

---

---

## **EVALUASI STANDARD KOMPONEN, SISTEM DAN STRUKTUR RSG-GAS UNTUK MANAGEMEN PENUAAN**

**Djaruddin Hasibuan**  
**Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset - BATAN**

### **ABSTRAK**

**EVALUASI STANDAR KOMPONEN, SISTEM DAN STRUKTUR RSG-GAS UNTUK MANAGEMEN PENUAAN.** Telah dilakukan evaluasi standar komponen, system dan struktur RSG-GAS untuk manajemen penuaan. Evaluasi yang dilakukan meliputi penyusunan KKS, kelas mutu, material, pemicu penuaan dan lingkungan, akibat penuaan dan mekanisme penuaan. Hasil evaluasi yang dilakukan merupakan pengumpulan data informasi yang didasarkan pada tingkat kerentanan masing-masing komponen, sistem dan struktur terhadap penuaan. Dengan terkumpulnya data dan informasi ini, penyusunan program penuaan RSG-GAS telah dapat dilakukan berdasarkan skala prioritas.

### **ABSTRACT**

**STANDARD EVALUATION OF RSG-GAS COMPONENT, SYSTEM AND STRUCTURE FOR AGEING MANAGEMENT.** The standard evaluation of RSG-GAS Component, system and structure for ageing management had been done. The evaluation doing involve KKS adjusting, quality class, material, ageing stressor and surrounding, backfitting as a result of ageing. The result of evaluation doing is the data and information collecting wich is base on the ageing sensitivity of each component, system and structure. By the collecting data and information, the ageing program arrangement of RSG-GAS had been done accordance to priority scale.

### **PENDAHULUAN**

Reaktor serba guna G.A. Siwabessy adalah reaktor riset terbesar di Indonesia. Setelah beroperasi selama 17 tahun sejak Agustus 1987 secara umum komponen-komponen dari reaktor ini akan mengalami penurunan kemampuan atau degradasi sebagai akibat penuaan dari komponen dan sistem strukturnya. Evaluasi terhadap penuaan yang terjadi dari komponen dan struktur RSG-GAS secara terpadu belum pernah dilakukan. Pada hal keselamatan pengoperasian reaktor terkait erat dengan keandalan komponen, sistem dan struktur. Agar pengoperasian RSG-GAS dapat berlangsung dengan aman dan selamat hingga mencapai umur minimal sesuai dengan umur desain atau jika dikehendaki adanya perpanjangan umur perlu disusun suatu konsep baku dalam pengelolaan penuaan yang meliputi komponen, sistem dan strukturnya. Konsep pengelolaan yang baku untuk reaktor riset didasarkan pada ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan IAEA yang dituangkan dalam *IAEA Safety Standard Series (DS-272)* yang memuat persyaratan-persyaratan yang berkaitan dengan penuaan. Persyaratan ini memuat ketentuan-ketentuan perancangan yang mengharuskan penempatan margin keselamatan yang sesuai dan memadai untuk

---

mengakomodasi dan mengantisipasi karakter material pada akhir umur pemakaiannya. Oleh karena itu efek penuaan harus diperhitungkan pada seluruh kondisi operasi normal, termasuk pada saat perawatan maupun dalam periode reaktor tidak beroperasi.

Dengan penerapan ketentuan-ketentuan yang terkait di dalamnya, diharapkan RSG-GAS dapat mencapai umur operasi sesuai dengan yang direncanakan atau kalau dikehendaki dapat melampaui umur yang direncanakan tersebut.

## TEORI

Keselamatan adalah suatu kondisi yang harus selalu tercapai dalam pengelolaan sebuah reaktor nuklir dari saat pembangunan, pengoperasian hingga selesai proses dekomisioning<sup>[1]</sup>. Unsur-unsur utama yang menunjang beroperasinya suatu reaktor dalam keadaan aman dan selamat adalah komponen, sistem dan strukturnya. Penuaan adalah suatu proses berkelanjutan yang menyebabkan memburuknya sifat dan karakter dari komponen, sistem dan struktur dari suatu reaktor riset. Pada umumnya setelah peralatan dioperasikan dalam kurun waktu yang relatif lama, pada akhirnya peralatan tersebut akan mengalami kerusakan atau penuaan.

Demikian juga dengan komponen, sistem dan struktur utama reaktor riset, akan mengalami hal yang sama setelah beroperasi dalam tenggang waktu tertentu. Penuaan yang terjadi pada komponen, sistem dan struktur utama reaktor riset dapat disebabkan oleh<sup>[2]</sup> :

- a) Umur pemakaian yang sudah tercapai.
- b) Penggunaan paksa.
- c) Perubahan sifat mekanis akibat faktor luar (kimia dan radiasi).

Pengaruh yang umum terjadi dari degradasi material karena penuaan adalah: perubahan sifat fisik material seperti: penurunan konduktivitas listrik, pelapukan karena radiasi dan termal, mulur (*creep*), lelah (*fatigue*), pengkaratan (*corrosion*), keretakan akibat gesekan (*fretting*) dan retak akibat kelelahan (*fretting fatigue*).

Suatu upaya untuk menghambat dan mencegah pengaruh penuaan terhadap komponen, sistem dan struktur reaktor RSG-GAS agar umur operasi reaktor dapat mencapai umur desain atau lebih lama disebut sebagai manajemen penuaan RSG-GAS.

Manajemen penuaan yang umum dilakukan meliputi tahapan-tahapan berikut:

- 1) Pemilihan komponen terkait keselamatan yang harus di evaluasi karena penuaan

- 2) Evaluasi mekanisme dan mode penuaan dominan, serta pengembangan metode efektif aflikatif untuk deteksi, pemantauan dan mitigasi penuaan terpilih.
- 3) Upaya manajemen komponen dengan tindakan pengawasan, perawatan, pengoperasian (desain dan atau modifikasi, perakitan, penyimpanan dan pemasangan yang benar dan memadai)

Dengan melakukan manajemen penuaan yang meliputi evaluasi standar pada komponen, system dan struktur tersebut kemungkinan terjadinya penuaan dini karena karat dan radiasi akan terpantau dan dapat dicarikan solusinya.

## **METODE PELAKSANAAN**

Walaupun dalam perancangan penerapan batasan minimum telah diterapkan, namun untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor pada usia yang sudah mendekati usia desain, perlu dilakukan evaluasi penuaan, baik pada saat operasi maupun pada saat perawatan.

Untuk melaksanakan evaluasi penuaan pada komponen, system dan struktur RSG-GAS ini dilakukan dengan tahapan tahapan berikut <sup>[1]</sup> :

- 1) Mengidentifikasi komponen-komponen utama
- 2) Menentukan pemicu penuaan (*ageing stressor*) 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.
- 5) Melakukan analisis kemampuan dari komponen mekanik yang dievaluasi.

### **1. Identifikasi Komponen-komponen Utama**

Untuk melakukan evaluasi penuaan komponen, sistem dan struktur utama reaktor riset, kegiatan awal yang perlu dilakukan adalah menentukan komponen-komponen yang mana saja dari komponen reaktor yang diutamakan untuk dievaluasi penuaannya. Penentuan ini didasarkan pada keterkaitan masing-masing komponen terhadap umur reaktor, keselamatan, fungsi utilisasi reaktor dan kemudahan pergantian. Dengan identifikasi yang dilakukan diharapkan proses evaluasi penuaan dapat mewakili

---

seluruh komponen reactor yang akan dievaluasi dan dapat menghasilkan data yang mendekati keadaan sesungguhnya.

## 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 <sup>[3]</sup> :

- |                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| a. Radiasi        | f. Kimia                           |
| b. Suhu           | g. Erosi                           |
| c. Tekanan        | h. Perkembangan teknologi          |
| d. <i>Cycling</i> | i. Faktor manusia                  |
| e. Korosi         | j. Desain, operasi dan maintenance |

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

## 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 reactor adalah akibat <sup>[4]</sup> :

- |                                       |            |                    |
|---------------------------------------|------------|--------------------|
| a. Kegetasan ( <i>Embrittlement</i> ) | e. Retak   | i. Kuno            |
| b. Aus                                | f. Patah   | j. Kelebihan beban |
| c. Lelah ( <i>Fatigue</i> )           | g. Lengket | k. Umur            |
| d. Penipisan                          | h. Rusak   |                    |

Seluruh data-data penuaan yang terjadi, penyebabnya dan cara penanggulangannya dituangkan dengan ringkas dalam “Tabel mekanisme penuaan komponen, sistem dan struktur RSG-GAS” yang dapat dilihat pada “Dokumen Manajemen Penuaan RSG-GAS” yang disusun oleh Tim penuaan RSG-GAS. Sebagai contoh dapat dilihat Tabel mekanisme penuaan crane terlampir.

## 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 (*inpac test*), sedangkan uji tak tak merusak yang umum dilakukan adalah : *visual check*, *de pnetran test*, *X-ray*. *Ultrasonic test* dan *Edy current*. Seluruh kegiatan pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data akhir dari setiap material komponen mekanik yang akan dievaluasi.

**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, system dan struktur utama reaktor. Dimana data-data ini merupakan data evaluasi dengan menggunakan rumus (1) dan (2). Dengan membandingkan data-data hasil pengukuran dan data-data hasil perhitungan desain, maka keadaan komponen mekanik reactor dapat ditentukan.

Untuk menghindari terjadinya degredasi pada komponen, sistem dan struktur reaktor, maka dalam pelaksanaan perancangan perlu diterapkan batasan-batasan tegangan maksimum yang diijinkan seperti yang diperlihatkan pada persamaan (1)<sup>[4]</sup> berikut.

$$S_m = \min\left[\frac{2}{3} \cdot S_{y(RT)} \text{ atau } \frac{2}{3} S_{y(T)} \text{ atau } \frac{1}{3} S_{U(RT)} \text{ atau } \frac{1}{3} S_{U(T)} \dots\dots\dots(1)\right]$$

- dengan  $S_m$  = tegangan maksimum yang diijinkan
- $S_y$  = Tegangan luluh(Yield Strngth), diperoleh dari data-data material pada code atau dari hasil pengujian langsung.
- $S_U$  = Tegangan patah (*Ultimate strength*), diperoleh dari data-data material pada code atau hasil pengujian langsung.
- RT = Temperatur kamar (*Room temperature*).

---

T = Temperatur setempat.

Dengan menggunakan batasan minimum yang ditunjukkan pada persamaan (1) di atas dalam perancangan, maka kemampuan komponen untuk tetap dapat menjalankan fungsi keselamatan dengan baik telah tercapai<sup>[4]</sup>. Selain penerapan batasan-batasan perancangan dalam desain yang diutarakan di atas, perlu dilakukan penerapan program evaluasi penuaan yang berkesinambungan dalam masa operasinya. Dengan program tersebut kemungkinan terjadinya penuaan dini karena karat dan radiasi akan terpantau dan dapat dicarikan solusinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun suatu metode evaluasi penuaan komponen-komponen mekanik reactor riset, yang meliputi : identifikasi komponen, pemicu penuaan, mekanisme kegagalan, inspeksi dan analisis. Sedangkan ukuran ketebalan pipa maupun dinding tangki reactor 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 reactor pada saat pengukuran dilakukan. Data actual yang diperoleh dibandingkan dengan data desain yang diperoleh dari hasil perhitungan desain, sehingga komponen mekanik yang di evaluasi dapat diketahui kelayakannya. Jika data dan informasi actual 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 *actual* 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.

---

## KESIMPULAN

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan :

- 1) Komponen-komponen mekanik reactor 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.
- 3) Layak tidaknya komponen reactor riset beroperasi dilakukan dengan cara membandingkan data dan informasi actual hasil inspeksi dengan data perhitungan desain.

## DAFTAR PUSTAKA.

1. Anonimous, *IAEA Safety Standard Series (DS-272)*
2. PAUL STARTHERS, *Methodology for Management of Ageing Reactor Mechanical Components, ANSTO, Australia.*
3. SYAHRIL dan ANTONIUS SITOMPUL, *Material and Corrosion in Nuclear Reactor*, Bahan kuliah *National Training Course on Water Chemistry of Nuclear Reaktor System*, P2TKN BATAN 2004
4. KUNIO HASEGAWA, *Design Rules And Fundamental Fracture Mechanics, Hitachi, LTd, Japan 2004.*