
EVALUASI PENUAAN TANGKI REAKTOR RSG-GAS *

Djaruddin Hasibuan

Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset -BATAN

ABSTRAK

EVALUASI PENUAAN TANGKI REAKTOR RSG-GAS. Untuk mengetahui kondisi terakhir tangki reaktor RSG-GAS, telah dilakukan evaluasi tangki reaktor tersebut di gedung Reaktor serba Guna-GAS. Evaluasi yang dilakukan meliputi inspeksi visual dengan menggunakan kamera bawah air, inspeksi ketebalan dinding reaktor dengan menggunakan “Ultrasonic Thickness Gauge”, pengujian kekerasan dengan menggunakan peralatan equotip. Inspeksi visual telah dilakukan oleh group ISI, dan inspeksi ketebalan dinding tangki tidak dapat dilakukan karena keterlambatan alat, sehingga penelitian ini hanya berlangsung hingga penyusunan prosedur pelaksanaan saja. Dengan prosedur yang disusun, kegiatan pengukuran ketebalan dinding tangki reaktor di masa yang akan datang telah dapat dilakukan.

Kata kunci: penuaan, inspeksi

ABSTRACT

AGEING EVALUATION OF RSG-GAS REACTOR ALUMINIUM TANK. To know the last condition of RSG-GAS reactor aluminium tank the evaluation of mentioned reactor aluminium tank had been done in the building of RSG-GAS. The evaluation done involve the visual inspection by using underwater camera, thickness inspection by using ultrasonic thickness gauge, material hardness testing by using equotip and the result of evaluation base on the data collecting. The visual inspection has been done by the ISI group, and the thickness inspection could not be done because of the tool indent is late arrived, so the research had done until the procedure preparation only. By the procedure prepared, the measurement of the wall thickness of the reactor tank can be done in the future.

Key words: ageing, inspection

PENDAHULUAN

Dinding tangki reaktor adalah bagian terpenting dari reaktor riset RSG-GAS, karena bagian ini adalah bagian yang berperan untuk mempertahankan keberadaan air kolam reaktor yang berfungsi sebagai bahan pendingin, perisai radiasi dan moderator. Dinding tanki reaktor ini terbuat dari bahan AlMg3^[1]. Sebagaimana halnya dengan komponen-komponen lain, dinding kolam reaktor ini juga akan mengalami penuaan sejalan dengan berlalunya waktu. Penuaan dapat terjadi sebagai akibat: pengkaratan, pengaruh paparan radiasi, pembebanan berlebih maupun akibat kelelahan^[2] yang disebabkan oleh beban yang bervariasi yang ditimbulkan oleh gerakan-gerakan air pendingin selama pengoperasian reaktor^[1]. Setelah beroperasi selama 18 tahun, dinding kolam reaktor RSG-GAS ini perlu dievaluasi agar sifat-sifat material pembentuk tangki

reaktor ini dapat diketahui secara pasti, sehingga dapat ditentukan kemampuannya. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan jaminan keselamatan dalam pengoperasian reaktor pada usia yang sudah mendekati paruh umur ini. Pelaksanaan evaluasi dapat dilakukan melalui kegiatan pemeriksaan visual dengan bantuan kamera bawah air, pemeriksaan ketebalan dinding reaktor dengan menggunakan *ultra sonic thickness gauge*, pemeriksaan kekerasan dengan menggunakan alat *Equotip*. Dan apabila terdapat hal-hal yang mencurigakan, perlu ditindak lanjuti dengan kegiatan-kegiatan lain seperti, pengujian kebocoran, pengujian ketebalan maupun pengujian kekerasan. Jika dalam pengujian tersebut terdapat keadaan yang membutuhkan tindak lanjut berupa perbaikan, maka perbaikan yang dimaksudkan harus segera dilakukan agar pertumbuhan penuaan atau kerusakan dapat dicegah sedini mungkin dan tidak semakin memperburuk keadaan.

TEORI

Tangki reaktor RSG-GAS adalah bagian utama dari komponen reaktor yang tergolong pada komponen statik^[3]. Tangki reaktor ini terdiri dari tiga bagian. Bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah^[1]. Pada bagian tengah dipasang melingkar sambungan mekanik (*mechanical joint*) yang berfungsi untuk mengatasi tegangan termal ke arah vertical. Untuk mengikat ketiga bagian ini digunakan sambungan las dengan bentuk *double V*. Tangki reaktor ini terbuat dari bahan plat $AlMg_3$ dengan ketebalan $t = 10$ mm pada bagian atas dan bawah, sedangkan pada bagian tengah ketebalannya $t = 7$ mm. Ditinjau dari segi konstruksinya pada bagian luar tangki reaktor ini dilapisi dengan beton (*concrete*), yang berfungsi sebagai penguat dan perisai radiasi (*shielding*). Dalam pengoperasiannya tangki reaktor ini akan mengalami pengkaratan dari bagian luar sebagai akibat dari kontak dengan beton^[2]. Pembebanan mekanik berupa tekanan kolom air dan beban hidrodinamik yang ditimbulkan oleh gerakan-gerakan air pendingin pada saat reaktor dioperasikan akan menimbulkan kelelahan (*fatigue*) pada material pembentuk dinding tangki reaktor ini. Sedangkan pada bagian sambungan yang menggunakan sambungan las dapat terjadi tegangan sisa (*residual stresses*) yang dapat menyebabkan keretakan (*crack*). Selain dari pembebanan yang terjadi, tangki reaktor ini juga akan mengalami penurunan kemampuan (*degradasi*) sebagai akibat paparan radiasi di sekitar teras reaktor. Pengaruh radiasi dapat berupa *transmutation damage* yang disebabkan oleh neutron termal, *atomic displacement*

damage yang disebabkan oleh neutron cepat dan kerusakan akibat pengaruh radiasi gamma. Untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor serta untuk menghindari terjadinya penuaan dini, perlu dilakukan evaluasi terhadap tangki reaktor ini agar dapat diketahui kondisi dan kemampuan dari komponen ini terhadap tegangan yang timbul. Dengan hasil evaluasi yang dilakukan dapat diketahui apakah tangki reaktor ini masih dapat beroperasi dengan baik, perlu perawatan yang khusus ataupun perbaikan.

METODE EVALUASI

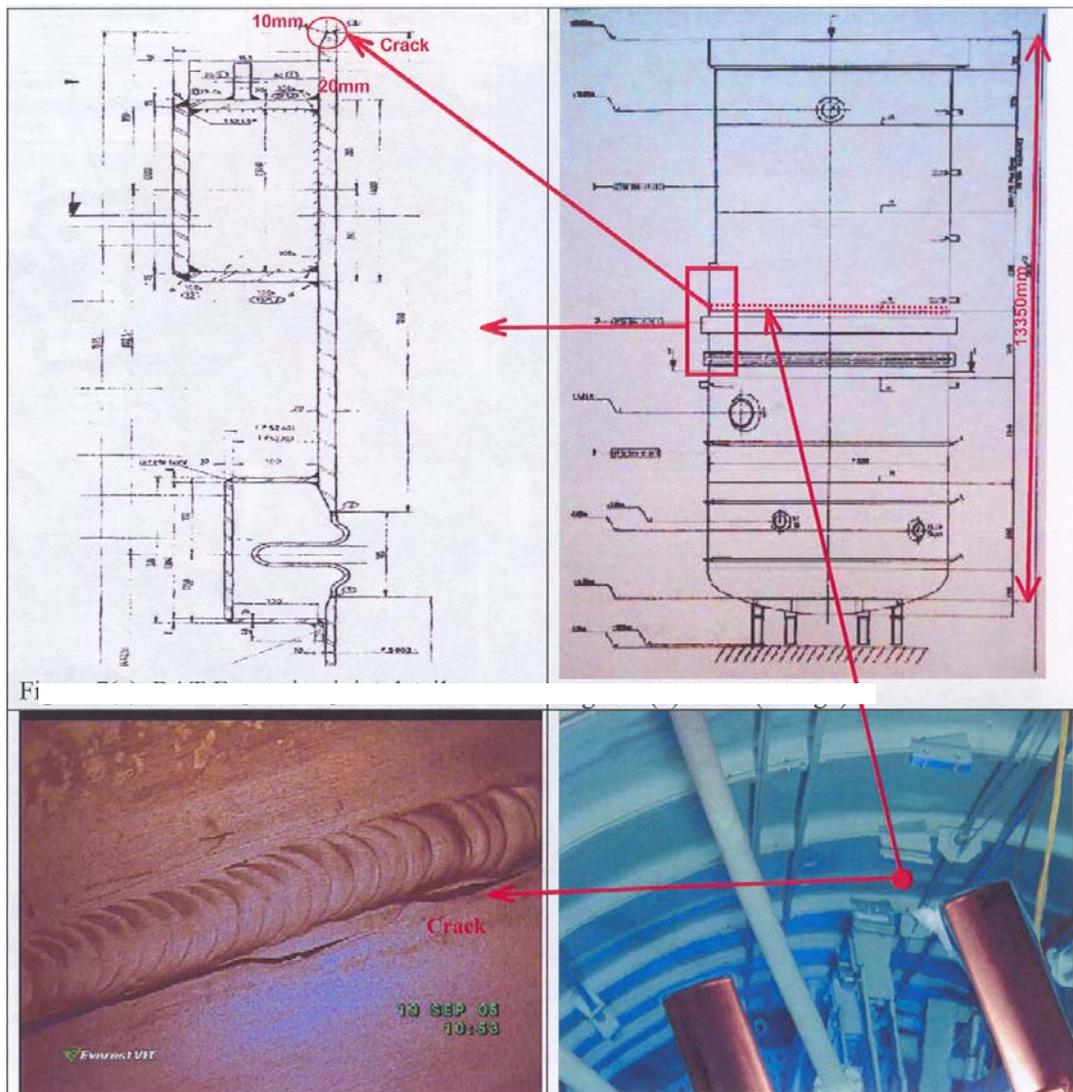
Untuk melaksanakan evaluasi penuaan dinding tangki reaktor ini perlu dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Pengamatan visual (*visual inspection*).
- 2) Pengukuran ketebalan dinding tangki reaktor.
- 3) Pengukuran kekerasan dinding tangki reaktor.
- 4) Evaluasi hasil pengamatan .

1. Pengamatan visual (*visual inspection*).

Pengamatan visual (*visual inspection*) adalah salah satu metode konvensional yang dapat dilakukan untuk mengetahui keadaan luar dari dinding tangki reaktor. Hal-hal yang dapat diamati melalui metode ini adalah adanya keretakan (*crack*), goresan (*fretting*), cekungan permukaan, lengkungan, bopeng (*flaw*), perubahan warna yang mencolok dan lain sebagainya. Untuk melakukan pengamatan visual pada dinding tangki reaktor diperlukan peralatan kamera bawah air atau *underwater camera*. Dengan bantuan peralatan ini seluruh titik pada bagian dalam tangki reaktor dapat diamati dan dibuatkan gambar fotonya, sehingga dengan mudah analisis dapat dilakukan. Titik yang memperlihatkan kelainan pada pengamatan perlu perhatian yang lebih serius dan jika ada keraguan pada saat melakukan analisis perlu dilakukan tindak lanjut untuk mengetahui keadan sebenarnya. Sebagai contoh: setelah dilakukan pengamatan visual oleh tim ISI, ditemukan adanya indikasi keretakan pada bagian tertentu dari dinding tangki reaktor seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk memastikan kondisi sebenarnya dari bagian ini, perlu dilakukan pengujian kebocoran. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui apakah indikasi retakan tersebut merembes hingga menembus plat pembentuk dinding tangki atau tidak. Jika terjadi kebocoran diperlukan tindak perbaikan khusus, namun kalau keretakan belum mengalami kebocoran, tindakan yang

diperlukan cukup hanya melakukan pengelasan ulang berupa las tig atau tig weld agar permukaan luarnya dapat menyatu dan pertumbuhan keretakan dapat terhentikan.



Gambar 1. Indikasi retak tangki reaktor RSG-GAS.

2. Pengukuran ketebalan dinding.

Untuk mengetahui ketebalan dinding tangki reaktor diperlukan peralatan khusus berupa “alat ukur ketebalan ultra sonic” atau “Ultrasonic Thickness Gauge”. Alat ini mempunyai sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan mendekati keadaan sebenarnya. Pelaksanaan pengukuran dilakukan secara random pada bagian dalam tangki reaktor, dengan menentukan beberapa lokasi di sekitar dinding tangki reaktor. Tiap daerah yang ditentukan dibagi atas 50 x 50 titik pengukuran

dengan jarak yang cukup dekat (± 1 cm). Pelaksanaan pengukuran dilakukan setelah prosedur pelaksanaannya disusun seperti berikut:

- a) Bongkar seluruh muatan teras reaktor.
- b) Setelah dua minggu pembongkaran dilakukan, kosongkan air dari dalam tangki reaktor hingga sejajar dengan teras reaktor.
- c) Dengan bantuan krane yang dilengkapi keranjang, ukur paparan radiasi di sekitar lokasi pengukuran.
- d) Pastikan nilai paparan radiasi yang timbul disekitar teras reaktor dan jika paparan radiasi yang timbul telah memenuhi syarat minimum untuk orang bekerja, maka pelaksanaan pengukuran telah dapat dimulai.
- e) Tentukan letak titik-titik pengukuran dengan cara membuat marking seperti ditunjukkan pada Gambar 1

1	2	3	4	5	6	7	8		50
51	52	53	54	55	56	57	58		100
101	102	103	104	105	106	107	108		150
151	152	153	154	155	156	157	158		200
									500

Gambar 1. Titik-titik pengukuran

Jarak satu titik dengan titik lain dibuat sama 1 cm.

- f) Lakukan pengukuran ketebalan dengan menggunakan alat pengukur ultrasonic pada setiap titik dan catat hasilnya pada lembar data yang sudah tersedia.
- g) Tentukan tebal minimum dari semua titik pengukuran.
- h) Tentukan tebal rata-rata dari hasil pengukuran.

Dengan hasil pengukuran yang dilakukan akan diperoleh ketebalan rata-rata dari dinding tangki reaktor. Selain itu akan diketahui juga tebal minimum dari dinding tangki reaktor, yang dapat dibandingkan dengan tebal minimum yang diijinkan. Dengan

ketebalan rata-rata dari dinding tangki reaktor akan diketahui beban maksimum yang diijinkan bekerja pada dinding tangki reaktor. Sehingga jika dibandingkan dengan kondisi awal, kelayakan penggunaan dinding tangki reaktor dapat ditentukan.

3. Pengukuran kekerasan dinding tangki reaktor.

Kekerasan adalah suatu sifat logam dimana logam tersebut mampu menahan indentasi atau abrasi. Secara empiris kekerasan mempunyai hubungan dengan kekuatan (*strength*), misalnya untuk baja karbon tegangan tertinggi $UTS = 0,36 \text{ (BHN) [kg/mm}^2\text{]} = 500 \text{ (BHN) psi}$, sedangkan untuk Aluminium alloy $UTS = 140 \text{ (BHN) psi}$ ^[4], dimana BHN = angka kekerasan Brinnel. Dengan mengetahui sifat kekerasan dari bahan pembentuk dinding tangki reaktor, maka kekuatan bahan pembentuk dinding tangki reaktor dapat diketahui. Demikian juga setelah beroperasi selama 18 tahun, kekerasan dari bahan pembentuk tangki reaktor akan tetap sebanding dengan kekuatannya. Oleh karena itu salah satu cara yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan bahan yang sudah mengalami penuaan adalah dengan cara mengetahui kekerasannya. Untuk melakukan pengukuran kekerasan dinding tangki reaktor diperlukan peralatan Equotip Impact Device. Peralatan ini bentuknya sederhana dan ringan, dapat bekerja pada arah vertical maupun horizontal. Pelaksanaan pengukuran dilakukan berbarengan dengan pelaksanaan pengukuran ketebalan dinding tangki reaktor. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari proses pengosongan tangki reaktor seperti yang dilakukan pada pelaksanaan pengukuran ketebalan dinding tangki reaktor. Pengukuran dilakukan dengan diawali penentuan titik-titik pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Jarak tiap titik ditentukan 5 cm atau lebih. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat ini sangat akurat dan dapat dikonversi ke angka kekerasan Brinnel (BHN). Dengan mengetahui kekerasan material dari dinding tangki reaktor ini, maka kekuatan tertinggi ($UTS = \textit{Ultimate Tensile Strength}$) sebenarnya dari material pembentuk dinding tangki reaktor telah dapat ditentukan. Dengan mengetahui kekuatan tertinggi material pembentuk dinding reaktor, maka evaluasi kelayakan penggunaan dinding tangki reaktor telah dapat dilakukan

4. Evaluasi hasil pengamatan

Evaluasi hasil pengamatan dilakukan dengan mengacu pada data-data dan informasi hasil pengamatan yang telah dikumpulkan, baik data dan informasi yang diperoleh dari hasil inspeksi visual, ketebalan dan kekerasan. Seluruh data dan informasi ini dapat digunakan secara sendiri-sendiri atau secara bersama-sama untuk mendapatkan data dan informasi akhir yang akurat. Data dan informasi hasil pengamatan ini dibandingkan dengan data dan informasi awal perancangan atau data dan informasi yang diperoleh dari pabrik pembuat berupa sertifikat atau label menempel. Untuk daerah pengelasan dapat dibandingkan dengan photo hasil X ray atau hasil radiografi. Jika hasil pengamatan visual menunjukkan adanya ke lainan, perlu dilakukan tindak lanjut agar data dan informasi sebenarnya yang bersifat otentik dapat diketahui. Jika kemampuan minimum bahan pembentuk dinding tangki reaktor yang diperoleh dari hasil pengamatan sama dengan batas keselamatan (*safety margin*), maka dinding tangki reaktor ini masih layak digunakan. Sedangkan jika data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lebih kecil dari data dan informasi

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun serangkaian tahapan-tahapan kegiatan untuk dapat mengevaluasi kondisi terakhir dinding tangki reaktor. Evaluasi yang dilakukan meliputi: inspeksi visual, pengukuran ketebalan dinding tangki reaktor, pengukuran kekerasan dan evaluasi hasil inspeksi. Dari pelaksanaan kegiatan ini akan diperoleh bentuk kondisi luar dari dinding tangki reaktor yang diwujudkan dalam bentuk photo, ketebalan tangki reaktor dan kekerasan tangki reaktor yang diwujudkan dalam bentuk angka-angka hasil survei. Dengan berdasarkan pada data dan fakta yang diperoleh dari hasil survei lapangan ini, evaluasi dapat dilakukan dengan cara membandingkan karakteristik yang didapat kini dengan karakteristik awal. Jika dari hasil evaluasi ditemukan kelainan, baik dari bentuk permukaan luar yang dihasilkan inspeksi visual, ketebalan dinding tangki reaktor yang dihasilkan oleh pengukuran ketebalan dengan menggunakan alat ukur ketebalan ultrasonik ataupun kekerasan material pembentuk dinding tangki reaktor yang dihasilkan oleh *Equotip Impact devise*, maka perlu tidak lanjut agar reaktor dapat dioperasikan dalam keadaan selamat.

KESIMPULAN

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

1. Untuk menjamin keselamatan pengoperasian RSG-GAS, setelah beroperasi selama 18 tahun perlu dilakukan evaluasi penuaan pada dinding tangki reaktor.
2. Evaluasi yang dilakukan adalah untuk mendapatkan data-data terakhir dari dinding tangki reaktor, yang digunakan sebagai dasar penentuan layak tidaknya reaktor dioperasikan ditinjau dari segi dinding tangki reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, Safety Analysis Report, Multipurpose Research Reactor G.A. Siwabessy, copy no:8, Badan Tenaga Atom Nasional, September 1989.
2. KUNIO HASEGAWA, Design Rule and Fundamental Fracture Mechanics, Bahan kuliah *National Training Course on the Inservice Inspection*, Indonesia, Juli 2004.
3. PAUL STARTHES, Methodology for Management of Ageing Reactor Mechanical Component, ANSTO, Australia
4. AARON D.DEUTSCHMAN, WALTER J.MICHELS, CHARLES E.WILSON, *Machine Design, Theory and Practice*, Macmillan Publishing Co.Inc, New York, 1975

Lampiran 1
TABEL MEKANISME PENUAAN KOMPONEN SISTEM RSG-GAS

Sistem :

Terkait Keselamatan			Kemudahan Penggantian				Urutan Prioritas				
Y	T	M	A	B	C	D					

No	KKS	Komponen	Kelas mutu /keselamatan	Peng - gantian	Material	Lokasi	Stressor dan Lingkungan	Akibat Penuaan	Mekanisme Penuaan	Inspeksi, Pengawasan dan Pemantauan	Mitigasi Penuaan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Petugas pelaksana

(Nama jelas)
NIP:.....

Keterangan :

Terkait Keselamatan
(Safety Related) :

Y: Ya
T: Tidak
M: Mungkin

Kemudahan penggantian
(Replacement Ease):

A: Tidak dapat diganti
B: Sulit
C: Normal
D: Mudah

Penekan dan Lingkungan
(Stressor and Environment) :

1. : Radiasi
2. : Temperatur
3. : Tekanan
4. : Cycling
5. : Korosi
6. : Kimia
7. : Erosi
8. : Perkembangan Teknologi
9. : Rekuairmen Keselamatan
10. : Dokumentasi
11. : Faktor Manusia
12. : Desain/Operasi/Maintenance
13. :
14. :
15. :

Mekanisme Penuaan
(Ageing Mechanism) :

- a. : Embrittlement
- b. : Aus
- c. : Fatigue
- d. : Penipisan
- e. : Retak
- f. : Patah
- g. : Lengket
- h. : Rusak
- i. : Kuno
- j. : Kelebihan beban.
- k. : Umur
- l. :

Akibat Penuaan

MF : Rusak
LK : Bocor