

EVALUASI KLASIFIKASI STRUKTUR, SISTEM, DAN KOMPONEN RSG-GAS TERHADAP MANAJEMEN PENUAAN

Endiah Puji Hastuti
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir,
Gedung 80 Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan, 15310, Indonesia

ABSTRAK

EVALUASI KLASIFIKASI STRUKTUR, SISTEM, DAN KOMPONEN RSG-GAS TERHADAP MANAJEMEN PENUAAN. Pada Saat ini RSG-GAS telah beroperasi selama 30 tahun. Sesuai peraturan BAPETEN, mengenai Penilaian Keselamatan Berkala, evaluasi harus dilakukan setiap 10 tahun. Untuk memenuhi persyaratan tersebut perlu dilakukan evaluasi dan analisis sistem secara menyeluruh. Hasil evaluasi melalui analisis ini diperlukan sebagai data dukung permohonan perpanjangan izin operasi ke BAPETEN. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, maka salah satu tugas yang perlu dilakukan adalah evaluasi penapisan komponen kritis. Evaluasi dilakukan terhadap penapisan/pengelompokan struktur, sistem dan komponen (SSK) RSG-GAS dengan cara menganalisis klasifikasi SSK RSG-GAS berdasarkan tinjauan terhadap Perka BAPETEN terkait SSK dan Safety kriteria IAEA mengenai reaktor riset. Metode kedua adalah telaah terhadap laporan perawatan dan perbaikan terhadap SSK yang termasuk dalam kriteria kelas keselamatan terutama pada tipe A. Klasifikasi SSK RSG-GAS yang terdiri atas 1. kelas keselamatan (*safety class*), 2. kelas kualitas (*quality class*), dan 3. kelas seismik (*seismic class*), telah memenuhi kriteria Perka BAPETEN 8/2008 mengenai manajemen penuaan reaktor non daya dan Perka BAPETEN 1/2011 mengenai desain keselamatan reaktor non daya, serta memenuhi kriteria keselamatan IAEA SSR3 mengenai klasifikasi struktur, sistem dan komponen reaktor riset. Hasil analisis terhadap kesesuaian klasifikasi SSK RSG-GAS terhadap Perka BAPETEN No. 8/tahun 2008 tentang ketentuan keselamatan manajemen penuaan reaktor nondaya, IAEA SSR3 mengenai keselamatan reaktor riset, serta hasil rekam data operasi sistem RSG-GAS pada kondisi terkini dapat disimpulkan bahwa kualifikasi SSK tersebut masih sesuai dengan persyaratan manajemen penuaan sehingga memberikan keyakinan terhadap kelangsungan operasi RSG-GAS yang aman.

Kata kunci : SSK, kriteria, manajemen penuaan, RSG-GAS, PKB.

ABSTRACT

EVALUATION of CLASSIFICATION of STRUCTURE, SYSTEMS, and COMPONENTS on AGING MANAGEMENT of RSG-GAS. At this time RSG-GAS has been operating for 30 years. In accordance with BAPETEN regulations, regarding Periodic Safety Assessments, the evaluation must be carried out every 10 years. To fulfill these requirements, comprehensive system evaluation and analysis is needed. The results of the evaluation through this analysis are needed as data to support the application for the extension of the operating license to BAPETEN. To fulfill these requirements, one of the tasks that need to be done is evaluating critical component classification. The evaluation was carried out on classification the structure, system, and components (SSC) of RSG-GAS by analyzing the RSG-GAS SSC classification based on a review of BAPETEN regulations regarding the SSC and Safety of IAEA criteria regarding research reactors. The second method is a review of maintenance reports and improvements to the SSC that are included in the safety class criteria. RSG-GAS SSC classification which consists of 1. safety class, 2. quality class, and 3. seismic class. The RSG-GAS SSC Classification has calculated the quality class that must be fulfilled by the vendor/manufacturer and takes into account the seismic factor in the SSC design. The results of the analysis of the suitability of the RSG-GAS SSC classification against BAPETEN regulations No. 8/2008 concerning the safety provisions for aging management of non power reactors, IAEA SSR3 regarding the safety of research reactors, as well as the results of RSG-GAS system operating data record on current conditions. It can be concluded that the SSC qualifications are still in accordance with aging management requirements so as to provide assurance of the continuity of RSG operations is safe.

Keywords: SSC, criteria, aging management, RSG-GAS, PSR.

PENDAHULUAN

Reaktor RSG-GA Siwabessy didesain dan dibangun oleh *Interatom Kraftwerk Union (KWU)* dengan menggunakan standar Jerman, yaitu negara asal dimana reaktor riset tipe MTR tersebut dibuat [1]. Semua bahan dan komponen peralatan disyaratkan untuk memenuhi suatu uji kelayakan. Meskipun demikian, kondisi operasional dan kondisi lingkungan dapat menyebabkan timbulnya percepatan degradasi yang tidak terantisipasi pada struktur, sistem dan komponen. Dengan alasan tersebut maka pemahaman terhadap kondisi aktual SSK menjadi penting, untuk tujuan pengembangan tindakan korektif apabila terdapat tindakan korektif yang lebih maju dan penjagaan tingkat keselamatan dalam operasi reaktor RSG-GAS. Filosofi pengoperasian Reaktor RSG-GAS didasarkan pada kegunaannya, yaitu melakukan suatu percobaan dalam operasinya atau bahkan percobaan dilakukan pada Reaktor RSG-GAS itu sendiri yang memungkinkan adanya suatu modifikasi terhadap sistem reaktor [2].

Sementara itu Badan Pengawas Tenaga Nuklir telah menerbitkan Perka BAPETEN 8/2008 mengenai manajemen penuaan reaktor non daya [3] dan Perka BAPETEN 1/2011 mengenai ketentuan keselamatan operasi reaktor non daya [4]. Selain itu evaluasi juga harus mempertimbangkan pemenuhan kriteria

keselamatan IAEA SSR3 mengenai klasifikasi struktur, sistem dan komponen reaktor riset [5]. SSR-3 adalah persyaratan spesifik untuk keselamatan reaktor riset, yang merupakan pengganti dari publikasi sebelumnya yaitu Seri Standar Keselamatan IAEA No. NS-R-4 yang diterbitkan pada tahun 2005 mengenai Persyaratan Keselamatan Reaktor Riset.

Penelitian mengenai klasifikasi komponen reaktor riset tipe *open pool* telah pernah dilakukan oleh Tae Ryong Kim (2016) [6], Kyung Jun Kang (2012) menyampaikan introduksi tentang pengajuan lisensi klasifikasi komponen di reaktor riset Afrika Selatan [7] sementara itu Endiah dkk. (2018) melakukan studi mengenai klasifikasi SSK Reaktor daya eksperimental (RDE) Indonesia [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ulang penapisan SSK RSG-GAS secara keseluruhan sesuai dengan Perka BAPETEN no 2/2015 mengenai verifikasi dan penilaian keselamatan reaktor non daya, yang dilakukan secara berkala sesuai peraturan tersebut setiap 10 tahun, atau apabila dilakukan modifikasi reaktor, baik terhadap komponen maupun sistem terkait keselamatan. Selanjutnya hasil evaluasi tersebut akan digunakan dalam pengajuan perpanjangan izin operasi ke BAPETEN. Penapisan SSK RSG-GAS yang ada perlu dievaluasi apakah telah sesuai dengan kondisi terkini setelah beroperasi selama 30 tahun

[9]. Evaluasi dilakukan dengan mengikuti klasifikasi komponen utama berdasarkan kelasnya. Laporan operasi juga dijadikan acuan untuk mengamati apakah terdapat penyimpangan terhadap kondisi operasi dan kondisi lingkungan yang dipersyaratkan pada penempatan komponen kritis.

Hasil evaluasi penapisan komponen kritis diharapkan dapat memperkaya dokumen Penilaian Keselamatan Berkala yang saat ini tengah diajukan ke BAPETEN guna perpanjangan izin operasi RSG-GAS.

TEORI

Klasifikasi struktur, sistem dan komponen (SSK) suatu reaktor tidak dapat dipisahkan dari konsep dasar manajemen penuaan, yaitu bagaimana mengatasi degradasi terkait batas keselamatan dan mengambil tindakan korektif sebelum terjadi hilangnya integritas atau kemampuan fungsional SSK. Manajemen penuaan yang efektif dalam prakteknya dilakukan dengan koordinasi program yang ada, termasuk perawatan, inspeksi *in-service* dan pengawasan, serta operasi, program dukungan teknis dan program eksternal seperti penelitian dan pengembangan [10-12]. Untuk itu diperlukan manajemen penuaan yang efektif di seluruh fase SSK dengan pendekatan sistemik untuk mengelola penuaan. Manajemen penuaan harus menyediakan kerangka kerja untuk mengkoordinasikan semua program dan

kegiatan yang berhubungan dengan pemahaman, pengendalian, pemantauan dan mitigasi efek penuaan instalasi komponen atau struktur. Penuaan merupakan proses alami yang ditandai dengan semakin menurunnya kemampuan SSK untuk melakukan fungsinya mengikuti fungsi umur atau waktu, yang disebabkan oleh degradasi material dan selanjutnya menurunkan atau bahkan menghilangkan kemampuan SSK yang penting untuk keselamatan dalam menjalankan fungsinya sesuai kriteria yang disyaratkan. SSK yang penting untuk keselamatan adalah SSK yang menjadi bagian dari sistem keselamatan dan/atau apabila gagal atau terjadi malfungsi, dapat menyebabkan terjadinya paparan radiasi terhadap pekerja atau anggota masyarakat. SSK yang penting untuk keselamatan adalah SSK yang memiliki fungsi keselamatan dimana yang dimaksud dengan fungsi keselamatan adalah [13] :

- 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, yang termasuk dalam kecelakaan dasar desain;
- c) Mengungkung material radioaktif dengan tujuan untuk mencegah atau membatasi pembebasan tak terencana

ke lingkungan.

METODOLOGI

Untuk dapat melakukan evaluasi penapisan komponen kritis RSG-GAS perlu dilakukan kegiatan secara sistemik meliputi: (1) Evaluasi komponen sistem RSG-GAS berdasarkan Perka BAPETEN dan *Safety guide* IAEA, (2) Rekam data operasi sistem RSG-GAS pada kondisi terkini.

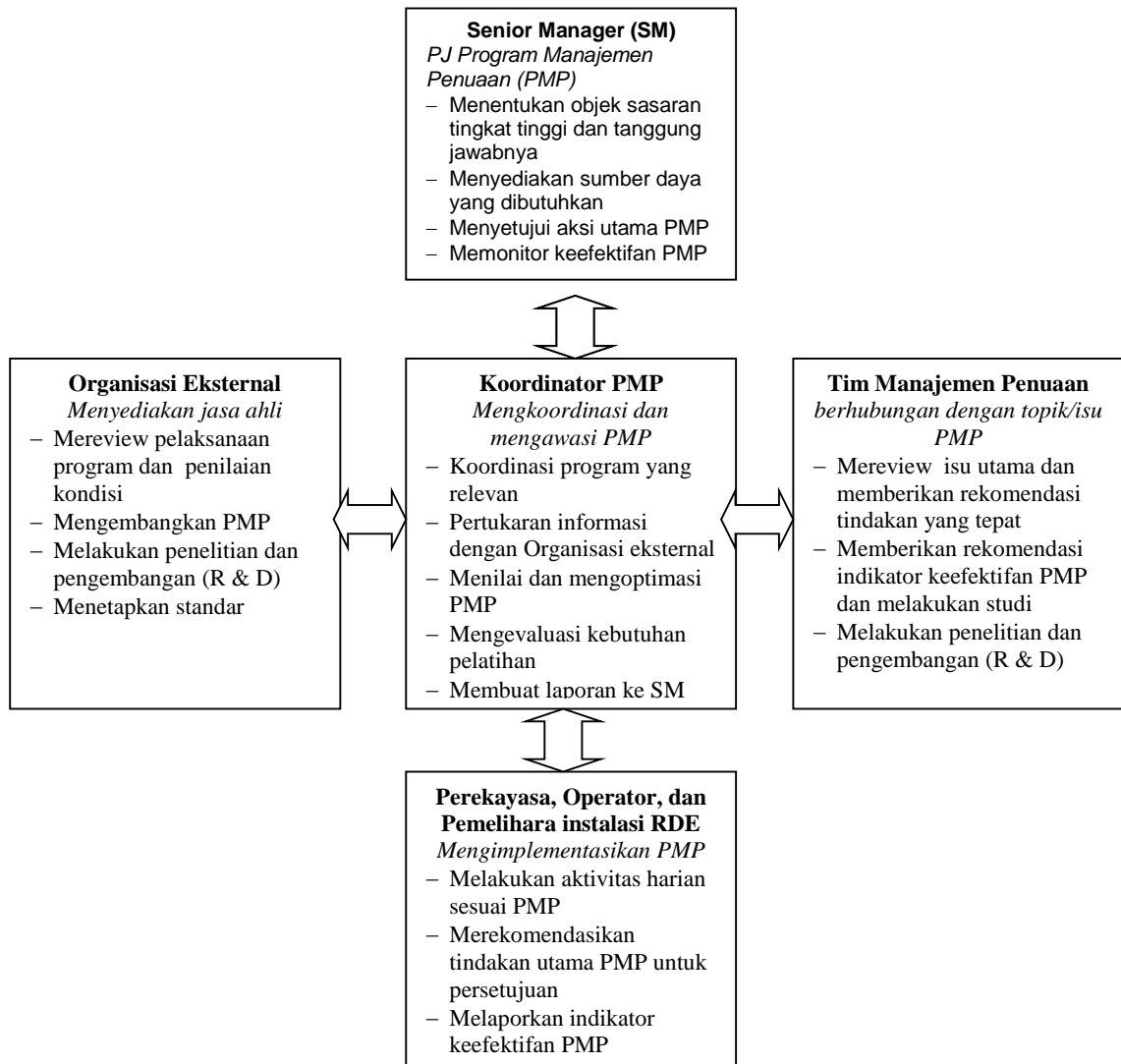
Kegiatan (1) dilakukan melalui kajian dokumen klasifikasi SSK yang dimiliki PRSG terhadap peraturan BAPETEN dan petunjuk keselamatan IAEA, serta melakukan pengumpulan data penapisan SSK kritis RSG-GAS. Kegiatan (2) dilakukan melalui hasil rekam data parameter sistem operasi RSG-GAS, disesuaikan dengan program penaikan daya tinggi, evaluasi komponen-komponen sistem berdasarkan penilaian keselamatan berkala yang telah menganalisis program perawatan dan perbaikan, serta *refurbishment* (penggantian) SSK RSG-GAS sesuai dengan dokumen pengoperasian dan perawatan (*operation and maintenance*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada suatu instalasi nuklir manajemen penuaan harus sudah

direncanakan sejak kegiatan desain, konstruksi dan komisioning, sampai dengan operasi. Hal ini dimaksudkan agar dalam desain SSK instalasi nuklir telah dilakukan pemilahan kualitas material, umur desain komponen dan rencana surveilan serta perawatan sesuai dengan peruntukannya. Pemahaman mengenai siklus alur pikir *plan, do, act* dan *check* pada manajemen penuaan SSK reaktor, perlu dipahami yaitu: (1) pemahaman mengenai penuaan SSK, (2) pengembangan dan optimasi aktivitas manajemen penuaan SSK, (3) meminimasi degradasi yang terjadi dalam melakukan pengoperasian/penggunaan SSK, seperti menjaga kondisi lingkungan agar tidak terjadi korosi dengan cara menjaga kualitas air pendingin. Melakukan pengecekan/pemeriksaan degradasi dengan melakukan inspeksi, monitoring dan kajian SSK. Melakukan mitigasi degradasi dengan cara (4) *maintenance*/perawatan SSK, dimana hal ini akan *improve*/meningkatkan efektivitas program-program manajemen penuaan [14].

Dalam program manajemen penuaan (PMP) dilakukan melalui pembagian tugas dan tanggung jawab yang tepat sehingga SSK reaktor terawat dengan baik. Pembagian tugas dan tanggung jawab dalam PMP ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema manajemen penuaan [15]

Analisis cara klasifikasi SSK

Hasil kajian pada bagian ini mencakup format matriks setiap SSK kritis untuk mengidentifikasi, mekanisme penuaan, informasi potensi penyebab dan dampak dalam menentukan ranking dari SSK kritis tersebut. RSG-GAS telah menempatkan SSK yang penting untuk keselamatan dan rentan terhadap penuaan yaitu internal reaktor dan

komponen terkait lainnya, sebagai SSK kritis, dimana SSK Kritis harus memenuhi kriteria: tidak redundan; tidak mudah diperbaiki; dan tidak mudah diganti. Apabila SSK kritis ini gagal akan mengakibatkan dampak yang sangat signifikan terhadap lingkungan, yang disebabkan karena paparan radiasi yang tidak terkendali.

Sesuai Perka BAPETEN No. 8/tahun 2008 tentang ketentuan keselamatan manajemen penuaan reaktor nondaya.

Identifikasi dan pengelompokan SSK yang mudah terpengaruh penuaan didasarkan pada :a) tingkat pengaruh SSK terhadap keselamatan; dan b) tingkat kemudahan SSK diganti atau diperbaiki. Kelompok I: SSK utama yang penting, tidak redundan, tidak mudah diperbaiki atau tidak mudah diganti. RSG-GAS mengelompokkan bagian internal reaktor dalam kelompok ini, misalnya tangki reaktor, sistem pipa pendingin utama di dalam reaktor, *core grid*. Berilium reflektor masuk dalam kelompok ini, meskipun tidak direncanakan untuk diganti, tetapi bagian/sisi yang terkena paparan fluens neutron perlu diputar pada waktu tertentu (32.000 jam operasi) sehingga tidak menyebabkab gembung di satu sisi, seperti dinyatakan pada manual operasi (OM) RSG-GAS. Tangki reaktor merupakan komponen yang didesain sesuai dengan umur reaktor, Perpanjangan umur tangki reaktor dimungkinkan melalui suatu pengujian tertentu secara berkala, misal dengan metode *Ultrasonic Test* atau *Eddy Current Test*, dimana dari hasil pengujian dapat diketahui trend sisa umur komponen.

Kelompok II: SSK utama yang penting, tetapi redundan atau mudah dilakukan inspeksi SSK atau diganti, misalnya catu daya darurat. Untuk mempertahankan keselamatan RSG-GAS menerapkan

redundansi catu daya darurat, sehingga apabila suplai daya PLN terputus atau padam maka batere akan siap mempertahankan fungsi keselamatan pada kondisi darurat dan diikuti dengan hidupnya disel, batere ini mudah untuk diganti. Komponen internal reaktor yang penting untuk keselamatan lainnya adalah batang kendali, untuk memadamkan reaktor, sehingga tidak boleh gagal, meskipun demikian terdapat prosedur kedaruratan apabila terjadi suatu kegagalan, maka batang kendali dapat dijatuhkan secara manual, selain itu komponen batang kendali mudah diganti.

Kelompok III: bukan SSK utama tetapi tidak mudah dilakukan inspeksi atau diperbaiki, misalnya sistem pemurnian air pendingin. Sistem pemurnian air pendingin diperlukan untuk memurnikan pendingin dimana $40 \text{ m}^3/\text{s}$ dari laju alir sistem pendingin primer sebesar $3150 \text{ m}^3/\text{jam}$ atau 800 kg/s , akan dimurnikan secara kontinyu pada saat reaktor beroperasi. Kualitas air pendingin yang memenuhi syarat operasi reaktor penting untuk menjamin kondisi lingkungan komponen internal reaktor yang merupakan SSK kritis keselamatan 1, oleh karena itu kondisi air pendingin primer menjadi persyaratan sebelum reaktor beroperasi.

Kelompok IV: komponen lain, misalnya generator tambahan. Setelah peristiwa gagalnya reaktor daya Fukushima Daiichi

akibat tsunami, dimana terjadi *black out* karena hilangnya suplai daya dan akibat tidak berfungsinya disel darurat, maka generator tambahan menjadi komponen penting sebagai pendukung keselamatan [16]. Untuk mengantisipasi hal tersebut, RSG-GAS menyiapkan disel darurat tambahan.

Terhadap SSK kritis untuk keselamatan ini dilakukan pengkajian dalam hal kondisi lingkungan dan layanan, mekanisme penuaan, mitigasi penuaan dan deteksi degradasi penuaannya. Hasil deteksi ini dievaluasi untuk menjamin operasi selamat yang kontinyu dan untuk menentukan penggantian atau *refurbishment* SSK yang mengalami degradasi sebelum kegagalan terjadi. Selanjutnya penapisan SSK berdasarkan tingkat kemudahan diganti atau diperbaiki dilakukan mengingat kesulitan dalam perbaikan atau pengantiannya memerlukan alokasi sumber daya dan waktu secara khusus sehingga harus dipersiapkan dalam jangka panjang. SSK kritis untuk keselamatan dan yang pengantiannya sangat sulit untuk dilakukan menjadi objek manajemen penuaan, yang dituangkan dalam rencana survailan berkala. Data hasil pengujian dan pemantauan untuk SSK yang menjadi objek manajemen penuaan dikumpulkan dan dilakukan trending berdasarkan data tersebut untuk memprediksi umur sisa. PRSG telah memiliki manajemen penuaan yang mengatur program survailan secara berkala,

pemeliharaan, perbaikan dan pengujian. Dan atau melalui suatu prosedur yang telah diperhitungkan untuk menjamin integritas komponen, seperti pemutaran posisi blok berilium.

Analisis SSK RSG-GAS Terhadap Persyaratan IAEA SSR3

IAEA telah menerbitkan *specific safety requirement* SSR3 [17], yang merupakan pengganti IAEA SS NSR-4 [18] mengenai keselamatan reaktor riset, klasifikasi SSK reaktor riset menurut persyaratan keselamatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi keselamatan semua SSK yang penting untuk keselamatan untuk fasilitas reaktor riset harus diidentifikasi dan harus diklasifikasikan berdasarkan fungsi keselamatannya dan untuk tujuan keselamatan. PRSG telah mengklasifikasi seluruh SSK RSG-GAS yang penting untuk keselamatan.
2. Klasifikasi keselamatan mencerminkan signifikansi untuk keselamatan nuklir dari SSK. Tujuannya adalah untuk menetapkan penilaian dalam penerapan persyaratan untuk desain. Terdapat klasifikasi atau kategorisasi lain dari struktur, sistem dan komponen sesuai dengan aspek lain (misalnya kualifikasi seismik atau lingkungan,

atau kategorisasi kualitas struktur, sistem dan komponen). Klasifikasi SSK RSG-GAS berdasarkan kualifikasi seismik telah dilakukan.

3. Desain harus dilakukan sedemikian rupa untuk memastikan bahwa ada interferensi di antara item yang penting untuk keselamatan dan pencegahannya, dan khususnya bahwa kegagalan item penting untuk keselamatan dalam suatu sistem di kelas keselamatan yang lebih rendah tidak akan menyebar ke sistem keselamatan yang lebih tinggi, untuk menghindari kegagalan suatu komponen yang penting untuk keselamatan dilakukan dengan cara diversifikasi dan redundansi.
4. Peralatan yang melakukan banyak fungsi harus diklasifikasikan dalam kelas keselamatan A, yang konsisten dengan fungsi-fungsi yang memiliki arti keselamatan tertinggi.
5. SSK, termasuk perangkat lunak, yang penting untuk keselamatan harus diidentifikasi terlebih dahulu dan kemudian diklasifikasikan sesuai dengan fungsinya dan signifikansinya untuk keselamatan. Dasar untuk klasifikasi keselamatan dari SSK harus dinyatakan dan persyaratan desain harus diterapkan sesuai dengan klasifikasi keselamatannya. Meskipun dalam klasifikasi SSK

RSG-GAS, perangkat lunak belum diklasifikasikan akan tetapi mengikuti perkembangan kemajuan teknologi, penggunaan perangkat lunak telah digunakan baik dalam desain dan analisis keselamatan maupun sistem rekam data. Untuk mendukung kegiatan manajemen penuaan maka sistem pada manajemen pemeliharaan perlu dilaksanakan secara komputerisasi. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menerapkan *computerized maintenance management system* (CMMS). CMMS merupakan salah satu jenis perangkat lunak (*software*) yang memiliki fungsi untuk mendukung manajemen dan pelacakan kegiatan operasi dan perawatan.

SSK kritis untuk RSG-GAS ini memberikan perspektif tentang alasan untuk menempatkan kandidat SSK pada data utama. Hasil pada bagian ini mencakup format matriks untuk setiap SSK kritis guna mengidentifikasi, mekanisme penuaan, informasi potensi penyebab dan dampak dalam menentukan ranking dari SSK kritis tersebut.

SSK yang penting untuk keselamatan adalah struktur, sistem, dan komponen yang menjadi bagian dari suatu sistem keselamatan dan/atau struktur, sistem, dan komponen yang apabila gagal atau terjadi malfungsi

menyebabkan terjadinya paparan radiasi terhadap pekerja atau anggota masyarakat.

peraturan dalam mengklasifikasi SSK reaktor non daya.

Tabel 1-3 menunjukkan perbandingan

Tabel 1. Perbandingan Peraturan dan implementasi Klasifikasi SSK Reaktor Non Daya

Klasifikasi Komponen	SSR3	Perka BAPETEN No 8/2008	RSG-GAS
	Klasifikasi keselamatan mencerminkan signifikansi untuk keselamatan nuklir dari SSK. Tujuannya adalah untuk menetapkan penilaian dalam penerapan persyaratan untuk desain. Terdapat klasifikasi atau kategorisasi lain dari struktur, sistem dan komponen sesuai dengan aspek lain (misalnya kualifikasi seismik atau lingkungan, atau kategorisasi kualitas SSK).	SSK Kritis: a) tingkat pengaruh SSK terhadap keselamatan; dan b) tingkat kemudahan SSK diganti atau diperbaiki.	Klasifikasi SSK terdiri atas: 1. kelas keselamatan (<i>safety class</i>), 2. kelas kualitas (<i>quality class</i>), dan 3. kelas seismik (<i>seismic class</i>).

Tabel 2. Cara pengelompokkan SSK menurut Perka BAPETEN 8/2008

No.	Kelompok	Kriteria
1.	Kelompok I	SSK utama yang penting, tidak redundan, tidak mudah diperbaiki atau tidak mudah diganti, misalnya tangki reaktor, sistem pipa pendingin utama.
2.	Kelompok II	SSK utama yang penting, tetapi redundan atau mudah dilakukan inspeksi SSK atau diganti, misalnya catu daya darurat, batang kendali.
3.	Kelompok III	bukan SSK utama tetapi tidak mudah dilakukan inspeksi SSK atau diperbaiki, misalnya sistem pemurnian air pendingin.
4.	Kelompok IV	komponen lain, misalnya generator tambahan.

Tabel 3. Klasifikasi SSK RSG-GAS [19]

No.	Kategori	No. sub kelas	Kriteria Sub Kelas
a.	Kelas keselamatan (<i>safety class</i>)	1)	Kelas A: Peralatan/komponen yang apabila digunakan/dioperasikan akan berhubungan/berpengaruh secara langsung terhadap keselamatan;
2)		Kelas B: Peralatan/komponen yang apabila digunakan/dioperasikan akan berhubungan/berpengaruh secara tak langsung terhadap keselamatan;	
3)		Kelas C: Peralatan/komponen yang apabila digunakan/dioperasikan tidak berhubungan/berpengaruh terhadap keselamatan;	
b.	Kelas kualitas (<i>quality class</i>)	:	Pengklasifikasian peralatan/komponen atas kualitas didasarkan pada akurasi/toleransi yang diberikan oleh pabrik/manufaktur pembuatnya. Kelas kualitas peralatan/komponen yang berlaku untuk RSG-GAS adalah:
1)		Kelas 1.	

No.	Kategori	No. sub kelas	Kriteria Sub Kelas
			Peralatan/komponen dengan toleransi 0 s/d 5%
		2)	Kelas 2. Peralatan/komponen dengan toleransi 5 s/d 10%
		3)	Kelas 3. Peralatan/komponen dengan toleransi >10%
c.	Kelas seismik (<i>seismic class</i>)	:	Klasifikasi peralatan/komponen didasarkan atas kemampuan peralatan/komponen beroperasi secara normal bila terjadi getaran gempa. Klasifikasi terdiri atas:
		1)	Kelas E1. Peralatan/komponen yang mampu beroperasi secara normal walaupun terjadi getaran gempa s/d 0,2 g;
		2)	Kelas E2. Peralatan/komponen yang dirancang tidak dapat dioperasikan bila terjadi getaran gempa.

Tabel 4. Klasifikasi SSK Kritis Utama terkait keselamatan RSG-GAS

No.	Nama Komponen Utama, KKS	Kelas Keselamatan		
		A	B	C
1.	Sistem pendingin primer/ <i>Primary cooling system</i> , JE01		√	
2.	Sistem pendingin sekunder/ <i>Secondary cooling system</i> , PA01/02/03			√
3.	Sistem lapisan air hangat/ <i>Warm layer system</i> , KBE02		√	
4.	Sistem pemurnian pendingin primer/ <i>Primary purification system</i> , KBE01		√	
5.	Sistem pemurnian kolam penyimpanan bahan bakar/ <i>Fuel storage pool purification system</i> , FAK01		√	
6.	Sistem pencuci resin/ <i>Resin flushing system</i> , KBK01		√	
7.	Sistem pendingin kolam/ <i>Pool cooling systems</i> , JNA10/20/30	√		
8.	Sistem reaktor/ <i>Reactor system</i> , JA	√		
9.	Lifts, SN			√

No.	Nama Komponen Utama, KKS	Kelas Keselamatan		
		A	B	C
10.	Sistem ventilasi zona radiasi menengah/ <i>Ventilation systems intermediate radiation zone</i> , KLA	√		√
11.	Instalasi pendingin Gedung reaktor/ <i>Chilled water plant reactor building</i> , QKJ		√	√
12.	Suplai daya listrik/ <i>Electrical power supply</i> , B	√	√	√
13.	Titik pengukuran sistem proses/ <i>Measuring point of the process systems</i>	√	√	√
14.	Kabinet instrumentasi dan kendali/ <i>Instrumentation and control cabinets</i>	√		√
15.	Panel Instrumentasi dan kendali/ <i>Instrumentation and control boards</i>	√		√

Penapisan SSK kritis/keselamatan RSG-GAS telah dikelompokkan pada letak dan jenis komponen dan kemudian dipilah dalam kelompok kualitas. Untuk komponen yang terkait langsung dengan keselamatan, maka masuk dalam kategori keselamatan kelas A. Sebagai contoh *electrical power supply*, pada umumnya masuk dalam kategori keselamatan C, akan tetapi yang terkait/bertanggung jawab untuk menyuplai daya pada saat terjadi kondisi darurat, maka harus dirancang untuk masuk dalam kategori A. **Klasifikasi berbasis *asset life cycle* dan *asset management***

Seperti telah dijelaskan di atas klasifikasi komponen reaktor di Indonesia diatur oleh BAPETEN, yang diturunkan dari safety guide IAEA. Pengklasifikasian peralatan/komponen di dalam instalasi RSG-GAS dibagi atas 3 kategori, yaitu: kelas keselamatan (*safety class*), kelas kualitas

(*quality class*), dan kelas seismik (*seismic class*). Sementara itu klasifikasi SSK berbasis *asset life cycle* dan *asset management* harus diperhitungkan pula. *Asset life cycle* mencakup proses perencanaan, pengoperasian, perawatan hingga tahapan dekomisioning. Sementara itu *asset management* diperlukan untuk menjamin suatu instalasi dapat beroperasi secara ekonomis, sesuai atau bahkan melebihi umur ekspektasinya [19-21]. Manajemen penuaan RSG-GAS dilaksanakan berdasarkan pada pendekatan bertingkat sesuai dengan kompleksitas sistem, fungsi dan operasi.

Hasil Penilaian Perawatan, surveilan dan Refurbishment SSK RSG-GAS

Manajemen penuaan RSG-GAS dilaksanakan berdasarkan pada pendekatan bertingkat sesuai dengan kompleksitas sistem, fungsi dan operasi. Strategi manajemen penuaan ditujukan untuk

menjamin integritas dan kemampuan SSK yang diperlukan melalui penerapan proses manajemen penuaan sistemik, termasuk deteksi dan penghambat proses degradasi SSK. Identifikasi potensi kelemahan akibat ketidakterediaan informasi dilakukan untukantisipasi ketidakmampuan dalam memahami dan memperkirakan penuaan pada saat desain dan konstruksi; dan penuaan dini.

Kondisi SSK tertapis dipantau sejak dioperasikan dengan cara merekam parameter operasi secara berkala, konsisten dan kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dan dinilai. Perubahan parameter terekam seperti: suhu, tekanan, laju pendingin, waktu jatuh batang kendali, kualitas pendingin. Monitoring kondisi (*condition monitoring*) SSK dilakukan mengikuti buku petunjuk dari pemasok. Pemantauan kondisi SSK dilakukan secara harian, mingguan, ataupun bulanan berdasarkan rekomendasi dari *vendor* (pemasok peralatan/SSK). Pada SSK RSG-GAS, perubahan parameter yang direkam adalah: paparan radiasi, suhu, tekanan, laju alir pendingin, waktu jatuh batang kendali, dan kualitas pendingin.

Untuk mempertahankan kualifikasi peralatan telah dilakukan perawatan rutin dan non rutin yang yang tercatat di dalam *data base* laporan operasi dan Perawatan RSG-GAS, selain itu kondisi lingkungan yang diperlukan untuk mempertahankan

kualifikasi komponen juga dilakukan. Dari hasil rekaman perawatan dan penggantian komponen kritis belum terdapat penggantian. Hasil evaluasi terhadap efektivitas kualifikasi peralatan/komponen berdasarkan perawatan dan survailan yang dilakukan bahwa kualifikasi yang telah dilakukan sejak tahap *installing* hingga tahap pengoperasian saat ini, menunjukkan bahwa klasifikasi SSK dan komponen-komponennya masih memenuhi persyaratan kualifikasi. Berbagai program terhadap survailan, perawatan, perbaikan dan penggantian komponen reaktor dilakukan sepanjang waktu, sesuai jadwal yang ditetapkan, ataupun yang tidak terjadual, yang terekam pada *data base* perawatan dan perbaikan komponen RSG GAS. Dari data base tersebut terlihat bahwa hasil pengujian pada komponen kritis tipe A yang merupakan komponen krusial (tebal dinding kolam reaktor) tidak mengalami penipisan, pemantauan terhadap kualitas air pendingin primer sebagai suasana lingkungan untuk menjaga komponen internal reaktor dari korosi terpenuhi. Refurbishmen terhadap Menara pendingin dilakukan sesuai dengan umur komponen, dimana klasifikasinya dimasukkan ke dalam kelompok SSK yang mudah diganti. Indikasi penggantian ditunjukkan dengan meningkatnya temperatur *inlet* ke teras reaktor.

Hasil pemantauan pada laporan operasi teras ke 97 pada periode operasi 8 Agustus 2018 – 14 Februari 2019 [22],

menunjukkan bahwa batas operasi komponen sebagai syarat operasi reaktor terpenuhi. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi SSK sesuai dengan kualifikasi komponen dan manajemen penuaan terpenuhi.

KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi ulang penapisan SSK RSG-GAS secara keseluruhan sesuai dengan Perka BAPETEN no 2/2015 mengenai verifikasi dan penilaian keselamatan reaktor non daya, yang dilakukan secara berkala sesuai peraturan tersebut setiap 10 tahun. Hasil analisis terhadap kesesuaian klasifikasi SSK RSG-GAS terhadap Perka BAPETEN No. 8/tahun 2008 tentang ketentuan keselamatan manajemen penuaan reaktor nondaya, IAEA SSR3 mengenai keselamatan reaktor riset, serta hasil rekam data operasi sistem RSG-GAS pada kondisi terkini dapat disimpulkan bahwa kualifikasi SSK tersebut masih sesuai dengan persyaratan manajemen penuaan sehingga memberikan keyakinan terhadap kelangsungan operasi RSG-GAS yang aman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada personil PRSG yang telah intens dalam berdiskusi dalam penyusunan evaluasi penilaian keselamatan berkala tersebut dan manajemen PTKRN yang telah mendukung program penilaian keselamatan berkala ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN *Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS*, Rev 10. Jakarta;2011.
2. BAPETEN Keselamatan Dalam Utilisasi Dan Modifikasi Reaktor Nondaya, Perka BAPETEN, Nomor 5 Tahun 2012, Jakarta, 2012.
3. BAPETEN Ketentuan Keselamatan Manajemen Penuaan Reaktor Nondaya, Perka BAPETEN, Nomor 8 Tahun 2008, Jakarta;2008
4. BAPETEN Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Nondaya. Nomor 2 Tahun 2011, Jakarta; 2011.
5. BAPETEN Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir .Peraturan Pemerintah RI No. 54 Tahun 2012. Jakarta; 2012
6. TAE-RYONG KIM, Safety Classification of Systems, Structures, and Components for Pool-Type Research Reactors. Nucl Eng and Tech. 2016. 48 : 1015-1021
7. KYUNG JUN KANG, SANG IK WU, JUHYEON YOON. Introduction To South Africa's Safety Classification, Transactions Of The Korean Nuclear Society Autumn Meeting, Korea Atomic Energy Research Institute Gyeongju, Korea, October 25-26, 2012
8. ENDIAH PUJI HASTUTI, SUDADIYO, SYAIFUL BAKHRI,

- Study Of Structure Systems And Components Classification Of The Indonesia Experimental Power Reaktor Based On Life Cycle Management, Presented on SENTEN 2018 Conference, Palembang, 4-5 July 2018.
9. BAPETEN Verifikasi Dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya. Perka BAPETEN Nomor 2 Tahun 2015. Jakarta; 2015.
 10. BAPETEN Manajemen Penuaan Instalasi Nuklir Nonreaktor, Perka BAPETEN, Nomor 7 Tahun 2012, Jakarta, 2012
 11. BAPETEN Verifikasi Dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya, Perka BAPETEN, Nomor 2 Tahun 2015, Jakarta, 2015
 12. BAPETEN Ketentuan Perawatan Reaktor Non Daya. Perka BAPETEN No. 5/2011. Jakarta;2011.
 13. IAEA Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide No. SSG-30. Vienna, Austria:International Atomic Energy Agency; 2014.
 14. BAPETEN Ketentuan Perawatan Reaktor Nondaya, Perka BAPETEN, Nomor 5 Tahun 2011, Jakarta, 2011.
 15. IAEA Ageing Management for Nuclear Power Plants. Safety Guide No. NS-G-1.2. Vienna, Austria:International Atomic Energy Agency; 2001.
 16. IAEA Safety Reassessment for Nuclear Fuel Cycle Facilities in Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant.Safety Report Series No. 90. Vienna, Austria:International Atomic Energy Agency; 2016.
 17. IAEA Safety of Research Reaktor. Specific Safety Requirements No. SSR-3. Vienna, Austria:International Atomic Energy Agency; 2016.
 18. IAEA Safety of Research Reaktors. Safety Requirements. Safety Standards. No. NS-R-4. Vienna, Austria:International Atomic Energy Agency; 2005.
 19. NICHOLAS A.J. HASTING. Physical Asset Management. Springer-Verlag London; 2010.
 20. THE INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT, Asset Management-an Anatomy. V. 1.1, February; 2012.
 21. BALDEV RAJ, P. CHELLAPANDI AND U. KAMACHI MUDALI, Life Cycle Management of Structural Components of Indian Nuclear Reaktors and Reprocessing Plants, Procedia CIRP 38 (2015) 8 – 13
 22. PRSG-BATAN, Laporan Operasi Reaktor RSG-GAS Teras 97 Periode 18 Agustus 2018 – 14 Februari 2019,

No. Ident.: RSG.OR.02.04.44.19, ,
Serpong, Tangsel, Maret 2019.