

## **PENGEMBANGAN METODA EVALUASI PERAWATAN KOMPONEN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL GEDUNG RSG-GAS**

Teguh Sulisty, Kiswanto, Yayan A, Yuyut S

### **ABSTRAK**

**PENGEMBANGAN METODA EVALUASI PERAWATAN KOMPONEN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL GEDUNG RSG-GAS.** Telah dilakukan penyusunan metoda untuk mengevaluasi perawatan sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS yang meliputi komponen Finial, Hantaran Penyalur dan Sistem Pentanahan (elektroda pentanahan). Metoda yang digunakan yaitu melakukan identifikasi komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS, menentukan pemicu kerusakan atau penuaan dini (aging) dan penyebab penurunan fisik mekanik, menyusun secara rinci mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi, melakukan pemeriksaan atau inspeksi sesuai dengan metoda yang dapat diterapkan, dan melakukan analisis kemampuan dari komponen-komponen yang dievaluasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa diagram alir metoda evaluasi perawatan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS yang mengacu pada prosedur perawatan yang berlaku di sistem kelistrikan RSG-GAS, yang siap untuk dilaksanakan.

### **ABSTRACT**

**DEVELOPING OF METHOD TO EVALUATE TREATMENT OF COMPONENT SYSTEM LIGHTNING ROD OF EXTERNAL BUILDING of RSG-GAS.** Have been making of method to evaluate treatment of system lightning rod of building external of RSG-GAS covering component of Finial, Passing Dealer and System Land; Ground (ground electrode). Used method that is identifying system components lightning rod of building external of RSG-GAS, determining cause of or damage of damage early (aging) and cause of degradation of mechanic physical, compiling in detail failure mechanism which possible happened, inspection or inspection as according to method able to be applied, and analyze ability of evaluated components. Result of which is obtained from this research in the form of diagram emit a stream of method evaluate treatment of system components lightning rod of building external of RSG-GAS which relate at treatment procedure going into effect in electric system of RSG-GAS, readily be achieved.

## PENDAHULUAN

Secara umum instalasi sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS didesain untuk beroperasi sesuai dengan umur rancangannya. Namun kadang-kadang perkiraan umur rancangan yang telah ditentukan tidak dapat dicapai, karena beberapa komponen utama sistem penangkal petir mengalami kegagalan atau malfungsi sebagai akibat kerusakan atau penuaan dini (*ageing*) dari komponen-komponen tersebut sebelum mencapai umur yang direncanakan.

Untuk menghindari terjadinya gangguan pengoperasian reaktor sebagai akibat tidak berfungsinya komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSGGAS, perlu dilakukan evaluasi perawatan terhadap komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS tersebut.

Untuk memudahkan pelaksanaan evaluasi perawatan terhadap komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS tersebut telah disusun "Metoda Evaluasi Perawatan Komponen-komponen Sistem Penangkal Petir Eksternal gedung RSG-GAS". Metoda ini meliputi pelaksanaan identifikasi, penentuan pemicu kerusakan atau penuaan, penyusunan mekanisme kerusakan atau penuaan yang mungkin terjadi, pelaksanaan inspeksi dan kegiatan analisis kemampuan komponen sistem penangkal petir eksternal tersebut. Metoda ini didasarkan pada pengalaman penulis selama mengikuti *National TC on Ageing Management of Reactor Research*, yang diselenggarakan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional bekerja sama dengan IAEA dan pengetahuan yang diperoleh selama menyelesaikan pendidikan Magister Teknik (S2) di Universitas Indonesia dengan judul Tesis Perhitungan Distribusi Arus Sambaran Petir Pada Sistem Penangkal Petir Eksternal Gedung RSG-GAS. Berdasarkan pengalaman penulis selama mengikuti pelatihan tersebut, pelaksanaan analisis penuaan masih merupakan kendala karena kurangnya pemahaman akan fungsi dan cara pelaksanaannya. Untuk mengatasi kendala tersebut disusun suatu metoda evaluasi perawatan sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS yang memenuhi standar kode VDE, dan PUIL Tahun 2000.

Dengan memahami metoda evaluasi perawatan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS ini diharapkan tindakan perawatan dan pencegahan kerusakan atau penuaan pada komponen-komponen utama sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS dan resiko bahaya akibat kerusakan atau penuaan komponen utama tersebut di RSG-GAS dapat dilaksanakan dan dipahami secara baik.

## TEORI

Seiring dengan waktu, semua komponen utama sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS setelah dioperasikan, secara alamiah akan mengalami penuaan dan degradasi fungsi yang kemudian menurunkan tingkat keandalan komponen, sistem dan strukturnya. Komponen-komponen utama sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS meliputi Terminal Udara (*Finial*), Hantaran Penyalur (*down conductor*) dan Sistem Pentanahan (elektroda pentanahan) akan mengalami hal yang sama. Komponen *Finial* dan Hantaran Penyalur menggunakan bahan baja galvanis jenis *hot galvanized round bar iron* diameter 10 mm, sedangkan elektroda pentanahan menggunakan bahan tembaga pilin diameter 10 mm. Komponen utama *Finial* berada pada atap gedung RSG-GAS, Hantaran Penyalur berada pada sisi-sisi luar gedung RSG-GAS dan Elektroda Pentanahan berada pada bagian bawah gedung RSG-GAS tertanam ke bumi sedalam 1,5 m dari permukaan bumi.

Berdasarkan kondisi lingkungan dan penempatan komponen-komponen tersebut maka dapat diperkirakan kemungkinan kerusakan dan penuaan yang terjadi pada komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS tersebut disebabkan antara lain karena :<sup>[1]</sup>

1. Umur pemakaian yang sudah tercapai
2. Penggunaan secara paksa
3. Perubahan sifat mekanis
4. Kondisi lingkungan yang agresif

Parameter utama yang diperlukan untuk metoda evaluasi ini adalah keadaan akhir dari komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS berupa tebal (*t*) dan angka kekerasan Brinell (*BHN = Brinell Hardness Number*). Untuk mengetahui ketebalan dan kekerasan terkini dari material komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS tersebut hanya dapat ditentukan dengan cara melakukan identifikasi dan inspeksi atau pengukuran langsung di lapangan. Sedangkan untuk mengetahui layak tidaknya komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS ini dioperasikan, perlu dilakukan analisis dengan cara membandingkan data aktual hasil pengukuran tebal (*t*) dengan tebal minimum yang diijinkan yang diperoleh dari persamaan tegangan yang dihasilkan oleh tekanan, berat dan beban lain dalam desain. Persamaan yang dipergunakan yaitu :<sup>[2]</sup>

$$S_L = \left( \frac{P.D_o}{4.t} \right) + \frac{0,75.M_A}{Z} \leq S_h \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$S_L$  = tegangan oleh beban yang didukung (lbs-inch)

$P$  = tekanan dalam pelayanan (psi) biasanya diambil 10 % lebih besar dari tekanan operasi sebenarnya

$D_o$  = diameter luar baja galvanis (inch)

$t$  = tebal

$S_h$  = tegangan ijin maksimum (psi), didasarkan pada perkiraan suhu maksimum (50,2°C)

$Z$  = modulus section dad pipa (inch<sup>3</sup>)

$M_A$  = penjumlahan momen pembebanan pada penampang (inch-lb)

Sedangkan untuk menghitung kekuatan tarik, regangan dan kontraksi menggunakan persamaan :<sup>[3]</sup>

$$\sigma_u = \frac{F_{maks}}{A_o} \dots\dots\dots(2)$$

$$e = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\phi = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

$\sigma_u$  = kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$e$  = regangan (%)

$\phi$  = kontraksi (%)

$l_o$  = panjang mula (mm)

$l_f$  = panjang setelah patah (mm)

$F_{maks}$  = beban maksimum (Newton)

$A_o$  = luas penampang mula (mm<sup>2</sup>)

$A_f$  = luas penampang setelah patah (mm<sup>2</sup>)

Data lain yang masih diperlukan dari komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS adalah kekerasan (BHN) dari material pembentuk yang akan dievaluasi, yang ditentukan dengan cara melakukan pengukuran langsung di lapangan. Hasil pengukuran

digunakan untuk menentukan besarnya tegangan patah (*ultimate tensile strength*) dari material komponen sistem penangkal petir eksternal dengan menggunakan persamaan 5 dan 6.<sup>[3]</sup>

Untuk baja karbon menggunakan persamaan :

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

Sedangkan untuk baja paduan menggunakan persamaan :

$$UTS = 0,34 \text{ BHN (kg/mm}^2\text{)} = 472 \text{ BHN (psi)} \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

UTS = *Ultimate Tensile Strength*

BHN = Brinell Hardness Number (angka kekerasan Brinell)

Sedangkan untuk menentukan besaran tegangan ijin maksimum  $\bar{\sigma}$  yang diperbolehkan, dilakukan dengan cara membagi UTS dengan suatu faktor yang disebut faktor penggandaan (k), dimana k = 1,8 untuk pelayanan tingkat B (*service level B*) sedangkan untuk pelayanan tingkat C (*service level C*) k = 2,25<sup>[1]</sup>

Pada dasarnya apabila tebal bahan baja galvanik jenis *hot galvanized round bar iron* dari hasil pengukuran yang dilakukan lebih besar atau sama dengan tebal hasil perhitungan disain, maka komponen tersebut dinyatakan aman. Demikian pula halnya dengan tegangan yang terjadi, apabila tegangan ijin maksimum yang diperbolehkan lebih besar atau sama dengan tegangan yang timbul maka komponen tersebut dinyatakan aman dalam pengoperasiannya. Sebaliknya apabila tebal bahan baja galvanis jenis *hot galvanized round bar iron* dari hasil pengukuran yang dilakukan lebih kecil dari tebal hasil perhitungan disain, maka komponen tersebut dinyatakan tidak layak digunakan, demikian pula halnya dengan tegangan yang terjadi, apabila tegangan ijin maksimum yang diperbolehkan lebih kecil dari tegangan yang timbul maka komponen tersebut dinyatakan tidak aman dalam pengoperasiannya.

#### **METODA PELAKSANAAN**

Untuk melaksanakan metoda evaluasi perawatan pada komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS ini dilakukan dengan tahapan yaitu:<sup>[1]</sup>

1. Identifikasi komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS
2. Menentukan pemicu kerusakan atau penuaan dan penyebab penurunan sifat mekanik
3. Menyusun secara rinci mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi
4. Melakukan pemeriksaan atau inspeksi sesuai dengan metoda yang dapat diterapkan

5. Melakukan analisis kemampuan dari komponen-komponen yang dievaluasi

**1. Identifikasi komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS**

Kegiatan awal yang perlu dilakukan dalam melaksanakan metoda evaluasi perawatan ini adalah menentukan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS untuk dievaluasi kerusakannya. Identifikasi kerusakan atau penuaan ini didasarkan pada keterkaitan komponen tersebut terhadap keselamatan, kemudahan penggantian dan urutan prioritas. Dengan melakukan kegiatan identifikasi ini diharapkan proses metoda evaluasi perawatan dapat mewakili seluruh komponen sistem penangkal petir eksternal yang akan dievaluasi dan dapat menghasilkan data yang mendekati keadaan sesungguhnya.

**2. Menentukan pemicu kerusakan atau penuaan dan penyebab penurunan sifat mekanik**

Hasil dari kegiatan identifikasi yang dilakukan berdasarkan fungsi dan kondisi lokasi setiap komponen, maka pemicu kerusakan atau penuaan pada setiap komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS dapat ditentukan.

Pemicu kerusakan atau penuaan ini dapat terjadi secara sendiri-sendiri atau bersama-sama untuk menghasilkan suatu mekanisme kerusakan atau penuaan yang dapat mengakibatkan jenis kerusakan atau penuaan tertentu. Hasil identifikasi penyebab pemicu kerusakan atau penuaan pada komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS berdasarkan fungsi dan kondisi lokasi setiap komponen seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil identifikasi penyebab pemicu kerusakan atau penuaan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS

No	Jenis Pemicu	Komponen		
		Finial	Hantaran penyalur	Elektroda pentanahan
1	Perubahan suhu	✓✓✓	✓✓✓	✓✓
2	Tekanan	✓✓✓	✓✓	✓
3	Cycling	✓✓	✓	✓
4	Korosi	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
5	Kimia	✓	✓	✓✓✓
6	Erosi	✓✓	✓✓	✓✓✓
7	Desian, operasi dan	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
8	Faktor manusia	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
9	Pabrikasi	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Keterangan :

- ✓✓✓ = tinggi
- ✓✓ = sedang
- ✓ = rendah

Berdasarkan Tabel 1, tampak bahwa berdasarkan fungsi dan kondisi lokasi setiap komponen, maka penyebab pemicu kerusakan atau penuaan pada komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS memiliki tingkatan yang berbeda-beda satu dengan lainnya, hal ini bergantung pada kondisi lingkungan dan letak komponen-komponen tersebut. Jenis penyebab pemicu kerusakan atau penuaan yang dominan terjadi pada komponen-komponen tersebut antara lain korosi, disian, operasi dan perawatan, faktor manusia dan pabrikasi. Jenis-jenis penyebab pemicu kerusakan atau penuaan ini memiliki potensi yang cukup tinggi untuk menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen utama sistem penangkal petir eksternal RSG-GAS dibandingkan dengan jenis-jenis pemicu lainnya.

### 3. Menyusun secara rinci mekanisme kerusakan atau penuaan yang mungkin terjadi

Setelah penyusunan mekanisme kerusakan atau penuaan yang terjadi dilakukan, maka prediksi kemungkinan terjadinya suatu kerusakan atau penuaan pada suatu komponen sistem penangkal petir eksternal dapat dilakukan.

Jenis kerusakan atau penuaan yang mungkin terjadi pada suatu komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS seperti ditunjukkan pada Tabel 2.<sup>[4]</sup>

Tabel 2. Mekanisme kerusakan atau penuaan

No	Jenis Kerusakan	Komponen		
		Finial	Hantaran penyalur	Elektroda pentanahan
1	Kegetasan	✓	✓	✓
2	Aus	✓	✓	✓
3	Kelelahan	✓✓	✓✓	✓
4	Penipisan	✓✓	✓✓	✓✓
5	Retak	✓	✓	✓
6	Patah	✓✓✓	✓✓✓	✓✓
7	Lengket	✓✓✓	✓✓✓	✓✓
8	Rusak	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
9	Kuno	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
10	Kelebihan beban	✓✓	✓✓	✓
11	Umur pemakaian	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Keterangan :

- ✓✓✓ = tinggi
- ✓✓ = sedang
- ✓ = rendah

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa mekanisme kerusakan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS terdiri dari 11 jenis yang masing-masing memiliki tingkatan yang berbeda-beda satu dengan lainnya, hal ini bergantung pada kondisi lingkungan dan letak komponen-komponen tersebut. Jenis kerusakan atau penuaan yang dominan terjadi pada komponen-komponen tersebut antara lain rusak, kuno dan umur pemakaian. Jenis-jenis kerusakan ini memiliki potensi yang cukup tinggi untuk menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen utama sistem penangkal petir eksternal RSG-GAS dibandingkan dengan jenis-jenis kerusakan lainnya.

#### 4. Melakukan pemeriksaan atau inspeksi sesuai dengan metoda yang dapat diterapkan

Kerusakaan atau penuaan pada umumnya terjadi sebagai akibat umur pemakaian yang relatif lama, dengan beraneka ragam kondisi operasi yang dapat mengakibatkan perubahan struktur mikro dari logam pembentuk komponen tersebut dan degradasi sifat mekanik, misalnya penurunan nilai kekerasan, penurunan kekuatan, kegetasan dan lain sebagainya.

Untuk dapat melakukan evaluasi kerusakan atau penuaan yang terjadi pada komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS perlu dilakukan pemeriksaan (inspeksi). Inspeksi yang dilakukan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data terakhir dari komponen mekanik tersebut. Inspeksi yang dilakukan dapat berupa uji merusak (DT = *Destructing Test*) maupun uji tak merusak (NDT = *Non Destructing Test*). Uji

merusak yang umum dilakukan adalah uji kekerasan, uji tarik, uji *creep*, uji tumbukan (*impact test*), sedangkan uji tak merusak yang umum dilakukan adalah *visual check*, *depenetration test*, *X-ray*, *ultrasonic test* dan *Eddy current*. Seluruh kegiatan pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data akhir dari setiap material komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS yang akan dievaluasi.

#### **5. Melakukan analisis kemampuan dari komponen-komponen yang dievaluasi**

Hasil yang diperoleh dari kegiatan inspeksi, baik berupa ketebalan ( $t$ ), maupun kekerasan, digunakan sebagai data masukan untuk melakukan evaluasi dari kemampuan komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS, dimana data-data ini akan dievaluasi dengan menggunakan persamaan (1), (2) dan (5). Dengan membandingkan data-data hasil pengukuran dan data-data hasil perhitungan desain, maka keadaan komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS dapat ditentukan.

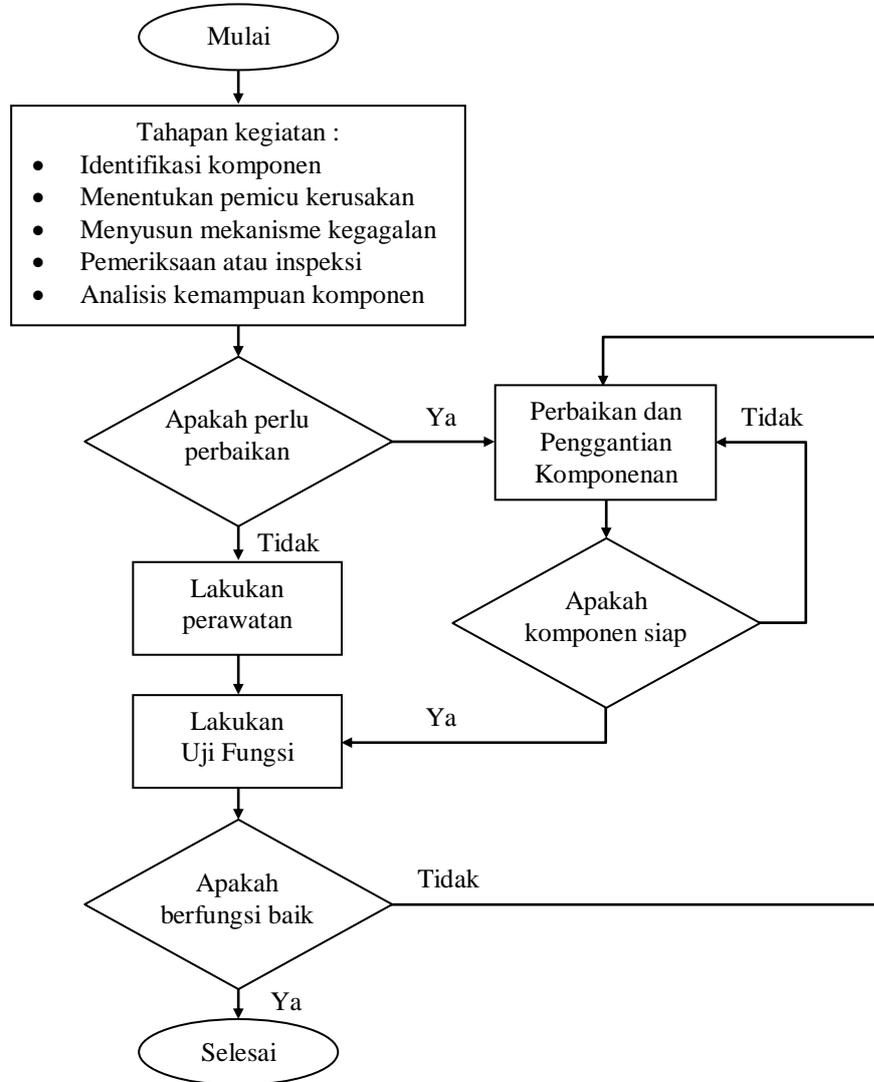
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari uraian-uraian yang dikemukakan di atas telah berhasil disusun suatu metoda evaluasi perawatan sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS yang meliputi identifikasi komponen, pemicu kerusakan atau penuaan, mekanisme kegagalan, inspeksi dan analisis. Sedangkan ukuran ketebalan baja galvanis jenis *hot galvanized round bar iron*, dan tembaga bentuk pilin dapat ditentukan dengan cara melakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat pengukur ketebalan ultrasonic dan alat pengukur kekerasan Equotip.

Sedangkan dari hasil pengukuran yang diperoleh, dilakukan analisis data dan informasi sehingga diperoleh data dan informasi aktual dengan mengambil data terkecil. Hal ini dimaksudkan agar hasil evaluasi data dan informasi yang dilakukan menghasilkan kondisi minimum yang dimiliki komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal pada saat pengukuran dilakukan. Data aktual yang diperoleh dibandingkan dengan data desain yang diperoleh dari hasil perhitungan desain, sehingga komponen sistem penangkal petir eksternal yang dievaluasi dapat diketahui kelayakannya. Jika data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan data dan informasi yang diperoleh dari perhitungan desain, maka komponen tersebut dapat dinyatakan aman dalam pengoperasiannya. Sedangkan jika diperoleh data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lebih kecil dari data dan informasi aktual yang diperoleh dari hasil perhitungan desain, maka komponen

tersebut dapat dinyatakan tidak aman dalam pengoperasiannya. Sehingga perlu dilakukan tindak lanjut berupa perawatan atau pergantian komponen.

Bentuk diagram alur metoda evaluasi perawatan sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**KESIMPULAN**  
 Gambar 1. Diagram alir metoda evaluasi perawatan sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS.  
 Dari uraian-uraian yang dikemukakan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Komponen-komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS akan mengalami kerusakan atau penuaan sesuai dengan umur pemakaiannya yang sudah

tercapai, penggunaan paksa dan sebagai akibat perubahan sifat kondisi lingkungan yang agresif

2. Evaluasi kerusakan atau penuaan dilakukan dengan cara melakukan inspeksi, evaluasi data dan informasi
3. Layak tidaknya komponen sistem penangkal petir eksternal gedung RSG-GAS dilakukan dengan cara membandingkan data dan informasi aktual hasil inspeksi dengan data perhitungan desain

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] PAUL STARTHERS, Methodology for Management of Ageing Reactor Mechanical Component, ANSTO, Australia
- [2] Anonymous, ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III, Subsection NC and 2ND Edition, 1980
- [3] AARON D. DEUTSCI-IMAN, WALTER J. MICHELS, CHARLES E. WILSON, Machine Design, Theory and Practice, Macmillan Publishing Co. Inc, New York, 1975
- [4] SYAHRIL and ANTONIUS SITOMPUL, Material and Corrosion in Nuclear Reactor, Bahan Kuliah National Training Course in Water Chemistry of Nuclear Reactor System, P2TKN-BATAN. 2004
- [5] DJARUDDIN HASIBUAN dan ELISABETH RATNAWATI, Metoda Evaluasi Penuaan Komponen Mekanik Utama Reaktor Riset, REAKTOR Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, Volume II. No. 2, Oktober 2005