

TEKNIK *IN SERVICE INSPECTION* KOMPONEN REAKTOR RISET

Djaruddin Hasibuan

ABSTRAK

TEKNIK *IN-SERVICE INSPECTION* KOMPONEN REAKTOR RISET. Untuk mengetahui tahapan teknik *in-service inspection* komponen reaktor riset, telah disusun suatu teknik *in-service inspection* komponen reaktor riset. Teknik ini akan menguraikan pelaksanaan *In-Service inspection* pada komponen suatu reaktor riset yang meliputi : penentuan kualifikasi personil, pengumpulan dokumen pendukung, penyiapan peralatan, petunjuk pelaksanaan, dan penyiapan laporan *in-service inspection*. Tulisan ini dibuat berdasarkan pengalaman mengikuti National Training Coursen (*NTC*) on *In-Service Inspection of Research Reactor* yang diselenggarakan oleh BATAN dan IAEA. Dengan sistematika yang disajikan, maka pelaksanaan *in-service inspection* akan lebih mudah dilakukan.

Kata kunci : *In-Service Inspection*, teknik.

ABSTRACT

IN-SEVICE INSPECTION TECHNIQUES OF RESEARCH REACTOR COMPONENT. To know the In-Service inspection techniques of the step of research reactor components, In-Service inspection component techniques have been prepared. This technique will discuss the conducts of In-Service inspection of the research reactor component which cover the determination of personal qualification, In-Service inspection document supporting collect, tools of In-Service Inspection preparing, guide for In-Service Inspection conducting. This paper is based on the experience during attended of *NTC* on *In-Service Inspection of Research Reactor*. By the systematic provided, the conduct on In-service Inspection technique will easily done.

Key words : In-Service inspection, technique.

PENDAHULUAN

Reaktor riset adalah suatu reaktor nuklir yang digunakan terutama untuk pembangunan dan penggunaan fluks neutron dan radiasi pengionan untuk penelitian dan penggunaan-penggunaan lain. Reaktor riset juga merupakan suatu instrumen yang sangat diperlukan untuk mendirikan pusat penelitian dan program nuklir nasional suatu negara. 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*)(> 2MW)^[1]. Dalam pengoperasian, komponen, sistem dan struktur (KSS) suatu reaktor riset akan mengalami penuaan seiring dengan berlalunya waktu. Secara umum komponen, sistem dan struktur reaktor riset ini didisain untuk beroperasi sesuai dengan umur rancangan reaktor. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa selama usia pemakaian, komponen-komponen, sistem dan stuktur reaktor riset ini sewaktu-waktu dapat berubah sesuai dengan keadaan setempat, seperti: tegangan mekanik, suhu, dan radiasi. Oleh karena itu prakiraan umur rancangan yang telah ditentukan kemungkinan tidak dapat tercapai. Untuk mengantisipasi keadaan terkini, sisa umur dan kemungkinan untuk meningkatkan umur pemakaiannya perlu dilakukan *in-service inspection* pada komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut. Untuk memudahkan pelaksanaan *in service inspection* dari komponen-komponen utama suatu reaktor riset telah di susun suatu “Teknik *in service inspection* reaktor riset”. Teknik *In-Service Inspection* reaktor riset ini meliputi^[3]: penentuan personil pelaksana, pengumpulan dokumen pendukung, pelaksanaan inspeksi pada setiap bagian.

Metode ini didasarkan pada *IAEA-TECDOC-1263* serta pengalaman selama mengikuti *National Training Course on In Service Inspection of Research Reactor*, yang diselenggarakan oleh Badan Tenaga Nuklir

Nasional bekerja sama dengan IAEA. Dengan memahami Teknik *In-Service Inspection* komponen reaktor riset ini diharapkan pelaksanaan *In-Service Inspection* dapat lebih mudah dilakukan.

TEORI

In-service inspection komponen reaktor riset adalah suatu kegiatan inspeksi pada komponen, sistem dan struktur reaktor riset yang tidak memungkinkan untuk dibawa, diangkat atau dipindahkan ke lokasi lain, yang dilaksanakan secara khusus untuk tujuan keselamatan dan yang direncanakan secara mendasar^[2]. Sebagai contoh: Tangki kolam, pompa sirkulasi air pendingin, pipa pendingin primer dan sekunder. *In-Service Inspection* ini dimaksudkan untuk menentukan keadaan terkini dari: komponen, sistem dan struktur reaktor riset 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* adalah keadaan terkini dari komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut berupa: pengurangan ketebalan yang terjadi akibat pengkaratan dan pengikisan, perubahan sifat dan keandalan, bentuk perawatan yang diperlukan yang lebih khusus agar dapat mengisolasi dan mengendalikan laju penuaan pada KSS. Hasil ini dibandingkan dengan keadaan awal dengan cara membandingkan data-data yang diperoleh dari hasil *in-service inspection* dengan data awal yang ditemukan pada dokumen desain awal. Dengan berpedoman pada formula ilmu keteknikan yang sudah baku, dapat ditentukan permasalahan yang terjadi pada setiap komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut. Dengan ditemukannya permasalahan yang ada pada komponen, sistem dan

struktur reaktor riset tersebut, maka status komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut dapat diketahui, sisa umur komponen, sistem dan struktur dalam batasan keselamatan 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 yang juga bertanggung jawab atas program jaminan mutu, juga akan bertanggung jawab terhadap implementasi program *In-Service Inspection* dari reaktor riset tersebut tersebut^[1].

METODE PELAKSANAAN

Teknik *In-Service Inspection* reaktor riset ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut^[3]:

- Penentuan kualifikasi personal
- Pengumpulan dokumen pendukung;
- Penyiapan peralatan *In-Service Inspection*
- Petunjuk pelaksanaan *In-Service Inspection*;
- Penyiapan laporan *In-Service Inspection*.

- Penentuan kualifikasi personal

Sebagaimana yang telah diutarakan sebelumnya, bahwa yang bertanggung jawab atas pelaksanaan *in-service inspection* ini adalah satuan kerja yang mengoperasikan reaktor riset tersebut^[1,2]. 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 skill dan kemampuan kerja lapangan. Penentuan personil yang dibutuhkan untuk pelaksanaan *in-service inspection* reaktor riset didasarkan pada pengalaman melakukan pengujian dengan peralatan khusus yang sama dengan yang digunakan pada *in-service inspection*. 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.

- Pengumpulan dokumen pendukung

Untuk melakukan *in-service inspection* pada suatu reaktor riset perlu dilakukan pengumpulan dokumen desain awal yang terkait dengan komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut. Dokumen tersebut meliputi^[4]:

- 1) Dokumen data pembuatan;
- 2) Laporan Analisis Keselamatan Reaktor;
- 3) Dokumen pelengkap berupa *Turn Over Package* dan lampiran 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 material dan ketebalan dari setiap bagian-bagian yang bertekanan. Diantaranya gambar tangki reaktor dan sambungan yang meliputi: tangki reaktor, *bellow*, *pool liner*, *reactor internal*, beam tube, kolam penyimpanan bahan bakar bekas, dan *liquid storage tank*. Selain itu dokumen-dokumen ini ada yang memuat perhitungan sistem pendingin yang

menentukan diameter pipa, ketebalan pipa, bahan pipa, katub, dan pompa sirkulasi serta uraian penyambungannya. Lampiran data parsial akan menyediakan informasi yang bernilai tinggi pada bagian yang diproduksi pembuat lainnya, misalnya: sambungan ekspansi *bellow*, *discharge pipe*, *suction pipe* dan tangki tunda. Gambar detail dan gambar rakitan akan menguraikan sistem penukar panas (*heat exchanger*), sistem penyegaran udara, menara pendingin dan sistem purifikasi air serta prestasi-prestasi lain yang berhubungan dengan informasi, maupun yang menguraikan detail komponen, sistem dan struktur reaktor riset. 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 setiap komponen, sistem dan struktur. Semua data ini dapat diperoleh pada pusat dokumentasi setiap reaktor riset untuk pelaksanaan *in-service inspection* atau di dalam *file* cadangan.

- 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, alat dan instrumen untuk inspeksi^[1]
 Peralatan ini merupakan peralatan utama pada pelaksanaan *In-Service Inspection*.

| No | Apa yang akan diinspeksi | Apa yang harus digunakan |
|----|---|--|
| 1 | Informasi keadaan umum setiap komponen, sistem dan struktur reaktor riset. | Senter, lampu sorot, mata telanjang, kaca pembesar 10 x, sikat baja dan <i>scrap</i> . |
| 2 | Bagian bawah tangki reaktor dan permukaan lain di dalam kolam reaktor. | <i>Underwater telescopes</i> |
| 3 | Inspeksi visual tangki reaktor, beam tube, dan bagian-bagian dalam reaktor. | <i>Endoscopes</i> atau peralatan optik yang kaku |
| 4 | Panjang dan diameter (0,6 s/d 11 mm) komponen yang sulit dijangkau di dalam kolam reaktor, kolam penyimpanan bahan bakar bekas, tebal pipa pendingin primer | <i>Flexible fibre-scopes</i> dan <i>video-image-scopes</i> |
| 5 | Ketebalan logam pembentuk tangki reaktor, kolam penyimpanan bahan bakar bekas, pemipaan sistem pendingin. Rumah pompa dll | <i>Ultrasonic thicknes gauge</i> |
| 6 | Kekerasan logam pembentuk tangki reaktor, kolam penyimpanan bahan bakar bekas, pemipaan sistem pendingin dll | <i>Equotip</i> . |
| 7 | Sambungan-sambungan las, indikasi keretakan dan kebocoran | <i>Liquid penetrant</i> , X-ray, Gamma Ray |
| 8 | Bagian-bagian yang bergetar akibat putaran seperti pompa, motor dan batang kendali | Vibration analysis |
| 9 | Sudut kotak teras reaktor, | <i>Eddy current</i> dan <i>test probe</i> |
| 10 | Penukar panas (<i>heat exchanger</i>) | <i>Baroscope</i> lengkap (dilengkapi dengan video recorder dan CRT screen) |
| 11 | Bagian-bagian permukaan yang mengalami erosi atau pengikisan | <i>Reflication</i> , <i>Sintetic Rubber compounds</i> |

Bila semua peralatan ini telah ada, maka pelaksana *in-service inspection* telah mencapai kesiapan dalam penyediaan peralatan. Perlu diingatkan bahwa dalam pelaksanaan penggunaan peralatan-peralatan tertentu seperti: *Underwater telescop, Endoscopes, Flexible fibre-scopes* dan *videoimage-scopes, Ultrasonic thicknes gauge, Equotip, Vibration analysis, Eddy current, test probe, dan Baroscope* memerlukan personal yang terqualifikasi dan telah di latih.

Namun tidak tertutup kemungkinan bahwa pengujian tidak merusak dilakukan dengan cara mengontrak peralatan dan personil yang spesialis. Di dalam perusahaan yang multinasional-pun biasa menggunakan *out sourcing rental*, dengan catatan alat tersebut masih layak, akurat dan terkalibrasi. Dalam pelaksanaan *in-service inspection* pembuatan laporan singkat tetap memerlukan koordinator pemeriksaan dan pengujian tidak merusak.

- Petunjuk pelaksanaan *In-Service Inspection*

Untuk melaksanakan *in-service inspection* pada reaktor riset, perlu diketahui tahapan-tahapan pelaksanaannya yang diuraikan sebagai berikut:

• Tahap seleksi komponen

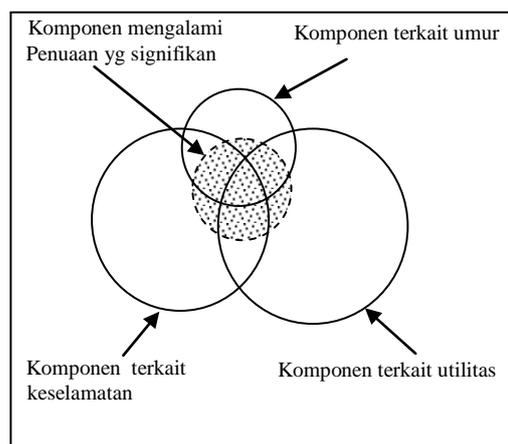
Seleksi komponen ditujukan untuk memilih komponen reaktor riset yang harus dievaluasi karena mengalami penuaan yang signifikan, yang secara cukup berarti komponen tersebut akan mempengaruhi keselamatan dan keandalan operasi reaktor.

Dalam melakukan identifikasi terhadap komponen, sistem dan struktur yang diduga akan mengalami penuaan secara signifikan, perlu dikembangkan prasangka umum dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut^[4]:

- a) Apakah suatu komponen akan mengalami penuaan ?
- b) Apakah komponen tersebut terkait fungsi utilisasi reaktor ?

- c) Apakah komponen tersebut terkait keselamatan reaktor ?
- d) Apakah komponen tersebut terkait umur operasi reaktor ? (jika komponen ini tidak berfungsi maka secara langsung umur reaktor berakhir, dan reaktor harus dekomisioning).
- e) Moda degradasi yang terjadi sejauh mana dapat mempengaruhi fungsi ?
- f) Apakah upaya yang telah dijalankan memadai untuk menghambat penuaan ?
- g) Apakah tersedia model/kriteria analitis untuk analisis umur sisa (*Reliability Life Assessment*) ?
- h) Data/dokumen apa yang diperlukan untuk pelaksanaan inspeksi ?

Pola umum seleksi komponen reaktor riset yang harus diinspeksi karena mengalami penuaan dapat digambarkan seperti pada Gambar 1 berikut^[4].



Gambar 1. Pola seleksi komponen

Seluruh kegiatan ini sebenarnya sudah dilakukan pada saat melakukan evaluasi penuaan komponen, sistem dan struktur reaktor riset. Untuk kegiatan *in-service inspection* data dari komponen, sistem dan struktur reaktor riset yang perlu diinspeksi dapat diambil dari laporan hasil evaluasi penuaan reaktor riset tersebut. Sehingga tidak banyak waktu yang terbuang untuk melakukan seleksi ulang.

- Penyiapan prosedur inspeksi

Setelah komponen-komponen yang signifikan mengalami penuaan telah ditentukan dan peralatan serta instrumen yang diperlukan sudah tersedia, maka prosedur pelaksanaan inspeksi telah dapat dibuat. Prosedur inspeksi ini bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan *in-service inspection* serta memberikan jaminan agar hasil yang diperoleh dari pelaksanaan inspeksi sesuai dengan yang diharapkan. Kesesuaian dari prosedur *in-service inspection* yang dibuat dengan pelaksanaan dilapangan akan menjadi alat pembuktian kemampuan kinerja penyusun prosedur, karena prosedur tersebut akan menentukan keefektipan atau tingkatan kemampuan prosedur inspeksi yang dibuat. Apakah prosedur ini telah sesuai dengan sasaran yang ditentukan, yang dicapai dengan selamat atau dengan evaluasi resiko yang tinggi. Prosedur ini mencakup ketentuan-ketentuan bahwa: semua peralatan yang digunakan untuk pengujian tidak merusak harus memenuhi syarat dalam penunjukan secara objektif. Personil uji tak merusak (*Non Destructive Test*) dan *in-service inspection* harus mempunyai pengalaman yang cukup dalam menggunakan peralatan yang dibuktikan dengan adanya sertifikat yang dikeluarkan oleh pihak yang berwenang. Semua peralatan bersama-sama dengan kelengkapan sebelum digunakan harus dikalibrasi. Sebagaimana mesti sebelum digunakan semua peralatan disesuaikan dengan catatan kalibrasi, yaitu validasi dari kalibrasi harus diverifikasi secara tetap oleh organisasi yang mengoperasikan reaktor sesuai dengan program jaminan kualitas. Setelah semua ketentuan-ketentuan di atas dipenuhi, selanjutnya tahapan-tahapan pelaksanaan inspeksi disusun sesuai dengan petunjuk teknis pengoperasian alat serta disesuaikan dengan keadaan lapangan. Dalam pelaksanaan *In-service Inspection*, program jaminan kualitas dalam proteksi radiasi harus dilaksanakan yang disesuaikan dengan klasifikasi tempat bekerja dibawah supervisi divisi keselamatan kerja.

- Pelaksanaan inspeksi

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, bahwa untuk melakukan *In-Service Inspection* diperlukan personil yang mampu dan berpengalaman dalam mengoperasikan setiap peralatan yang diperlukan. Jika hal ini telah terpenuhi, maka pelaksanaan *In-Service Inspection* telah dapat dilakukan dengan berpedoman pada prosedur pelaksanaan *In-Service Inspection* yang sudah tersedia dan yang sudah disyahkan.

- Pelaporan hasil inspeksi

Agar pelaksanaan teknik *In-service Inspection* pada komponen 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 catatan hasil pemeriksaan *in-service inspection*. Dokumen ini menetapkan personil 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 catatan inilah pengelola reaktor riset dapat:

- 1) mengantisipasi keadaan, sisa umur, dan kemungkinan untuk meningkatkan umur pemakaiannya;
- 2) untuk merencanakan pemeliharannya yang akan dilakukan selama pemakaian pada umur tuanya;
- 3) untuk memperkirakan waktu dan biaya perawatan;
- 4) mengevaluasi kemungkinan perbaikan (*upgrading*) dengan melakukan pembersihan dan pemeliharaan komponen, sistem dan struktur yang bermasalah.
- 5) dan untuk menentukan apakah akan dilakukan pergantian komponen, sistem dan struktur, 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* komponen reaktor riset, yang meliputi : penentuan kualifikasi personal, pengumpulan dokumen pendukung, penyiapan peralatan, petunjuk pelaksanaan dan penyiapan laporan *in-service inspection*. Pada umumnya pelaksanaan teknik *in-service inspection* ini merupakan tanggung jawab unit kerja yang mengelola reaktor riset tersebut. Oleh karena itu kepala unit kerja 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. Semua peralatan yang diperlukan harus berstatus baik dan terqualifikasi serta terkalibrasi. Pelaksanaan *Inservice Inspection* harus diawasi oleh badan pengawas (*regulatory body*). Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *in-service inspection* adalah merupakan keadaan terkini dari komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut. Dengan hasil yang diperoleh dari pelaksanaan *In-Service Inspection* ini dapat diketahui kelayakan operasi dari setiap komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut atau jenis tindakan yang dibutuhkan agar komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut dapat beroperasi kembali. Seluruh hasil kegiatan *In-service Inspection* pada komponen, sistem dan struktur reaktor riset ini, 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* pada komponen, sistem dan struktur reaktor riset dengan baik.

KESIMPULAN

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

- 1) Pemahaman yang baik terhadap teknik *in-service inspection* komponen 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 komponen, sistem dan struktur reaktor riset tersebut agar dapat diketahui bentuk pengoperasian yang aman dan jenis perawatan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

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