasi yang telah diluruskan. Bila tanda ini sudah ada, uji bagian tersebut dengan pengerjaan pengerasan dengan melakukan pendinginan secara perlahan-lahan. Perlu diingat bahwa memanaskan logam tahan karat kemungkinan akan merusak ketahanannya terhadap karat. Bagian yang khusus diperhatikan adalah kampuh las yang menyambungkan lembar penguat pipa-pipa kecil pada tabung dan kampuh las pada penetrasi nozzel melalui tabung pada lokasi penyambungan plat penguat pipa-pipa kecil dengan tabung.

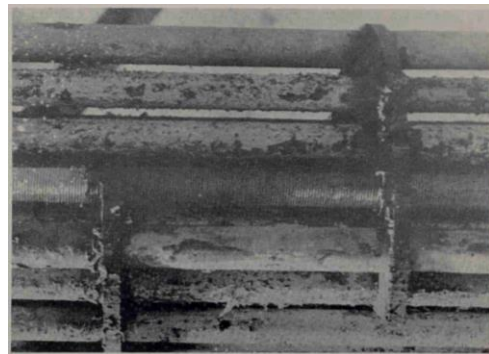
#### **Inspeksi pencemaran bagian dalam tabung**

Jika penampilan bagian luar dari tabung terlihat baik, coba untuk mencari tahu seberapa jeleknya bagian dalam tabung tercemar. Ada kalanya bagian dalam tabung ini sulit untuk diinspeksi. Kesulitan yang terjadi karena bundel dan lembar penguat pipa-pipa kecil yang terikat, tidak dapat dibongkar dengan mudah dari tabungnya. Dalam kejadian seperti ini sangat kecil harapan untuk dapat mendorong bundel keluar masuk dari tabung ke tempat perbaikan yang khusus. Oleh karena itu, dalam keadaan seperti ini *in-service inspection* hanya mungkin dilakukan dengan menggunakan peralatan tidak langsung. Untuk mengetahui keadaan bundel, lihat ke dalam melalui lubang nozzel dengan sebuah cermin inspeksi yang sesuai dan dengan bantuan sumber cahaya yang kuat. Gunakan batang baja yang bengkok untuk menduga sejauh

mungkin ke bagian depan pembatas pertama pada masing-masing ujung. Cuplikan pengkerakan atau kerak pada dinding nozel dan permukaan pipa kecil yang dapat dicapai digores untuk melihat bila bagian-bagian tersebut dapat dengan mudah digeser atau dikelupas. Komposisi cuplikan dianalisis agar dapat menunjukkan apakah bagian dalam tabung dapat dibersihkan atau tidak dengan menggunakan pembersih kimia. Jika kecurigaan dari beberapa pencemaran bagian dalam tabung tidak dapat dibuktikan dengan penglihatan mata terbuka, dicoba untuk menentukan bagaimana kebebasan air mengalir melalui tabung setelah pengujian hidrostatik dilakukan. Agar tidak membuang air penge-tesan, tabung disambungkan dengan pompa sirkulasi, *flowmeter*, dan drum air. Alat pengukur tekanan dipasang pada bagian sisi masuk dan sisi keluar untuk mengukur kehilangan tekanan. Bagian keteknikan dapat menghitung penurunan tekanan untuk unit yang bersih. Penurunan tekanan yang diukur dibandingkan dengan perhitungan. Jika kehilangan yang diukur banyak sekali dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka bagian dalam tabung kemungkinan sekali tercemar jelek sekali.

#### **Inspeksi bagian luar bundel dan dalam tabung**

Bilamana mungkin, bundel ditarik keluar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bundel ditarik keluar

Bagian dalam dari tabung dan bagian luar bundel dibersihkan dan diuji. Tabung ditempatkan untuk *disanblasting* atau *hidro-blasting* sebelum pengujian pengkaratan dilakukan. Sambungan sisi masuk, sisi keluar dan sambungan pengelasan pada tabung dilihat secara dekat. Celah pada permukaan tabung di posisi pembatas bundel atau penopang diamati. Ketebalan tabung pada daerah yang ternoda paling buruk diukur.

Peralatan ukur ketebalan ultrasonik (*ultrasonic thickness gauge*) dianjurkan untuk digunakan mengukur ketebalan tabung. Akan tetapi jika indikator alat ukur ketebalan ultrasonik tidak berlaku, tabung dipotong secuil dan dilakukan pengukuran dengan jangka sorong (*micrometer*). Lubang pencuilan harus ditutup setelah pengukuran selesai. Untuk melihat jika pembatas melintang tersebut mengalami penipisan atau tidak merata, pada ujung pembatas melintang (*partition*), dilakukan pengujian. Lingkaran cincin tabung disekitar pembatas diamati, kalau-kalau ada erosi dan pengkaratan yang terjadi. Lubang dan permukaan pipa-pipa kecil dimana pipa-pipa kecil menembus pembatas atau penguat diamati. Lubang-lubang yang terindikasi korosi diperbesar dengan menggunakan pisau. Dibuat lubang bertolak belakang dengan bagian persegi yang rendah di dalam pipa kecil yang dapat menunjukkan kerusakan akibat getaran, retakan dan penipisan akibat pengkaratan. Ketebalan permukaan pipa kecil dekat lubang pembatas ternyata secara berangsur-angsur dapat berkarat. Gosok permukaan pipa kecil atau plat bernoda diantara pembatas atau yang menampakkan kerusakan akibat getaran. Periksa bagian belakang lembar penguat pipa-pipa kecil dan pengkaratan lembar penguat pipa-pipa kecil yang dapat disebabkan oleh fluida yang berhenti atau percepatan pengkaratan oleh aliran tempe-

ratur tinggi. Uji batang penguat (*tie rods*), pengatur jarak (*spacer*), peralatan paking, dan plat yang bersentuhan untuk memastikan keutuhannya.

#### **Inspeksi saluran, pembungkus balik, dan pembungkus tabung**

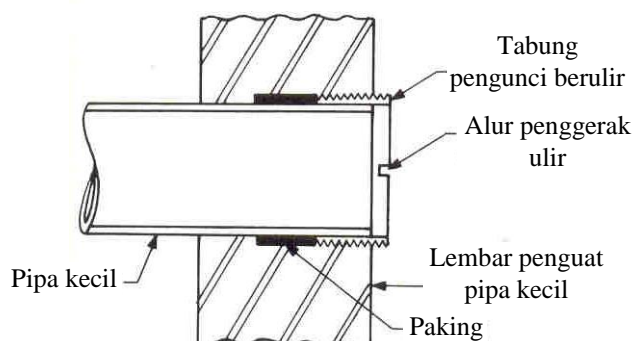
Untuk menguji saluran, pembungkus balik, dan pembungkus tabung, setiap sisa fluida proses harus dibuang. Setelah pembersihan, kedalaman dari setiap lubang dudukan saluran, pembungkus balik, dan pembungkus tabung diukur dengan peralatan ukur kedalaman lubang (*pit depth gauge*). Setiap bagian yang diduga ada retakan diuji dengan menggunakan larutan penetran atau dengan menggunakan metode partikel magnetik. Daerah-daerah yang perlu di curigai adalah:

1. Sambungan las pelindung saluran ke dinding tabung dan lembar penguat pipa-pipa kecil;
2. Logam induk dari pelindung saluran, dinding tabung dan pengaturan lembar penguat pipa-pipa kecil pada sambungan las;
3. Sambungan las *nozzle* dan pelindung saluran;
4. Logam induk dari *nozzle* dan saluran disekitar lokasi lubang;
5. Permukaan gasket.

#### **Inspeksi keadaan pipa dan lembar penguat pipa kecil.**

Bagian ujung pipa-pipa kecil perlu dilihat dengan cahaya yang kuat, apakah disana ada permukaan yang di etsa, penajaman pada bagian ujung atau ujung yang pecah dari pipa-pipa kecil yang dikembangkan. Pada lembar penguat pipa-pipa kecil, atau sepanjang pipa-pipa kecil ke sambungan pipa-pipa kecil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Pipa kecil dan lembar penguat pipa

Bilamana dilakukan pemeriksaan ujung pipa-pipa kecil, sambungan diuji secara visual apakah ada perubahan bentuk atau retak. Bagian yang diduga ada keretakan diverifikasi dengan pengujian yang menggunakan larutan penetran. Jika pada pengikatan terdapat kerusakan, maka unit tersebut tidak mempunyai prospek yang baik untuk digunakan selanjutnya. Bagian dalam pipa-pipa kecil, lurus, diperiksa dengan menggunakan lampu sorot yang bercahaya kuat dari satu ujung, dan diamati dari ujung yang lain. Cara ini akan menampakkan setiap kandungan pengotor, pengkaratan besar dan perubahan arah atau pembengkokan pipa-pipa kecil. Untuk pengamatan yang lebih baik pada pipa-pipa kecil lurus dan pipa-pipa kecil berbentuk U, digunakan *baroscope* bermagnet atau pengamatan dengan memasukkan camera televisi. Cara yang terbaik untuk memperkirakan keadaan di dalam pipa-pipa kecil adalah mengamati dengan menggunakan *baroscope*.

#### Pemeriksaan kekuatan dan kesesakan

Dalam teknik *in-service inspection* penukar panas reaktor riset, untuk mengetahui kekuatan dari penukar panas dilakukan dengan pengujian hidrostatis 1,5 kali tekanan yang tertera pada papan nama *MAWP* (*MAWP* = *maximum allowable working pressure*) yang disesuaikan dengan rasio tegangan ijin pada temperatur desain hingga pada temperatur kamar. Jika kebocoran

terlalu kecil untuk dipantau dengan pengujian hidrostatis dan beresiko, disarankan untuk melakukan pengujian gelembung (*bubble test*), pengujian kebocoran dengan halogen (*halogen leak test*), atau helium leak test.

Pengujian bagian dalam pipa-pipa kecil dilakukan dengan terlebih dahulu memastikan bahwa bagian dalam pipa-pipa kecil diuji tanpa adanya tekanan di dalam tabung, bagian dalam tabung diuji tanpa ada tekanan di dalam pipa-pipa kecil, dan kedua bagian tersebut diuji pada saat yang bersamaan. Pengujian bundel yang dapat digeser (*removable bundle*) dicoba dilakukan di luar tabung. Flens atau plat bundar dianjurkan untuk diuji dengan disaksikan oleh saksi (*jury*). Waktu minimum untuk tanpa penurunan tekanan adalah 30 menit.

#### Penyiapan laporan In-Service Inspection

Agar pelaksanaan teknik *in-service inspection* pada penukar panas reaktor riset ini memperoleh manfaat yang baik, maka setiap pelaksanaan kegiatan pada *in-service inspection* harus di catat dan disimpan dalam suatu dokumen. Oleh karena itu perlu disiapkan buku pemeriksaan (*Inspector log book*). Dokumen ini menetapkan personel pelaksana *in-service inspection*, yang akan melakukan pekerjaan, apa saja yang akan diperiksa, bagaimana melakukannya, dan kapan dilakukan serta mengatur batasan pemeriksaan, tanggung jawab dan kewenangannya. Dokumen ini sangat bernilai untuk

pengelolaan reaktor riset, karena dengan bantuan buku inilah pengelola reaktor riset dapat:

- 1) mengantisipasi keadaan, sisa umur, dan kemungkinan untuk meningkatkan umur pemakaiannya;
- 2) merencanakan pemeliharannya yang akan dilakukan selama pemakaian;
- 3) memperkirakan waktu dan biaya perawatan;
- 4) mengevaluasi kemungkinan perbaikan (*up grading*) dengan melakukan pembersihan dan pergantian pipa-pipa kecil
- 5) dan untuk menentukan apakah akan dilakukan pergantian pipa-pipa kecil, perbaikan atau pergantian.

Untuk menyusun dokumen ini diperlukan waktu yang cukup lama dan personil yang ahli dan jujur dalam melakukan pendokumentasian secara menyeluruh.

## PEMBAHASAN

Dari uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun suatu teknik *in-service inspection* penukar panas reaktor riset, yang meliputi: penentuan kualifikasi personal, pengumpulan dokumen pendukung, penyiapan peralatan, petunjuk pelaksanaan dan penyiapan laporan. Pada umumnya pelaksanaan teknik *in-service inspection* ini merupakan tanggung jawab satuan kerja yang mengelola reaktor riset tersebut. Oleh karena itu kepala unit kerja setingkat eselon II bertanggung jawab untuk menyediakan SDM yang sesuai dengan pekerjaan tersebut. Untuk dapat melakukan *in-service inspection* dengan baik harus ditunjang ketersediaan peralatan dan instrumen yang memadai. Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *in-service inspection* adalah merupakan keadaan terkini dari penukar panas tersebut, pengurangan ketebalan yang terjadi akibat pengkaratan dan pengikisan. Dengan hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *in-service inspection* ini dapat diketahui kelayakan operasi dari penukar panas tersebut atau jenis tindakan yang dibutuhkan agar penukar panas tersebut dapat

beroperasi kembali. Seluruh hasil kegiatan *in-service inspection* penukar panas reaktor riset, harus didokumentasikan, yang berguna sebagai acuan untuk pengoperasian, perawatan ataupun pergantian dimasa yang akan datang.

Dengan memahami uraian-uraian tersebut di atas diharapkan banyak personil yang dapat memahami pelaksanaan *in-service inspection* penukar panas pada reaktor riset dengan baik.

## KESIMPULAN

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

- 1) Pemahaman yang baik terhadap teknik *in-service inspection* penukar panas reaktor riset akan menghasilkan pelaksanaan *in-service inspection* sesuai dengan IAEA-TECDOC-1263, *Application of Non-destructive testing and in-Service Inspection To Research Reactors*.
- 2) Pelaksanaan teknik *in-service inspection* yang benar akan bermanfaat untuk menentukan keadaan terkini dari penukar panas tersebut agar dapat diketahui bentuk pengoperasian yang aman dan jenis perawatan yang diperlukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, IAEA-TECDOC-1263, *Application of Non-destructive testing and in-Service Inspection To Research Reactors, Austria 2001*.
2. Anonimous, Dokumen manajemen Penuaan RSG-GAS, No. Ident: TRR.KP.01.09.90.04, Rev:0, Jakarta 2004.
3. STANLEY YOKEL, *A Working Guide to Shell-Pipa kecil Heat Exchangers*, McGraw Hill Publishing Company, New York 1990.
4. ALCALA-RUIZ, DIS-CIEMAT, *Diktat National Training Course on In-Service Inspection of Research Reactor*, Madrid-Spain, 2004

