

KAJIAN PENERAPAN PROGRAM MANAJEMEN PENUAAN KOLAM DAN KOMPONEN REAKTOR G.A. SIWABESSY SEBAGAI IMPLEMENTASI PERATURAN BAPETEN NO. 8 TAHUN 2008

Aep Saepudin Catur, Teguh Sulistyio
PRSG-BATAN

ABSTRAK

KAJIAN PENERAPAN PROGRAM MANAJEMEN PENUAAN KOLAM DAN KOMPONEN REAKTOR G.A. SIWABESSY SEBAGAI IMPLEMENTASI PERATURAN BAPETEN NO. 8 TAHUN 2008. Program manajemen penuaan terhadap struktur, sistem dan komponen reaktor merupakan salah satu prasyarat administrasi dalam pengoperasian reaktor non-daya. Program ini dimaksudkan sebagai arahan dalam mengelola secara efektif dan terprogram penuaan struktur, sistem dan komponen yang terkait dengan keselamatan, yaitu dengan cara memantau, memprediksi dan mendeteksi tepat waktu serta memitigasi degradasi struktur, sistem dan komponen tersebut. Tulisan ini akan menguraikan tentang penyusunan program manajemen penuaan reaktor RSG-GAS sebagaimana dimaksudkan dalam Peraturan BAPETEN Nomor 8 Tahun 2008. Dengan memahami uraian tersebut diharapkan kegiatan manajemen penuaan yang dilakukan bersamaan perawatan struktur, sistem dan komponen reaktor bisa menjadi lebih baik. RSG-GAS telah menyusun program manajemen penuaan reaktor sesuai Peraturan BAPETEN Nomor 8 Tahun 2008, sehingga diharapkan seluruh struktur, sistem dan komponen terkait keselamatan dapat menjalankan fungsinya selama umur operasinya.

Kata Kunci : Manajemen penuaan, SSK

ABSTRACT

STUDY ON APPLICATION OF AGING PROGRAM MANAGEMENT AND COMPONENTS POOL REACTOR GA SIWABESSY BAPETEN REGULATION IMPLEMENTATION AS NO. 8 YEARS. Aging management programs for structures, systems and components of the reactor is one of the prerequisites in the administration of non-powered operation of the reactor. The program is intended as guidance in managing effectively and programmed aging structures, systems and components related to safety, in particular by monitoring, predicting and detecting and mitigating timely degradation of structures, systems and components. This paper will describe the preparation of the aging management program RSG-GAS reactor within the meaning of Rule BAPETEN No. 8 of 2008. By understanding these descriptions is expected to aging management activities are carried out simultaneously care structures, systems and components of the reactor could be better. RSG-GAS has been compiled in accordance reactor aging management program BAPETEN Regulation No. 8 of 2008, so expect the entire structure, systems and safety-related components can perform its functions during the life of its operation.

Kata Kunci : Manajemen penuaan, SSK

PENDAHULUAN

Salah satu pemanfaatan teknologi nuklir adalah pengoperasian reaktor riset atau reaktor non daya sebagai sarana pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kepentingan kesejahteraan manusia^[1]. Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor riset dengan daya nominal 30 MW. Untuk reaktor riset, daya sebesar itu termasuk reaktor daya tinggi, oleh karena itu persyaratan-persyaratan keselamatan yang berlaku untuk reaktor ini cukup tinggi. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk dapat menunjang keselamatan operasi reaktor, diantaranya melakukan penyusunan program manajemen penuaan terhadap struktur,

sistem dan komponen (SSK) reaktor.

Penuaan adalah proses alamiah dimana karakteristik fisik dari SSK secara pelan-pelan mengalami perubahan sejalan dengan fungsi waktu dan penggunaannya. Proses ini pada akhirnya mengakibatkan degradasi bahan dan selanjutnya menurunkan bahkan menghilangkan kemampuan SSK dalam menjalankan fungsinya sesuai kriteria yang disyaratkan. Keselamatan dan pemanfaatan fasilitas akan terganggu kecuali tindakan pencegahan dan atau tindakan korektif dilakukan.

Kegiatan penyusunan program manajemen penuaan terhadap SSK reaktor RSG-GAS, merupakan salah satu prasyarat administrasi dalam pengoperasian reaktor non daya dan sebagai bentuk

implementasi Peraturan Kepala Bapeten Nomor : 8 Tahun 2008, yang dilaksanakan dalam beberapa tahap kegiatan yaitu penapisan SSK, survailan dan pengumpulan data serta evaluasi penuaan. Program ini juga dimaksudkan untuk memperoleh suatu keyakinan bahwa struktur, sistem dan komponen berfungsi secara baik yaitu dengan cara memantau, memprediksi dan mendeteksi tepat waktu serta memitigasi degradasi SSK khususnya SSK terkait keselamatan.

Tujuan dari kajian ini yaitu :

1. Untuk menerangkan permasalahan penuaan dan hubungannya dengan keselamatan RSG-GAS
2. Untuk memberikan arahan dalam mendeteksi dan menilai pengaruh penuaan
3. Untuk memberikan arahan mengenai langkah-langkah preventif dan korektif guna membatasi pengaruh penuaan SSK.

Pada makalah ini akan dibahas kajian tentang penerapan program manajemen penuaan kolam dan komponen reaktor RSG-GAS sebagai bentuk implementasi peraturan Bapeten No. 8 Tahun 2008 melalui kegiatan pembuatan struktur organisasi manajemen penuaan, penapisan struktur, sistem dan komponen, program survailan, pengumpulan data dan evaluasi serta perekaman dan dokumentasi.

TEORI

Keselamatan reaktor adalah suatu kondisi yang harus selalu tercapai dalam pengelolaan sebuah reaktor nuklir mulai saat pembangunan, pengoperasian hingga selesai proses dekomisioning. Keselamatan operasi reaktor terkait erat dengan keandalan struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor nuklir. Semua SSK reaktor nuklir akan mengalami penuaan dan sebagai akibatnya akan terjadi degradasi fungsi yang menurunkan tingkat keandalan struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor tersebut.

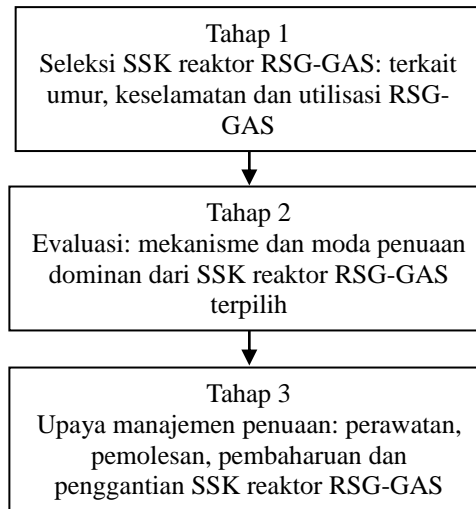
Secara umum, untuk semua jenis reaktor riset terdapat ketentuan persyaratan keselamatan yaitu IAEA Safety Standard Series (DS-272) tentang Safety Requirements of Research Reactors, IAEA Safety Standard Series (SSG-10) tentang *Ageing Management for Research Reactor* dan Peraturan

Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2008 tentang Ketentuan Keselamatan Manajemen Penuaan Reaktor Non Daya.

Penuaan adalah suatu proses berkelanjutan yang menyebabkan perubahan sifat dan karakter SSK reaktor RSG-GAS seiring dengan umur penggunaannya. Penuaan secara bertahap akan menyebabkan terjadinya degradasi material dibandingkan dengan kondisi normalnya sebelum penuaan terjadi. Degradasi material akan menurunkan keandalan SSK reaktor RSG-GAS dan dengan demikian margin keselamatan desain menurun serta mengakibatkan peningkatan resiko kecelakaan. Potensial kegagalan dan kerusakan yang disebabkan oleh penuaan akan meningkat apabila umur reaktor riset mendekati umur desain nominalnya.

Penuaan terjadi karena SSK reaktor RSG-GAS berada pada lingkungan dan kondisi fisik yang mengalami tegangan dan regangan, temperatur, radiasi, kelembaban, lingkungan gas atau cairan kimia, kelelahan, korosi, testing berulang dan sebagainya. Penuaan dapat juga terjadi dari lingkungan atau kondisi fisik yaitu perubahan teknologi, perubahan syarat keselamatan, kadaluarsa dokumen, desain yang tidak memadai, pemasangan serta perawatan yang kurang tepat. Efek yang umum terjadi dari degradasi material karena penuaan adalah perubahan sifat fisik material misalnya konduktivitas listrik, pelapukan karena radiasi dan termal, mulur (*creep*), fatik (*fatigue*), korosi (erosi, korosi, retak-korosi) lelah gesekan (*fretting*), retak-lelah (*fretting-fatigue*).

Manajemen penuaan RSG-GAS adalah suatu upaya untuk menghambat dan mencegah efek penuaan terhadap SSK reaktor RSG-GAS sehingga umur operasi reaktor dapat mencapai umur desainnya. Tahapan manajemen penuaan ini meliputi pemilihan komponen terkait keselamatan yang harus dievaluasi karena penuaan, evaluasi mekanisme dan moda penuaan dominan serta pengembangan metoda efektif dan aplikatif untuk deteksi, pemantauan dan mitigasi penuaan komponen terpilih, tindakan pengawasan serta pemasangan yang benar, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan umum manajemen penuaan SSK reaktor RSG-GAS

Pada Gambar 1, secara umum upaya manajemen penuaan SSK reaktor RSG-GAS dilakukan dalam 3 tahap. Tahap 1, pemilihan komponen diperlukan data seksama dari SSK reaktor RSG-GAS meliputi data tentang fungsi SSK dan keterkaitan SSK reaktor RSG-GAS dengan fungsi keselamatan, data bahan/material SSK seperti komposisi, proses pembuatan dan perakitan yang dikelompokkan menjadi komponen mekanik dan non mekanik seperti komponen elektrik, elektronika dan instrumentasi dengan mempertimbangkan komponen terkait umur reaktor, komponen terkait keselamatan dan komponen terkait fungsi utilisasi reaktor seperti eksperimen. Tahap 2, evaluasi mekanisme dan moda penuaan diperlukan untuk dapat menentukan status dan kondisi penuaan dari suatu SSK reaktor RSG-GAS dengan menggunakan berbagai metoda uji seperti metoda uji tak merusak, metoda uji cuplikan (kupon), dan metoda lainnya yang dapat diaplikasikan. Penguasaan berbagai metoda dan evaluasi tersebut mutlak guna keberhasilan implementasi manajemen penuaan SSK reaktor RSG-GAS. Tahap 3, berbagai upaya manajemen dalam melakukan pengelolaan penuaan SSK reaktor RSG-GAS dilakukan dengan mempertimbangkan aspek penuaan, modifikasi, pengawasan dan pengujian SSK terpilih untuk mengetahui degradasi fungsi, perawatan pencegahan, evaluasi periodik, optimasi kondisi operasional, perbaikan komponen, penggantian komponen, dan lain sebagainya.

METODA KAJIAN

Kajian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi dokumentasi penuaan komponen RSG-GAS yang diperoleh dari hasil pengumpulan data

dan evaluasi terhadap dokumentasi penuaan komponen RSG-GAS tersebut guna mengetahui sejauh mana penerapan program manajemen penuaan terhadap SSK reaktor RSG-GAS telah dilaksanakan melalui tahap kegiatan kajian terhadap struktur organisasi manajemen penuaan, penapisan struktur, sistem dan komponen, program survailan, pengumpulan data dan evaluasi serta perekaman dan dokumentasi penuaan.

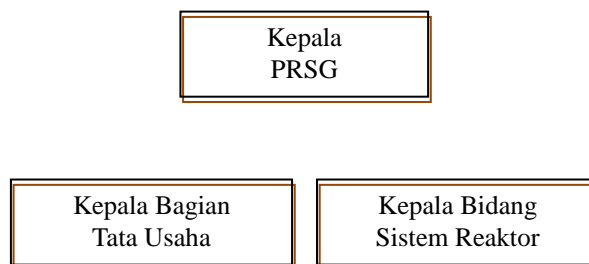
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan kajian penerapan program manajemen penuaan kolom dan komponen reaktor RSG-GAS ini meliputi:

1. Hasil penyusunan organisasi manajemen penuaan;
2. Hasil penyusunan penapisan struktur, sistem dan komponen;
3. Hasil penyusunan kegiatan survailan;
4. Hasil penyusunan pengumpulan data dan evaluasi;
5. Hasil penyusunan perekaman dan dokumentasi

Hasil penyusunan struktur organisasi manajemen penuaan

Pusat Reaktor Serba Guna mempunyai tugas melaksanakan pengelolaan reaktor riset, termasuknya didalamnya menetapkan kegiatan manajemen penuaan SSK reaktor RSG-GAS. Uraian tentang penetapan struktur organisasi dan tanggungjawab manajemen penuaan reaktor RSG-GAS, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur organisasi manajemen penuaan reaktor RSG-GAS

Kepala Pusat Reaktor Serba Guna selaku PIN mempunyai tugas melaksanakan pengelolaan reaktor riset, disamping itu juga menetapkan kebijakan dan tujuan program manajemen penuaan. Untuk mencapai tujuan program manajemen penuaan SSK reaktor, PIN memberikan tanggungjawab kepada Bidang Sistem Reaktor dan Bagian Tata Usaha.

Bagian Tata Usaha bertugas antara lain mengalokasikan sumber daya manusia, dana, peralatan dan perlengkapan, memberikan pelayanan reaktor kepada seluruh satuan organisasi di lingkungan PRSG.

Bidang Sistem Reaktor bertugas melaksanakan kegiatan perawatan dan perbaikan sistem reaktor yang terdiri dari perawatan, sistem mekanik, sistem proses reaktor, operasi bengkel mekanik dan inspeksi *in-service*, perawatan sistem elektrik disertai pengoperasian bengkel elektrik dan perawatan sistem instrumentasi kendali serta pengoperasian bengkel instrumen. Bidang Sistem Reaktor membawahi 3 (tiga) Sub Bidang, yakni Sub Bidang Sistem Mekanik, Sub Bidang Sistem Elektrik dan Sub Bidang Sistem Instrumentasi dan Kendali. Selain tugas perawatan rutin petugas perawatan sistem reaktor memiliki tugas melakukan perawatan non rutin berupa inspeksi proses penuaan dan perbaikan komponen atau sistem reaktor yang mengalami kerusakan.

Pelaksanaan program manajemen penuaan di reaktor RSG-GAS dilaksanakan oleh ketiga sub bidang tersebut di atas. Dalam pelaksanaannya perencanaan dan pelaksanaan pengadaan bahan, peralatan dan penggunaan dana pemeliharaan sistem reaktor difasilitasi oleh Bagian Tata Usaha.

Bidang Sistem Reaktor juga menyelenggarakan pelatihan teknisi dan supervisor perawatan dalam hal survailan SSK dan analisis hasilnya untuk menentukan langkah minimasi dan mitigasi penuaan

SSK. Bidang Sistem Reaktor melakukan kajian dan telaah program manajemen penuaan secara berkala untuk menilai efektivitas program manajemen penuaan, selain kegiatan perawatan rutin. Hasil kajian dipergunakan untuk memperbaiki program manajemen penuaan berikutnya. Seluruh data hasil kerja kegiatan manajemen penuaan direkam secara sistematis. Data ini dipergunakan sebagai bahan laporan kinerja SSK reaktor RSG-GAS.

Hasil penyusunan penapisan Struktur, Sistem dan Komponen

Penapisan bertujuan untuk memilih SSK reaktor RSG-GAS yang akan dievaluasi karena mengalami penuaan yang signifikan karena mempengaruhi keselamatan dan keandalan operasi reaktor RSG-GAS sesuai dengan standard SSG-10 SSK reaktor riset.

Fungsi keselamatan bertujuan:

- a) Memadamkan reaktor dan mempertahankan reaktor dalam keadaan selamat untuk kondisi operasional maupun kondisi kecelakaan dasar desain,
- b) Mengambil panas setelah reaktor padam khususnya panas dari teras termasuk dalam hal kecelakaan dasar desain,
- c) Mengungkung material radioaktif dengan tujuan untuk mencegah atau membatasi pembebasan tak terencana ke lingkungan.

Berdasarkan standard SSG-10 SSK reaktor riset, identifikasi dan penapisan SSK reaktor RSG-GAS yang telah disusun dengan mempertimbangkan tingkat pengaruh SSK terhadap keselamatan dan tingkat kemudahan SSK penggantian atau perbaikan, lihat Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penyusunan penapisan SSK reaktor RSG-GAS

Kondisi	Simbol	Mekanisme Penuaan	Akibat/Kegagalan
Pengaruh penuaan pada kondisi operasi normal			
Radiasi	a	Perubahan Sifat	Peruraian Kimia Perubahan Kekuatan Daktilitas (ductility) Pengelembungan (Swelling) Perubahan tahanan <i>Burnup</i>
Temperatur	b	Perubahan Sifat	Perubahan kekuatan Perubahan tahanan Perubahan daktilitas
Stress (tekanan)	c	<i>Creep</i>	Perubahan geometri (misalnya patah atau runtuh)
Perubahan 92eactor92ure, aliran dan/atau beban yang berulang Vibrasi yang ditimbulkan aliran	d	Gerakan	Perpindahan Perubahan posisi atau setelan Hubungan yang longgar Kerusakan bahan (retak)
		Kelelahan (<i>fatigue</i>)	Patah atau runtuh Perubahan bentuk Kerusakan bahan (retak)
		Aus (<i>wear</i>)	Perburukan permukaan Perubahan dimensi
Aliran	e	Erosi	Perubahan kekuatan
Kimia Fluida	f	Korosi/Sel Galvanic	Pembebasan radioaktivitas Pengurangan kekuatan Pengendapan partikel Rangkaian pendek Kebocoran
Pengaruh penuaan pada kondisi lingkungan			
Kelembaban dan Kadar garam	g	Korosi	Kebocoran Pembebasan bahan radioaktif Hubungan pendek
Agen Kimia	h	Reaksi Kimia	Korosi Perburukan SSK
Angin, debu dan pasir	i	Erosi dan deposisi	Perubahan kekuatan Perburukan permukaan Malfungsi komponen listrik dan mekanik

Selain pengaruh penuaan yang mungkin terjadi pada kondisi layanan berkaitan dengan operasi normal dan pada kondisi lingkungan, penapisan SSK 92eactor RSG-GAS pula diperhatikan aspek

kemudahan penggantian SSK dan mekanisme penuaan yang terjadi. Kedua hal ini dibuat dalam notasi angka dan abjad, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Notasi kemudahan penggantian dan mekanisme penuaan pada penapisan SSK

Aspek Kemudahan Penggantian	Notasi	Mekanisme Penuaan	Notasi
Sangat sukar	A	Perubahan sifat akibat radiasi neutron	1
Sukar secara teknis dan biaya	B	Perubahan sifat akibat kondisi layanan temperatur	2
Norma	C	Stress atau creep akibat kondisi layanan $^{93}\text{reactor}^{93}\text{ure}$ dan tekanan	3
Mudah	D	Pergerakan, kelelahan atau keausan akibat dari perubahan berulang dari $^{93}\text{reactor}^{93}\text{ure}$, aliran dan/atau beban, atau vibrasi yang disebabkan aliran.	4
		Korosi	5
		Proses kimia	6
		Erosi	7
		Perubahan teknologi	8
		Perubahan peraturan	9
		Keusangan dokumentasi	10

Hasil penapisan SSK reaktor RSG-GAS pada keselamatan, kemudahan penggantian SSK, lokasi kolam dan komponen reaktor yang disusun dan kondisi serta mekanisme penuaan, lihat Tabel 3. berdasarkan tingkat pengaruh SSK terhadap

Tabel 3. Hasil penapisan SSK reaktor RSG-GAS pada kolam dan komponen reaktor

NO	KKS	Komponen	Penting Bagi Keselamatan	Kemudahan Penggantian	Lokasi dan Kondisi	Mekanisme Penuaan
1.	JAA01	Liner reaktor	Ya	A	Kolam reactor a, c, d, f	1, 3, 4, 5
2.	JAA02	Liner storage	Ya	A	Kolam storage a, c, f	1, 3, 5
3.	JAA03	Liner kamar tunda	Ya	A	Kolam reactor c, d, f	3, 4, 5
4.	JAC01	Pipa isap	Ya	B	Kolam reactor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 6, 7
5.	JAC01	Pipa tekan	Ya	B	Kolam reactor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 6, 7
6.	JAC01	Supporting construction	Ya	A	Kolam reactor a, c, d, f	1,4,5
7.	JAC01	Support casing	Ya	A	Kolam reactor a, c, d, f	1,4,5
8.	JAC01	Fuel support casing	Ya	B	Kolam reactor a, c, d, e, f	1,3,4,5,7
9.	JAC01	Ramp test insert in support casing	Ya	C	Kolam reactor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7
10.	JAC01	Grid Plate	Ya	B	Kolam reactor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7
11.	JAC01	Reflektor block case and covering	Ya	B	Kolam reactor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7
12.	JAC01	Neutron casing for neutron instr.	Ya	B	Kolam reactor a,c, e, f	1, 5, 8
13.	JAC01	Ramp test & radiography support	Ya	C	Kolam reactor a, c, f	1, 3, 5

Tabel 3. Lanjutan

NO	KKS	Komponen	Penting Bagi Keselamatan	Kemudahan Penggantian	Lokasi dan Kondisi	Mekanisme Penuaan
14.	JAC01	Fuel storage rigs	Ya	C	Kolam reaktor	1, 3, 5
15.	JAC01	Internals for delay chamber	Ya	B	Kolam reaktor	3, 4, 5, 7
16.	JAC01	Blok Reflektor Beryllium	Ya	B	Kolam reaktor	1, 5
17.	JAC01	Elemen Reflektor	Ya	D	Kolam reaktor	1, 4, 5, 7
18.	JAC01	Heat Exchanger	Ya	D	Kolam reactor a, c, d, e, f	3, 4, 5, 7
19	JAC02	Fuel storage rack	Ya	B	Kolam reactor a, f	1, 5

Hasil penyusunan kegiatan Survailan

Kegiatan survailan penuaan adalah bagian dari program deteksi penuaan jangka panjang yang direncanakan sedini mungkin dan dilaksanakan secara kontinyu selama umur operasi reaktor.

Hasil kegiatan survailan penuaan kolam dan komponen reaktor RSG-GAS berdasarkan informasi desain, spesifikasi pabrikan, pengelompokan SSK, penilaian dan pengalaman operasi, meliputi:

1. Kegiatan inspeksi dan pemeriksaan visual berdasarkan program inspeksi SSK berkala;
2. Kegiatan pemantauan parameter yang terkait dengan keselamatan operasi secara berkala;
3. Kegiatan pengujian SSK yang efek penuaanya tidak dapat diukur secara langsung;
4. Kegiatan pengujian kinerja SSK

Penjelasan rinci dari kegiatan survailan penuaan kolam dan komponen reaktor RSG-GAS sebagai berikut:

1. Kegiatan inspeksi SSK dan pemeriksaan visual
Inspeksi SSK dan pemeriksaan visual dilaksanakan dalam program inspeksi *in-service* periodik dan terjadual untuk semua SSK. Kegiatan ini merupakan bagian dari program perawatan preventif yang bertujuan untuk mendeteksi gejala penuaan berupa distorsi dimensi, permukaan atau material, kebocoran, retak dan perubahan warna dan dilaksanakan selama reaktor padam sesuai rekomendasi pabrikan. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan oleh petugas perawat atau operator yang memiliki kualifikasi.
2. Kegiatan pemantauan
Kegiatan pemantauan kondisi SSK tertapis dilaksanakan sejak awal dioperasikan dengan cara merekam parameter operasi secara berkala. Perubahan parameter terekam menunjukkan kelaikan dan sekaligus mengindikasikan efek penuaan.

3. Kegiatan pengujian

Tidak semua efek penuaan dapat diukur secara langsung sehingga perlu dilakukan pengujian penuaan SSK tertapis misalnya perubahan kekerasan karena iradiasi, perubahan ketebalan, dsb. Pengujian tidak merusak (*Non Destruction Test*, NDT) terhadap SSK tertapis ditetapkan dengan mempertimbangkan kondisi layanan operasi reaktor diantaranya radiasi, temperatur, tekanan, dan sebagainya. Disamping itu pengujian juga memperhatikan mekanisme penuaan, kemudahan penggantian dan akibat/kegagalan penuaan.

4. Kegiatan uji kinerja

Efek penuaan pada beberapa SSK tertapis dideteksi dengan uji kinerja, misalnya pergeseran nilai *set point*, penurunan kinerja komponen elektronik, mekanik katup dan aktuator, serta mekanik penggerak batang kendali dengan mengacu pada data desain dan data operasi untuk mendapatkan *trend* gejala indikasi penuaan.

Hasil kegiatan pengumpulan Data dan Evaluasi

Data, informasi dan metode pengumpulan data yang diperlukan dalam manajemen penuaan adalah sebagai berikut :

- a) Data desain dan kondisi SSK sebelum digunakan atau difungsikan dan data hasil uji fungsi setelah SSK dipasang, disimpan dan dikelola oleh Unit Jaminan Mutu dalam bentuk gambar maupun teks berasal dari kontraktor utama Interatom. Data tersebut disimpan di ruang penyimpanan dokumen yaitu ruang dokumen asli dan ruang dokumen duplikat;
- b) Data dan parameter operasi SSK terkait dicatat pada Lembar Data Operasi dan Buku Induk Operasi. Hal ini merupakan implementasi dari Prosedur Operasi Reaktor. Data gangguan SSK, identitas SSK, tindakan perbaikan atau penggantian dan deskripsi mengenai hasil uji fungsi dicatat dalam formulir isian Permintaan

Perbaikan dan Izin Kerja (PPIK). PRSG menerapkan kendali 95administrative dalam melakukan perbaikan dan perawatan. Ketika perbaikan dilakukan, personal-personal yang terlibat dalam perbaikan harus mengisi formulir PPIK;

- c) Data riwayat perawatan berupa perawatan preventif, survailan dan uji tidak merusak dicatat dalam Lembar Data Inspeksi/Pengujian yang merupakan bagian dari dokumen perawatan. Semua prosedur perawatan termasuk frekuensi pelaksanaan perawatan dan pencatatannya tercantum dalam *Work Order* perawatan;
- d) Prediksi kerusakan SSK dikaji dan diolah berdasarkan data hasil perawatan.

4 Hasil kegiatan perekaman dan dokumentasi

Kegiatan perekaman dan dokumentasi kegiatan program manajemen penuaan dilakukan terhadap:

1. Metode klasifikasi dan dokumentasi data dan informasi SSK dilakukan sesuai dengan sistem manajemen RSG-GAS, dengan mempertimbangkan fungsi keselamatan, lokasi dan kondisi layanan;
2. Dokumentasi seluruh rekaman kegiatan dan hasil kajian dicatat dalam data hasil survailan yang merupakan bagian data hasil perawatan.;
3. Dokumentasi informasi tentang keefektifan metode pemantauan penuaan SSK direkam dalam bentuk laporan dan gambar-gambar visual;
4. Dokumentasi lain yang terkait dengan manajemen penuaan ditambahkan sesuai dengan perkembangan dalam pelaksanaan;

Hasil kegiatan penerapan program manajemen penuaan kolam dan komponen reaktor RSG-GAS yang telah disusun ini dapat digunakan sebagai pedoman manajemen penuaan pada RSG-GAS dan

sebagai implementasi Peraturan Bapeten Nomor 8 Tahun 2008 ditunjukkan pada LAMPIRAN 1 Tabel 4. Hasil dokumentasi dan perekaman kegiatan program penuaan disimpan di Bidang Sistem Reaktor dan Unit Jaminan Mutu PRSG.

KESIMPULAN

Kajian penerapan program manajemen penuaan kolam dan komponen reaktor RSG-GAS yang telah tersusun ini dapat digunakan sebagai pedoman manajemen penuaan pada RSG-GAS dan sebagai implementasi Peraturan Bapeten Nomor 8 Tahun 2008, sehingga diharapkan seluruh struktur, sistem dan komponen terkait keselamatan dapat menjalankan fungsinya selama umur operasinya juga diharapkan dapat digunakan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

1. **BAPETEN**, Peraturan Kepala Bapeten Nomor 8 Tahun 2008, Tentang Ketentuan Keselamatan Manajemen Penuaan, 2008.
2. **ANONIM**, Dokumen Manajemen Penuaan RSG-GAS, No. Ident : TRR.KP.01.09.90.04. Tahun 2003.
3. **YUSI EKO YULIANTO**, Manajemen Perawatan Reaktor RSG-GAS. Diktat Penyegaran Supervisor dan Teknisi dan Perawatan, Pusdiklat dan PRSG-Batan, 2009.
4. **ANONIM**, Program Perawatan Sistem Reaktor RSG-GAS No. Ident. : RSG.SR.02.01.50.12 Revisi 01 Tahun 2012.
5. **AEP SAEPUDIN CATUR**, "Manajemen perawatan sistem reaktor sebagai pendukung keselamatan operasi reaktor.", ISBN 978-979-17109-3-0, Prosiding seminar nasional pranata nuklir PRSG tahun 2008.

LAMPIRAN 1

⊕ Tabel 4. Jadwal survailan penuaan dan penapisan struktur, sistem dan komponen reaktor RSG-GAS

NO	KKS	KOMPONEN	PENTING BAGI KESELAMATAN	KEMUDAHAN PENGGANTIAN	MATERIAL	LOKASI DAN KONDISI	MEKANISME PENUAAN*)	MINIMASI	SURVAILAN	MITIGASI
Pengelompokkan SSK blok reaktor dan bahan bakar.										
1.	JAA01	Liner reaktor	Ya	A	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, f	1, 3, 4, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Perbaikan
2.	JAA02	Liner storage	Ya	A	AlMg ₃	Kolam storage a, c, f	1, 3, 5	Menjaga kualitas air	Check Visual dengan Underwater camera	Perbaikan
3.	JAA03	Liner kamar tunda	Ya	A	AlMg ₃	Kolam reaktor c, d, f	3, 4, 5	Menjaga kualitas air	Check Visual dengan Underwater camera	Perbaikan
4.	JAC01	Pipa isap	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 6, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
5.	JAC01	Pipa tekan	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 6, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
6.	JAC01	Supporting construction	Ya	A	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, f	1, 4, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
7.	JAC01	Support casing	Ya	A	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, f	1, 4, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian Perbaikan
8.	JAC01	Fuel support casing	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens. Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian

LAMPIRAN 1

Tabel 4. Jadwal survailan penuaan dan penapisan struktur, sistem dan komponen reaktor RSG-GAS (lanjutan)

NO	KKS	KOMPONEN	PENTING BAGI KESELAMATAN	KEMUDAHAN PENGGANTIAN	MATERIAL	LOKASI DAN KONDISI	MEKANISME PENUAAN*)	MINIMASI	SURVAILAN	MITIGASI
9.	JAC01	Ramp test insert in support casing	Ya	C	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
10.	JAC01	Grid Plate	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air Membatasi laju alir maksimum	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
11.	JAC01	Reflektor block case and covering	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, e, f	1, 3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
12.	JAC01	Neutron casing for neutron instr.	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor a,c, e, f	1, 5, 8	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
13.	JAC01	Ramp test & radiography support	Ya	C	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, f	1, 3, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
14.	JAC01	Fuel storage rigs	Ya	C	AlMg ₃	Kolam reaktor	1, 3, 5	Menjaga kualitas air	Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
15.	JAC01	Internals for delay chamber	Ya	B	AlMg ₃	Kolam reaktor	3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air	Underwater camera	Penggantian
16.	JAC01	Blok Reflektor Beryllium	Ya	B	Be	Kolam reaktor	1, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens,	Penggantian
17.	JAC01	Elemen Reflektor	Ya	D	Be	Kolam reaktor	1, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Underwater Camera	Penggantian

LAMPIRAN 1

Tabel 4. Jadwal survailan penuaan dan penapisan struktur, sistem dan komponen reaktor RSG-GAS (lanjutan)

NO	KKS	KOMPONEN	PENTING BAGI KESELAMATAN	KEMUDAHAN PENGGANTIAN	MATERIAL	LOKASI DAN KONDISI	MEKANISME PENUAAN*)	MINIMASI	SURVAILAN	MITIGASI
18.	JE01	Heat Exchanger	Ya	D	SS	Kolam reaktor a, c, d, e, f	3, 4, 5, 7	Menjaga kualitas air Membatasi laju alir maksimum	Check Visual Eddy current	Penggantian
19	JAC02	Fuel storage rack	Ya	B	AlMg3	Kolam reaktor a, f	1, 5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera	Penggantian
Pengelompokkan kolam reaktor sistem eksperimen										
1.	JBA	Beam Tube	Ya	A	AlMg ₃	Kolam reaktor a, c, d, f	1,4,5	Menjaga kualitas air	Perhitungan fluens, Check Visual dengan Underwater camera di bagian luar	Penggantian Perbaikan
Pengelompokkan sistem pendingin primer										
1.	BR	Pipa DN600	Ya	B	SS 1.4541	R. Primer c, d, f	4,5,7	Menjaga kualitas air	Check Visual	Penggantian Perbaikan
2.	BR	Pipa DN400	Ya	B	SS 1.4541	R. Primer c, d, f	4,5,7	Menjaga kualitas air	Check Visual	Penggantian Perbaikan

