

METODE EVALUASI PENUAAN KOMPONEN MEKANIK UTAMA REAKTOR RISET

Djaruddin Hasibuan dan Elisabeth Ratnawati

ABSTRAK

METODE EVALUASI PENUAAN KOMPONEN MEKANIK UTAMA REAKTOR RISET. Untuk mengetahui laju proses penuaan komponen-komponen reaktor riset di Indonesia, maka telah disusun suatu metode evaluasi penuaan komponen utama mekanik reaktor riset yang memenuhi standard code *ASME, ASTM, ANSI B31.1*. Metode evaluasi ini akan menguraikan teknik pelaksanaan evaluasi penuaan komponen mekanik reaktor riset yang meliputi identifikasi komponen utama, penentuan pemicu penuaan, penyusunan rinci mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi, pelaksanaan inspeksi dan analisis. Tulisan ini dibuat berdasarkan pengalaman mengikuti *NTC on AGEING Management of Research Reactor* yang diselenggarakan oleh BATAN dan IAEA. Dengan sistematika evaluasi yang disajikan, maka pelaksanaan evaluasi akan lebih mudah dilakukan.

Kata kunci : penuaan, pemicu dan mekanisme

ABSTRACT

AGEING EVALUATION METHOD OF MAIN MECHANICAL COMPONENT OF RESEARCH REACTOR. To know the ageing rate process of the research reactor in Indonesia, a method of main mechanical component evaluation of research reactor according to the *ASME code, ASTM, ANSI B31.1* has been composed. This evaluation method will discuss the main component identification, determination of ageing stressor, detail arrangement of the fault mechanism possibility, inspection and analyzed done. This paper is made base on the experience during attending of *NTC on AGEING Management of Research Reactor*. By this systematical evaluation, the application of evaluation will easily to be done.

Key word : Ageing, stressor and mechanism

I. PENDAHULUAN

Pada umumnya instalasi nuklir didesain untuk beroperasi sesuai dengan umur rancangannya. Namun kadang-kadang perkiraan umur rancangan yang telah ditentukan tidak dapat dicapai, karena beberapa komponen penting mengalami kegagalan atau malfungsi sebagai akibat kerusakan/penuaan dini dari komponen-komponen tersebut sebelum mencapai umur yang direncanakan. Menghindari terjadinya gangguan pengoperasian reaktor sebagai akibat tidak berfungsinya komponen-komponen mekanik utama reaktor riset, perlu dilakukan evaluasi penuaan dari komponen-komponen mekanik reaktor tersebut. Untuk memudahkan pelaksanaan evaluasi penuaan komponen-komponen mekanik pada suatu reaktor riset telah disusun "Metode Evaluasi Penuaan Komponen Mekanik Utama Reaktor Riset". Metode ini meliputi pelaksanaan identifikasi, penentuan pemicu penuaan, penyusunan mekanisme penuaan yang mungkin terjadi, pelaksanaan inspeksi dan pelaksanaan analisis kemampuan komponen mekanik tersebut. Metode ini didasarkan pada pengalaman selama mengikuti *National TC on Ageing Management of Research Reactor*, yang diselenggarakan oleh Badan tenaga Nuklir Nasional bekerja sama dengan IAEA. Berdasarkan pengalaman selama mengikuti pelatihan tersebut, pelaksanaan analisis penuaan masih merupakan kendala karena kurangnya pemahaman akan fungsi dan cara pelaksanaannya. Untuk mengatasi kendala tersebut telah disusun suatu metode evaluasi penuaan komponen utama mekanik reaktor riset yang memenuhi standard code *ASME, ASTM, ANSI B31.1*. Dengan memahami metode pengelolaan penuaan komponen mekanik ini diharapkan tindakan pencegahan penuaan dini pada komponen mekanik reaktor riset dan resiko bahaya akibat penuaan komponen mekanik tersebut di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy dapat dipahami dan dilaksanakan.

II. TEORI

Pada umumnya setelah peralatan dioperasikan dalam kurun waktu tertentu pada akhirnya peralatan tersebut akan mengalami kerusakan atau penuaan. Demikian juga dengan komponen-komponen mekanik utama reaktor riset yang meliputi : pemipaan sistem pendingin primer, sekunder dan dinding tangki kolam reaktor akan

mengalami hal yang sama. Penuaan yang terjadi pada komponen mekanik utama reaktor riset tersebut dapat disebabkan oleh⁽¹⁾ :

- a) Umur pemakaian yang sudah tercapai;
- b) Penggunaan paksa;
- c) Perubahan sifat mekanis.

Parameter utama yang diperlukan untuk melakukan evaluasi penuaan ini adalah keadaan akhir dari komponen-komponen mekanik tersebut berupa tebal (t) dan angka kekerasan Brinell ($BHN=Brinell\ Hardness\ Number$). Untuk mengetahui ketebalan dan kekerasan terkini dari material komponen-komponen mekanik utama reaktor riset tersebut hanya dapat ditentukan dengan cara melakukan inspeksi atau pengukuran langsung di lapangan. Sedangkan untuk mengetahui layak tidaknya komponen-komponen mekanik reaktor riset ini dioperasikan, dilakukan analisis dengan cara membandingkan data aktual hasil pengukuran tebal (t) dengan tebal minimum yang diijinkan yang diperoleh dari persamaan tegangan yang dihasilkan oleh tekanan, berat dan beban lain dalam desain seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$S_L = \left(\frac{P.D_o}{4.t}\right) + \frac{0,75.M_A}{Z} \leq S_h \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- S_L = tegangan oleh beban yang didukung [lbs-inch]
- P = tekanan dalam pelayanan (psi) biasanya diambil 10% lebih besar dari tekanan operasi sebenarnya.
- D_o = diameter luar pipa (inch)
- t = tebal pipa
- S_h = tegangan ijin maksimum (psi), didasarkan pada perkiraan suhu maksimum (50,2⁰C)
- z = modulus section dari pipa (inch³)
- M_A = penjumlahan momen pembebanan pada penampang (inch-lb)

Data lain yang masih diperlukan dari komponen mekanik reaktor adalah kekerasan (BHN) dari material pembentuk komponen utama yang akan dievaluasi, yang ditentukan dengan cara melakukan pengukuran langsung di lapangan. Hasil pengukuran

digunakan untuk menentukan besarnya tegangan patah (*ultimate tensile strength*) dari material komponen mekanik dengan menggunakan persamaan (2) dan (3)^[3]

Untuk baja karbon $UTS = 0,36 BHN \text{ (kg/mm}^2\text{)} = 500 \text{ BHN (psi)}$ (2)

Untuk baja paduan $UTS = 0,34 BHN \text{ (kg/mm}^2\text{)} = 472 \text{ BHN (psi)}$ (3)

Dimana :

$UTS = \textit{Ultimate tensile strength}$

$BHN = \textit{Brinnel Hardness Number} = \text{angka kekerasan Brinnel}$

Sedangkan untuk menentukan besaran tegangan ijin maksimum ($\bar{\sigma}$) yang diperbolehkan, dilakukan dengan cara membagi UTS dengan suatu faktor yang disebut dengan faktor penggandaan (k), dimana $k = 1,8$ untuk pelayanan tingkat B (*service level B*) sedangkan untuk pelayanan tingkat C (*service level C*) $k = 2,25$ ^[1]

Pada dasarnya apabila tebal pipa dari hasil pengukuran yang dilakukan lebih besar atau sama dengan tebal pipa hasil perhitungan desain, maka komponen tersebut dinyatakan aman. Demikian juga halnya dengan tegangan yang terjadi, apabila tegangan ijin maksimum yang diperbolehkan lebih besar atau sama dengan tegangan yang timbul maka komponen tersebut dinyatakan aman dalam pengoperasiannya.

III. METODE PELAKSANAAN

Untuk melaksanakan evaluasi penuaan pada komponen mekanik reaktor ini dilakukan dengan tahapan berikut^[1] :

- 1) Mengidentifikasi komponen-komponen utama;
- 2) Menentukan pemicu penuaan dan penyebab penurunan sifat mekanik;
- 3) Menyusun secara rinci mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi;
- 4) Melakukan pemeriksaan atau inspeksi sesuai dengan metode yang dapat diterapkan; dan
- 5) Melakukan analisis kemampuan dari komponen mekanik yang dievaluasi.

III.1. Identifikasi komponen-komponen utama

Untuk melakukan evaluasi penuaan komponen mekanik utama reaktor riset ini, kegiatan awal yang perlu dilakukan adalah menentukan komponen-komponen yang mana saja dari komponen reaktor yang diutamakan untuk dievaluasi penuaannya. Identifikasi penuaan komponen reaktor ini didasarkan pada keterkaitan komponen tersebut terhadap keselamatan, kemudahan pergantian dan urutan prioritas. Dengan identifikasi yang dilakukan diharapkan proses evaluasi penuaan dapat mewakili seluruh komponen reaktor yang akan dievaluasi dan dapat menghasilkan data yang mendekati keadaan sesungguhnya.

III.2. Menentukan pemicu penuaan dan penyebab penurunan sifat mekanik

Dari hasil identifikasi yang dilakukan, serta berpegang pada fungsi dan kondisi lokasi dari setiap komponen, maka pemicu penuaan pada setiap komponen mekanik dapat ditentukan.

Pemicu penuaan pada komponen mekanik adalah akibat ^[4] :

- a. radiasi;
- b. suhu;
- c. tekanan;
- d. cycling;
- e. korosi;
- f. kimia;
- g. erosi;
- h. perkembangan teknologi;
- i. faktor manusia;
- j. desain, operasi dan perawatan;

Pemicu penuaan ini dapat bekerja secara sendiri-sendiri atau bersama-sama untuk menghasilkan suatu mekanisme penuaan yang dapat mengakibatkan jenis penuaan tertentu.

III.3. Menyusun secara rinci mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi

Setelah penyusunan mekanisme penuaan yang terjadi dilakukan, maka prediksi kemungkinan terjadinya sesuatu mekanisme penuaan pada suatu komponen mekanik dapat dilakukan.

Mekanisme penuaan yang mungkin terjadi pada suatu komponen mekanik reaktor adalah akibat ^[4] :

- a. kegetasan;
- b. aus;
- c. lelah;
- d. penipisan;
- e. retak;
- f. patah;
- g. lengket;
- h. rusak;
- i. kuno;
- j. kelebihan beban;
- k. umur;

III.4. Melakukan pemeriksaan dengan metode yang mungkin dilakukan

Penuaan pada umumnya, terjadi sebagai akibat umur pemakaian yang relatif lama, dengan beraneka ragam kondisi operasi yang dapat mengakibatkan perubahan struktur mikro dari logam pembentuk komponen mekanik tersebut, degradasi sifat mekanik, misalnya penurunan nilai kekerasan, penurunan kekuatan, kegetasan dan lain sebagainya. Untuk dapat melakukan evaluasi penuaan yang terjadi pada suatu komponen mekanik, perlu dilakukan pemeriksaan (inspeksi). Inspeksi yang dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan data-data terakhir dari komponen mekanik tersebut. Inspeksi yang dilakukan dapat berupa uji merusak maupun uji tak merusak (NDT). Uji merusak yang umum dilakukan adalah uji kekerasan, uji tarik, uji creep, uji tumbukan (*inpact test*), sedangkan uji tak merusak yang umum dilakukan adalah : *visual check*, *depenetran test*, *X-ray*, *Ultrasonic test* dan *Eddy current*. Seluruh kegiatan pemeriksaan

ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data akhir dari setiap material komponen mekanik yang akan dievaluasi.

III.5. Melakukan analisis kemampuan dari komponen mekanik yang dievaluasi

Hasil yang diperoleh dari hasil inspeksi, baik berupa ketebalan (t), maupun kekerasan, digunakan sebagai data masukan untuk melakukan evaluasi dari kemampuan komponen-komponen mekanik utama. Dimana data-data ini merupakan evaluasi dengan menggunakan rumus (1) dan (2). Dengan membandingkan data-data hasil pengukuran dan data-data hasil perhitungan desain, maka keadaan komponen mekanik reaktor dapat ditentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun suatu metode evaluasi penuaan komponen-komponen mekanik reaktor riset, yang meliputi identifikasi komponen, pemicu penuaan, mekanisme kegagalan, inspeksi dan analisis. Sedangkan ukuran ketebalan pipa maupun dinding tangki reaktor dapat ditentukan dengan cara melakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat pengukur ketebalan ultrasonic dan alat pengukur kekerasan Equotip. Dari hasil pengukuran yang diperoleh, dilakukan analisis data dan informasi sehingga diperoleh data dan informasi aktual dengan mengambil data terkecil. Hal ini dimaksudkan agar hasil evaluasi data dan informasi yang dilakukan menghasilkan kondisi minimum yang dimiliki komponen-komponen reaktor pada saat pengukuran dilakukan. Data aktual yang diperoleh dibandingkan dengan data desain yang diperoleh dari hasil perhitungan desain, sehingga komponen mekanik yang dievaluasi dapat diketahui kelayakannya. Jika data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan data dan informasi yang diperoleh dari perhitungan desain, maka komponen tersebut dapat dinyatakan aman dalam pengoperasiannya. Sedangkan jika diperoleh data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lebih kecil dari data dan informasi yang diperoleh dari perhitungan desain, maka komponen tersebut dapat dinyatakan tidak aman dalam pengoperasiannya. Sehingga perlu

dilakukan tindak lanjut, berupa tindakan penurunan beban, modifikasi desain atau pergantian.

V. KESIMPULAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan :

- 1) Komponen-komponen mekanik reaktor riset akan mengalami penuaan sesuai dengan umur pemakaiannya yang sudah tercapai, penggunaan paksa dan sebagai akibat perubahan sifat mekanis dari material komponen tersebut;
- 2) Evaluasi penuaan dilakukan dengan cara melakukan inspeksi, evaluasi data dan informasi; dan
- 3) Layak tidaknya komponen reaktor riset beroperasi dilakukan dengan cara membandingkan data dan informasi aktual hasil inspeksi dengan data perhitungan desain.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- 1) PAUL STARTHES, *Methodology for Management of Ageing Reactor Mechanical Component*, ANSTO, Australia;
- 2) Anonymous, *ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III*, Subsection NC and 2ND Edition, 1980;
- 3) AARON D.DEUTSCHMAN, WALTER J.MICHELS, CHARLES E.WILSON, *Machine Design, Theory and Practice*, Macmillan Publishing Co. Inc, New York, 1975;
- 4) SYAHRIL and ANTONIUS SITOMPUL, *Material and Corrosion in Nuclear Reactor*, Bahan kuliah *National Training Course on Water Chemistry of Nuclear Reactor System*, P2TKN-BATAN, 2004.