

## EVALUASI PENUAAN PEMIPAAN SISTEM PENDINGIN PRIMER RSG-GAS

Djaruddin Hasibuan

### ABSTRAK

**EVALUASI PENUAAN PEMIPAAN SISTEM PENDINGIN PRIMER RSG-GAS.** Untuk mengetahui kondisi terakhir pemipaan sistem pendingin primer reaktor RSG-GAS, telah dilakukan evaluasi pemipaan sistem pendingin primer tersebut di gedung Reaktor serba Guna-G.A.Siwabessy (RSG-GAS). Evaluasi yang dilakukan meliputi inspeksi visual dengan cara melakukan pengamatan langsung, inspeksi ketebalan dinding pipa dengan menggunakan “Ultrasonic Thickness Gauge”, pengujian kekerasan dengan menggunakan peralatan equotip. Dari hasil inspeksi visual yang telah dilakukan tidak ditemukan adanya indikasi kerusakan yang nyata, dan dari inspeksi ketebalan dan kekerasan dinding pemipaan diperoleh bahwa ketebalan rata-rata pipa  $t_r = 6,2983$  mm dan kekerasan  $H = 149,155$  BHN. Setelah dilakukan evaluasi, diperoleh bahwa pemipaan system pendingin primer RSG-GAS masih dalam keadaan baik dan aman digunakan.

Kata kunci: penuaan, inspeksi

### ABSTRACT

**AGEING EVALUATION OF THE RSG-GAS PRIMARY PIPING COOLING SISTEM.** To know the last condition of the RSG-GAS primary piping cooling system, the evaluation of mentioned primary piping cooling system had been done in the building of RSG-GAS. The evaluation done involve the visual inspection by the direct inspection, thickness inspection by using ultrasonic thickness gauge, material hardness testing by using equotip and the result of evaluation base on the data collecting. From the visual inspection done, could not found any damage, and from thickness and hardness inspection of the wall pipe thickness had been found that the average thickness of the pipe  $t_r = 6,2983$  mm and the pipe hardness is  $H = 149,155$  BHN. After the evaluation done, it was found that the piping of the RSG-GAS primary cooling system is in the well condition and safe for operation.

Key words: ageing, inspection

### PENDAHULUAN

Pemipaan sistem pendingin primer adalah bagian terpenting dari reaktor riset RSG-GAS, karena bagian ini adalah bagian yang berperan untuk mensirkulasikan air pendingin primer. Air pendingin primer yang berfungsi untuk mengangkut panas yang timbul dari reaksi fisi di dalam teras reaktor, disirkulasikan dari kolam reaktor melalui teras reactor, tangki tunda (*delay chamber*), penukar panas (*heat exchanger*) dan selanjutnya kembali ke kolam reactor<sup>[1]</sup>. Pemipaan sistem pendingin primer ini terbuat dari bahan baja *austenitic* (SS 304L) dengan tebal pipa  $t = 6,3$  mm. Sebagaimana halnya dengan komponen-komponen lain, pemipaan sistem pendingin primer ini juga akan mengalami penuaan sejalan dengan berlalunya waktu. Penuaan dapat terjadi akibat pengikisan (*erotion*), pengaruh paparan radiasi, pembebanan berlebih maupun akibat kelelahan (*patique*)<sup>[2]</sup>.

Setelah beroperasi selama lebih dari 18 tahun, pemipaan sistem pendingin primer ini perlu dievaluasi agar sifat-sifat material pemipaan 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 melakukan pengamatan secara langsung dilapangan, pemeriksaan ketebalan pipa dengan menggunakan ultrasonic thickness gauge, pemeriksaan kekerasan dengan menggunakan alat equotip. Untuk menyatakan layak tidaknya pengoperasian pemipaan sistem pendingin primer dilakukan dengan cara membandingkan data hasil pengamatan dengan kondisi actual aktual perancangan. Dari hasil evaluasi yang dilakukan akan diketahui keadaan pemipaan sistem pendingin primer. 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

Pemipaan sistem pendingin primer RSG-GAS adalah bagian utama dari komponen reaktor yang tergolong pada komponen statik. Pemipaan sistem pendingin primer ini terdiri dari dua bagian. Bagian pipa utama DN 600, dengan diameter dalam  $d_i = 609,6$  mm dan bagian pipa distribusi DN 400, dengan diameter dalam  $d_i = 406,4$  mm<sup>[3]</sup>. Sistem penyambungan pipa dari pipa utama ke pipa distribusi adalah sistem sambungan las laga bibir. Sedangkan pada bagian dimana katub dipasang seperti katub pembukaan pompa (*gate valve*) dan katub isolasi digunakan (*isolation valve*) digunakan sambungan flens. Perubahan arah aliran dilakukan dengan bantuan sambungan *elbow* dengan radius lengkung  $R = 1,5 D$  ( $D =$  diameter nominal pipa). Pada bagian ujung pipa distribusi saat memasuki pompa dipasang *reducer*. Untuk mempertahankan pipa agar tetap berada pada posisinya, pipa disangga dengan penyangga pipa yang terbuat dari baja karbon.

Pembebanan mekanik berupa tekanan air di dalam pipa dan beban hidrodinamik yang ditimbulkan oleh gerakan-gerakan air pendingin pada saat reaktor dioperasikan akan menimbulkan kelelahan (*fatigue*) pada material pemipaan sistem pendingin primer 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, pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini juga akan mengalami penurunan kemampuan (*degradasi*) sebagai akibat paparan radiasi ditimbulkan oleh sinar gamma yang dipancarkan oleh radio isotop-radio isotop yang terlarut dalam aliran air pendingin reaktor. Pengaruh radiasi dapat berupa kerusakan akibat pengaruh radiasi gamma. Untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor serta untuk menghindari terjadinya penuaan dini, perlu dilakukan evaluasi terhadap pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini agar dapat diketahui kondisi dan kemampuan dari komponen ini terhadap tegangan yang timbul.

Untuk melakukan evaluasi digunakan persamaan (1) berikut:

$$t_m = \frac{PD_o}{2(S_m + P.y)} + A \dots\dots\dots(1)^{[4]}$$

dengan

$t_m$  = tebal minimum pipa

$P$  = tekanan dalam yang direncanakan = tekanan desain pompa primer = 10 bar.

$D_o$  = diameter luar pipa = 622,2 mm (dalam hal ini diambil diameter pipa terbesar yaitu pipa distribusi).

$S_m$  = tegangan ijin maksimum dari material pipa SS 304 L yang baru pada suhu operasi dibawah 200°F atau 93,3°C = 16650 psi. Sedangkan tegangan ijin maksimum sesudah beroperasi beberapa lama ditentukan dari *Ultimate Tensile Strength* /k, dimana k = 1,8 untuk service level B dan k = 2,25 untuk service level C.

$A$  = tambahan ketebalan yang diperuntukkan untuk mengantisipasi penguliran dan erosi = 0,05 in.

$y$  = 0,4

Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan ketebalan pipa minimum pada desain dengan ketebalan pipa minimum setelah beroperasi.

Dengan hasil evaluasi yang dilakukan dapat diketahui apakah pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini masih dapat beroperasi dengan baik, perlu perawatan yang khusus ataupun perbaikan.

## METODE EVALUASI

Untuk melaksanakan evaluasi penuaan pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini perlu dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Pengamatan visual (*visual inspection*).

- 2) Pengukuran ketebalan dinding pipa.
- 3) Pengukuran kekerasan dinding pipa.
- 4) Evaluasi hasil pengamatan .

#### **Pengamatan visual (*visual inspection*).**

Pengamatan visual (*visual inspection*) adalah salah satu metode konvensional yang dapat dilakukan untuk mengetahui keadaan luar dari dinding pemipaan sistem pendingin primer reaktor RSG-GAS ini. 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 pemipaan sistem pendingin tangki reaktor ini diperlukan peralatan bantu berupa tangga dan peralatan senter. Dengan bantuan peralatan ini seluruh titik pada bagian dinding pipa dapat diamati dan dibuatkan gambar photonya, 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. Untuk memastikan kondisi sebenarnya dari bagian ini, perlu dilakukan pengujian. Namun dari hasil pengamatan yang telah dilakukan tidak ditemukan adanya indikasi kerusakan, sehingga dapat dikatakan bahwa dari segi pengamatan visual pemipaan sistem pendingin primer RSG-GAS ini masih dalam keadaan baik.

#### **Pengukuran ketebalan dinding.**

Untuk mengetahui ketebalan dinding pemipaan sistem pendingin primer RSG-GAS ini diperlukan peralatan khusus berupa “alat ukur ketebalan ultra sonic” atau “Ultrasonic Thickness Gauge”. Alat ini mempunyai sensitifitas yang sangat tinggi, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan mendekati keadaan sebenarnya. Pelaksanaan pengukuran dilakukan secara random pada bagian luar dinding pemipaan sistem pendingin primer, dengan menentukan beberapa lokasi yang dianggap rentan terhadap gangguan. Tiap daerah yang ditentukan dibagi atas 60 titik pengukuran dengan jarak yang cukup dekat ( $\pm 1$  cm). Pelaksanaan pengukuran dilakukan setelah prosedur pelaksanaannya disusun seperti berikut:

- a) Hentikan pengoperasian reaktor.
- b) Setelah dua minggu pemberhentian pengoperasian reaktor lakukan pengukuran.

- c) Pastikan nilai paparan radiasi yang timbul disekitar pemipaan sistem pendingin primer RSG-GAS, dan jika paparan radiasi yang timbul telah memenuhi syarat minimum untuk orang bekerja, maka pelaksanaan pengukuran telah dapat dimulai.
- d) Pasang scapolding di atas lantai sehingga bagian yang akan diukur dapat dicapai dengan mudah.
- e) Dengan bantuan scapolding lakukan penandaan daerah yang akan dikur ketebalannya.
- f) Tentukan letak titik-titik pengukuran dengan cara membuat marking seperti ditunjukkan pada Gambar 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Gambar 1. Titik-titik pengukuran

Jarak satu titik dengan titik lain dibuat sama 1 cm.

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

Dengan hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh ketebalan rata-rata dari pemipaan sistem pendingin primer  $t_{rata-rata} = 6,2983$  mm. Selain itu diketahui juga tebal minimum dari dinding pemipaan sistem pendingin primer  $t_{min} = 6,29$  mm. Tebal minimum ini dapat dibandingkan dengan tebal minimum yang diijinkan. Dengan ketebalan rata-rata dan ketebalan minimum dari pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini akan diketahui

apakah pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini layak atau tidak layak digunakan dalam pengoperasian reaktor.

### **Pengukuran kekerasan dinding pemipaan sistem pendingin primer reaktor.**

Kekerasan adalah suatu sifat logam dimana logam tersebut mampu menahan indentasi atau abrasi. Secara empiris kekerasan baja mempunyai hubungan dengan kekuatan tertinggi (*Ultimate Tensile strength*) yang dinyatakan pada persamaan (2) berikut.

$$UTS = 0,36 \text{ (BHN) [kg/mm}^2\text{]} = 500 \text{ (BHN) psi,}^{[5]} \dots\dots\dots(2)$$

dengan BHN = angka kekerasan Brinell.

Dengan mengetahui sifat kekerasan dari bahan pembentuk pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini, maka kekuatan bahan dapat diketahui. Demikian juga setelah beroperasi selama 18 tahun, kekerasan dari bahan pembentuk pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini akan tetap sebanding dengan kekuatannya. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh bahwa kekerasan rata-rata  $H_R = 149,155$  BHN, sedangkan kekerasan awal  $H_A = 149$  BHN. Untuk menentukan besarnya tegangan ijin maksimum dari material pembentuk pemipaan sistem pendingin primer tersebut dilakukan dengan membandingkan kedua nilai  $H_R$  dengan  $H_A$  dan dikalikan dengan nilai tegangan ijin maksimum bahan yang baru, sehingga diperoleh bahwa tegangan ijin maksimum setelah beroperasi selama 18 tahun  $S_m = 16.667$  lb/sq in. Ini berarti bahwa tegangan ijin maksimum dari material pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini semakin meningkat, namun hal ini juga menunjukkan bahwa kegetasannya juga semakin meningkat.

Dengan mengetahui tegangan ijin maksimum material pembentuk pemipaan sistem pendingin primer reaktor ini, maka evaluasi kelayakan penggunaan pemipaan sistem pendingin reaktor telah dapat dilakukan

### **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 dari dinding pemipaan sistem pendingin primer reaktor. Dari pengamatan visual yang telah dilakukan, diperoleh bahwa pada bagian luar dinding pemipaan sistem pendingin primer reaktor tidak ditemukan adanya perubahan yang berarti. Sedangkan dari pengamatan pengukuran ketebalan terlihat adanya penurunan ketebalan dalam orde yang sangat kecil yaitu  $6,3 - 6,29$  mm = 0,01 mm. Hal ini dapat

terjadi sebagai akibat terjadinya erosi pada bagian dalam pipa setelah beroperasi selama 19 tahun. Dari hasil pengamatan kekerasan yang dilakukan diperoleh adanya peningkatan kekerasan pada dinding pipa. Hal ini dapat terlihat dari adanya kenaikan kekerasan dari 149 BHN menjadi 149,55 BHN. Kemungkinan ini dapat terjadi sebagai akibat proses radiasi yang terjadi sepanjang pipa oleh unsur-unsur radioaktif yang terlarut atau terbawa oleh aliran air pendingin dan memancarkan sinar gamma.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN.**

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas diperoleh bahwa metode pengamatan visual yang dilakukan yang meliputi hampir seluruh permukaan luar pipa dapat menghasilkan hasil pengamatan yang cukup baik. Dari hasil pengamatan yang diperoleh dari lapangan menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya perubahan yang berarti pada seluruh permukaan luar pemipaan sistem pendingin primer. Oleh karena itu dapat dinyatakan bahwa permukaan luar pemipaan sistem primer reaktor masih dalam keadaan baik dan aman untuk dioperasikan. Demikian juga dari segi ketebalan dinding pemipaan sistem pendingin primer reaktor. Jika dihitung dengan menggunakan persamaan (1), maka diperoleh bahwa tebal minimum pipa  $t_m = 3,90$  mm. Apabila dibandingkan ketebalan minimum ini dengan hasil ketebalan yang diperoleh dari hasil pengamatan ( $t = 6,29$  mm), maka dapat dikatakan bahwa dari segi ketebalan pemipaan sistem pendingin primer masih sangat aman untuk digunakan. Ditinjau dari kekerasan pemipaan sistem pendingin primer reaktor terlihat adanya peningkatan kekerasan dinding pipa dari 149 BHN menjadi 149, 155 BHN. Hal ini dapat terjadi sebagai akibat radiasi yang terjadi di sepanjang pipa yang disebabkan oleh adanya unsur-unsur terlarut dalam air pendingin yang bersifat radioaktif dan memancarkan sinar gamma. Jika hasil pengamatan ini dimasukkan pada persamaan (2), maka diperoleh bahwa kekuatan material dinding pipa akan semakin meningkat. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan diperoleh bahwa keadaan pemipaan sistem pendingin primer reaktor masih dalam keadaan baik. Oleh karena itu pengoperasian pemipaan sistem pendingin primer reaktor untuk mendukung pengoperasian reaktor akan tetap terjamin dalam keadaan aman dan handal.

## **KESIMPULAN**

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

1. Dengan evaluasi yang telah dilakukan karakteristik pemipaan sistem pendingin primer reaktor telah dapat diketahui.
2. Dari hasil evaluasi yang dilakukan, diperoleh bahwa pemipaan sistem pendingin primer reaktor aman digunakan untuk mendukung kegiatan pengoperasian reaktor.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. *Anonimous*, MPR 30. G.A. Siwabessy Safety Analysis Report, Vol:2, 1989.
2. PAUL STARTHES, Methodology for Management of Ageing Reactor Mechanical Coumponent, ANSTO, Australia
3. *Anonimous*, Dokumen Managemen Penuaan RSG-GAS, No. Ident: TRR.KP. 01.09.90.04.
4. *Anonimous*, ASME Boiler and Presure Vessel Code Section III, Subsection NC and ND edition, 1980
5. AARON D.DEUTSCHMAN, WALTER J.MICHELS, CHARLES E.WILSON, *Machine Design, Theory and Practice, Macmillan Publishing Co.Inc, New York, 1975*