

KAJIAN SISTEM PEMANTAU LAJU DOSIS GAMMA RUANG KENDALI UTAMA RSG-GAS

Unggul Hartoyo, Anto Setiawanto, Yulius Sumarno, Subiharto
Pusat Reaktor Serba Guna - BATAN

ABSTRAK

KAJIAN UNJUK KERJA SISTEM PEMANTAU LAJU DOSIS GAMMA RUANG KENDALI UTAMA (RKU) RSG-GAS. Sistem pemantau laju dosis gamma RKU telah beroperasi selama 25 tahun lebih dan tidak pernah dimatikan. Hasil pengukuran ditampilkan di RKU dan terekam dalam rekorder. Pada periode tiga tahunan terakhir hasil pengukuran mengalami kenaikan pengukuran, sedangkan sumber radiasi yang berasal dari reaktor tidak mengalami peningkatan, oleh karena itu perlu dilakukan kajian terhadap unjuk kerja sistem. Kajian unjuk kerja sistem pemantau laju dosis gamma dilakukan dengan cara pengujian dan simulasi pada modul-modul pengolah pulsa menggunakan sumber pembangkit arus, sebagai pengganti pulsa dari detektor dan pengujian menggunakan sumber radiasi standar Cs-137. Hasil pengujian diperoleh bahwa pada modul-modul pengolah pulsa masih berfungsi dengan baik dan tidak terjadi penyimpangan. Pengujian menggunakan sumber radiasi standar terjadi penyimpangan yang cukup signifikan dengan nilai penyimpangan 54,8 %. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja sistem pemantau gamma di RKU telah mengalami penurunan unjuk kerja sehingga hasil pengukuran sudah tidak akurat dan detektor dengan jenis KG 151 SBL perlu dilakukan penggantian.

Kata kunci : laju dosis, gamma, detektor.

ABSTRACT

STUDY PERFORMANCE MONITORING SYSTEM OF GAMMA DOSE RATE CONTROL ROOM KEY (RKU) RSG-GAS. Gamma dose rate monitoring system RKU has been operating for 25 years and never turned off. The measurement results shown in RKU and recorded in the recorder. In the last three-year period increased measurement results of measurement, while the source of the radiation emanating from the reactor is not increased, therefore it is necessary to study on the performance of the system. Study of the performance of the gamma dose rate monitoring system is done by testing and simulating the pulse processing modules using current generation sources, in lieu of a pulse from the detector and testing using standard radiation sources Cs-137. The test results showed that the pulse processing modules still functioning well and no irregularities. Testing using standard radiation sources are significant deviations in the value of deviation of 54.8%. From these results it can be concluded that the gamma monitors system performance in RKU have decreased performance so that the measurement is not accurate and the detector with the type KG 151 SBL need replacement.

Keywords : Gamma dose rate monitoring system

PENDAHULUAN

Untuk mendukung salah satu program proteksi radiasi di RSG-GAS adalah dengan membatasi penerimaan dosis radiasi bagi pekerja radiasi agar tidak menerima dosis yang berlebih sesuai dengan ketentuan keselamatan kerja terhadap pekerja radiasi maka pengukuran tingkat laju dosis radiasi gamma menjadi peran yang sangat penting dan dilakukan secara terus menerus (*continue*) di setiap ruangan di dalam gedung reaktor yang berpotensi memaparkan laju dosis radiasi gamma dengan tujuan untuk memberikan informasi kepada para pekerja radiasi berapa nilai laju dosis radiasi gamma disetiap ruangan yang terpasang dan untuk memperingatkan sedini mungkin kepada pekerja radiasi jika terjadi paparan radiasi tinggi.

Telah ditempatkan 13 buah sistem pemantau laju dosis radiasi gamma secara permanen pada ruangan daerah kerja di RSG-GAS, sistem pemantau laju dosis radiasi gamma tersebut telah beroperasi secara terus menerus lebih dari 25 tahun sehingga sangat diperlukan uji fungsi terhadap unjuk kerja dari masing-masing detektor untuk menghasilkan nilai pengukuran yang akurat.

Dari 13 buah sistem pemantau laju dosis radiasi gamma terdiri dari : 11 buah alat menggunakan detektor tipe KG 122 RBF dan 2 buah detektor menggunakan tipe KG 151 SBL, Tulisan ini akan menguraikan lebih rinci tentang unjuk kerja detektor sistem pemantau laju dosis radiasi gamma tipe KG 151 SBL yang terpasang di Ruang Kendali Utama (RKU) yaitu UJA09 CR001.

Untuk mengetahui unjuk kerja detektor tipe KG 151 SBL sistem pemantau laju dosis radiasi gamma maka dilakukan:

- uji fungsi terhadap kanal-kanal pengukuran pada sistem tersebut menggunakan sumber pembangkit arus Keithley 6220 sesuai dengan *Maintenance and Report Manual* (MRM). Serta dilakukan kalibrasi dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA14);
- Melakukan pengukuran tegangan tinggi detektor;
- Melakukan uji fungsi dengan menggunakan sumber standar Cs-137 dan mencatat hasil pengukurannya;
- Membandingkan nilai hasil pengukuran dengan nilai hasil perhitungan (*set point*) dari aktivitas awal sumber meliputi : pengukuran kanal-kanal, nilai tegangan tinggi detektor dan pengukuran dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA14)

TEORI

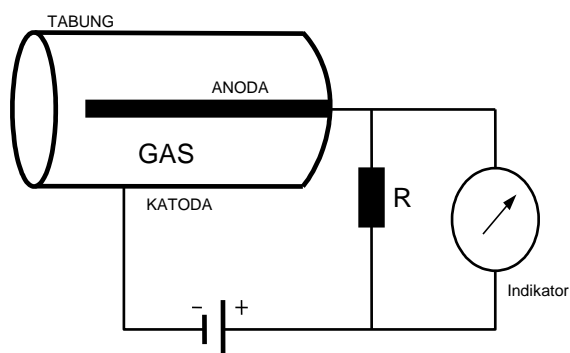
PRINSIP KERJA DETEKTOR PEMANTAU RADIASI DI RSG-GAS

Detektor isian gas

Jenis detektor ini dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Detektor kamar ionisasi
2. Detektor proporsional
3. Detektor geiger muller

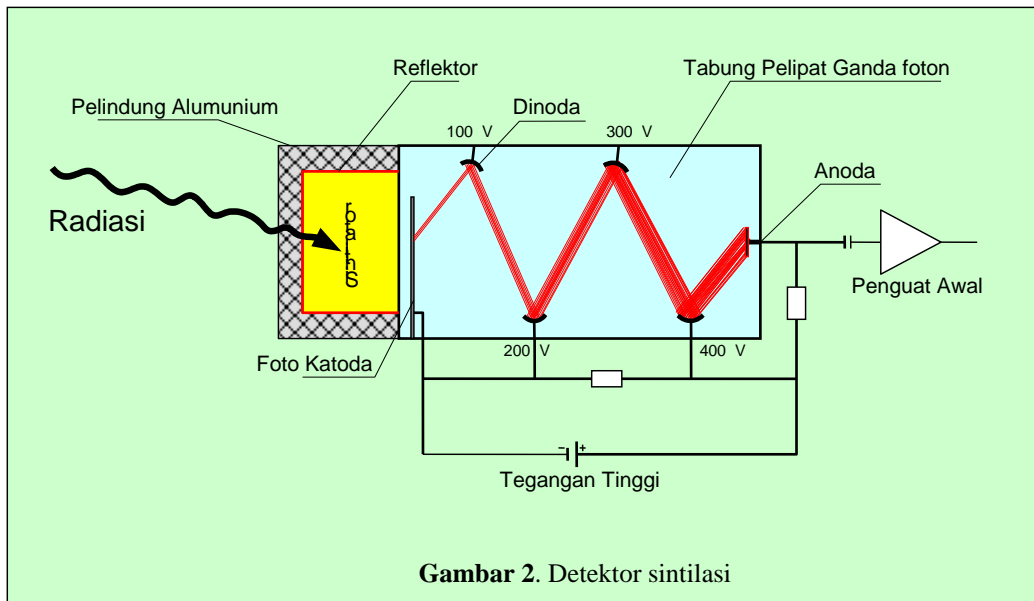
Detektor jenis ini terdiri dari tabung berisi gas dan 2 buah elektroda positif (anoda) yang dihubungkan ke katup listrik positif dan elektroda negatif (katoda) yang dihubungkan katup listrik negatif. Radiasi yang memasuki detektor akan mengionisasi atom-atom gas yang menghasilkan ion positif dan ion negatif (elektron bebas), apabila tidak ada medan listrik diantara katup anoda dan katoda maka elektron akan bergabung kembali dengan ion positif. Jika terdapat medan listrik diantara katup anoda dan katoda maka elektron akan bergerak menuju ke anoda dan ion positif bergerak menuju katoda.



Gambar 1. Detektor isian gas

Detektor sintilasi

Sintilator merupakan suatu bahan (padat, cair atau gas), bila berinteraksi dengan radiasi maka akan menghasilkan percikan cahaya. Mekanisme pembentukan kilatan cahaya: Radiasi yang memasuki detektor akan berinteraksi dengan atom-atom sintilator dengan tiga proses yaitu efek foto listrik, hamburan Compton dan, produksi pasangan sebagai akibatnya akan dihasilkan elektron bebas dengan tenaga tertentu yang akan mengionisasi atau eksitasi atom-atom sintilator dan terbentuklah foton cahaya kilatan. Detektor sintilasi secara umum terdiri dari tiga bagian utama, yaitu sintilator, tabung pelipat foton dan penguat awal pada bagian depan tabung pelipat foton terdapat foto katoda yang peka terhadap cahaya antara foto katoda dan anoda terdapat dinoda yang mempunyai tegangan listrik (medan listrik) yang berbeda semakin dekat dengan anoda tegangan dinoda semakin tinggi sehingga tenaga elektron cahaya selain dilipat gandakan juga dipercepat. Tenaga gerak elektron cahaya yang dihasilkan ditentukan oleh tenaga radiasi yang mengenai detektor dan menentukan tinggi rendahnya pulsa yang dihasilkan detektor. Banyaknya elektron cahaya ditentukan oleh intensitas dari sumber radiasi dan menentukan jumlah pulsa yang dihasilkan detektor, sehingga detektor jenis ini dapat membedakan energi radiasi dan dipergunakan untuk keperluan analisis nuklida



Terdapat 2 buah sistem pemantau laju dosis radiasi gamma yang menggunakan detektor kamar ionisasi dengan tipe KG 151 SBL yang terdapat pada sistem UJA07 CR004 dan UJA09 CR001. Dilihat dari sistem instrumentasinya maka terdiri dari modul logaritmik DC amplifier sebagai penguat arus (TKKV 33.15), modul suplai tegangan tinggi detektor (TKKH 31.51), modul suplai tegangan rendah +15 V dan -15 V (TKKN 16.11), modul pengatur alarm (TKKG 35.15), modul pengubah tegangan menjadi arus (TKKT 31.14) dan indikator penunjuk analog dalam skala logaritmik (TKKA 04).

Setiap alat ukur proteksi radiasi secara periodik harus dilakukan uji fungsi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja pada masing-masing detektor agar menghasilkan ketepatan nilai yang ditampilkan terhadap nilai ukur sebenarnya, uji fungsi dilakukan dengan 2 tahapan yaitu :

1. Menggunakan pembangkit arus (*current generator* Keithley 6220) pada kanal-kanal pengukuran dan pengukuran tegangan tinggi detektor.
2. Menggunakan tes sumber standar Cs-137 (TKA 14), terdapat *rotary switch* berskala 0, 1, 2, 3, 4, yang berfungsi untuk mengatur tingkat paparan radiasi yang dipancarkan, kontainer sumber standar Cs-137 (TKA 14) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sumber standar Cs-137 (TKA 14)

Pelaksanaan uji fungsi di RSG-GAS mengacu pada Petunjuk Perawatan dan Perbaikan (*Maintenance and Repair Manual*) Volume 1 Bab 5.2 tentang Instrumentasi dan Kendali.

Sumber Cs-137 yang digunakan yaitu dibuat pada tanggal 07 Nopember 1985 berdasarkan sertifikat sumber beserta data pengujian (*set point*). Menghitung nilai aktivitas sumber standar Cs-137 saat pengujian dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693 t}{T^{1/2}}}$$

Dengan

A_0 = Aktivitas awal sumber (dalam Curie)

A_t = Aktivitas waktu t (dalam Curie)

t = rentang waktu (dalam tahun)

$T_{1/2}$ = Waktu paroh sumber (dalam tahun)

Maka nilai aktivitas saat pengujian dapat diketahui. Nilai aktivitas yang diperoleh pada saat perawatan ini dibandingkan dengan nilai aktivitas awal sumber yang dinyatakan dalam sertifikat. Hasil perbandingan ini dikalikan dengan nilai paparan radiasi yang dinyatakan dalam sertifikat (*set point*), ditunjukkan pada persamaan (2) sebagai berikut:

$$\frac{A_t}{A_0} \times \text{Set Point sertifikat} = \text{Set Point saat ini}$$

Dengan

A_t = Aktivitas waktu t (dalam Curie)

A_0 = Aktivitas awal sumber (dalam Curie)

Set Point sertifikat (dalam mR/Jam)

Set Point saat ini (dalam mR/Jam)

Nilai paparan radiasi (*set point*) yang diperoleh saat ini adalah nilai paparan radiasi sesungguhnya dari sumber standar pada saat ini dan nilai tersebut digunakan sebagai acuan dalam melakukan uji fungsi terhadap kinerja detektor.

TATA KERJA

Dalam tulisan ini akan dilakukan pengujian dan pengkajian detektor kamar ionisasi tipe KG 151 SBL pada sistem pemantau laju dosis gamma UJA09 CR001

Alat dan bahan yang digunakan yaitu :

- Sumber pembangkit arus (Keithley 6220)
- Sumber standar Cs-137 (TKA14)
- Multi meter
- Kabel rol
- 1 set obeng
- Lori pengangkut sumber standar

Langkah kerja yang dilakukan yaitu :

- Melakukan uji fungsi kanal-kanal pengukuran dengan menggunakan sumber pembangkit arus (Keithley 6220) dengan langkah-langkah sebagai berikut :
Pilih besaran keluaran arus pada pembangkit arus ke kanal-kanal sistem UJA (besarnya keluaran arus sesuai formulir) kemudian lakukan pengukuran tegangan pada modul

TKKV 33.15, pengukuran arus pada modul TKKT 31.14 dengan menggunakan multimeter dan catat penunjukan pada indikator TKKA 04.

Ulangi langkah tersebut di atas disesuaikan dengan keluaran besaran arus sesuai yang terdapat dalam formulir (lihat Tabel 1)

- Melakukan pengukuran tegangan tinggi detektor dengan langkah-langkah sebagai berikut : pengukuran tegangan tinggi detektor dilakukan pada 2 lokasi yaitu pada sistem pemantau (UJA) ditempatkan pada daerah kerja (*on site*) dan pengukuran pada lemari kabinet ruang 1003 dengan menggunakan multimeter kemudian hasil pengukuran dicatat (lihat Tabel 3) dan membandingkan nilai hasil pengukuran dengan nilai hasil perhitungan (*set point*) dari aktivitas awal sumber standar.
- Melakukan uji fungsi dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA14) dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - Menghitung nilai aktivitas sumber standar Cs-137 saat pengujian dengan menggunakan persamaan (1)
 - Menghitung besaran Nilai terhitung pada modul TKKA04 dan *Log-DC Amplifier*
 - Letakkan sumber standar Cs-137 (TKA14) pada detektor sistem yang akan diuji (UJA) dari posisi 0 sampai posisi 4 dan catat hasil pengukuran (lihat Tabel 4)
 - Bandingkan hasil pengukuran menggunakan sumber standar dengan nilai terhitung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama adalah melakukan uji fungsi kanal-kanal pengukuran sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 dengan menggunakan sumber pembangkit arus (Keithley 6220) dapat dilihat pada Tabel 1.

Jika dibandingkan antara nilai perhitungan (*set point*) dengan nilai terukur (*actual point*) maka tidak terjadi nilai penyimpangan yang signifikan, ini berarti secara instrumentasi sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 masih baik

Tabel 1 : Hasil uji fungsi menggunakan sumber pembangkit arus (*current generation*) untuk sistem laju dosis gamma (UJA09 CR001)

| Pembangkit Arus (Amp) | Nilai perhitungan (<i>set point</i>) | | | Nilai terukur (<i>actual point</i>) | | | |
|-----------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | TKKV (V) | TKKA (mR/h) | Amp. isolasi Ia (A) | TKKV (V) | TKKA (mR/h) | Amp. isolasi Ia (A) | Amp. isolasi Ia (A) |
| 2.10E ⁻¹¹ | - 2,63 | 1 | 5,25 | - 2,68 | 1 | 5,17 | 5,15 |
| 2.10E ⁻¹⁰ | - 3,85 | 10 | 7,70 | - 3,77 | 10 ¹ | 7,55 | 7,53 |
| 2.10E ⁻⁹ | - 5,07 | 10 ² | 10,15 | - 5,00 | 10 ² | 10,00 | 9,97 |
| 2.10E ⁻⁸ | - 6,30 | 10 ³ | 12,60 | - 6,23 | 10 ³ | 12,46 | 12,44 |
| 2.10E ⁻⁷ | - 7,53 | 10 ⁴ | 15,06 | - 7,46 | 8.10 ³ | 14,89 | 14,87 |
| 2.10E ⁻⁶ | - 8,76 | 10 ⁵ | 17,51 | - 8,71 | 8.10 ⁴ | 17,35 | 17,33 |
| 2.10E ⁻⁵ | - 10,00 | 10 ⁶ | 20,00 | - 10,04 | 10 ⁶ | 20,00 | 19,97 |

Langkah selanjutnya adalah melakukan ujifungsi dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA14).

Nilai aktivitas saat pengujian (Desember 2013) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1)

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693t}{T^{1/2}}} = 5,32 \text{ mCi}$$

Perhitungan Set Point

Dengan menggunakan persamaan (2) kita dapat menghitung *Set Point* untuk saat ini, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai hasil perhitungan *set point* kanal pengukuran indikator TKKA 04

| No. | Sumber standar | Posisi Rotary Switch | Set Point Nop.1985 Aktivitas : 10 mCi (mR/h) | Set Point Des 2013 Aktivitas : 5,32 mCi (mR/h) |
|-----|-----------------|----------------------|--|--|
| 1 | Cs-137 (TKA 14) | 0 | 1,4 | 0,76 |
| | | 1 | 2,4 | 1,30 |
| | | 2 | 12,5 | 6,79 |
| | | 3 | 100 | 54,30 |
| | | 4 | 285 | 154,76 |

Nilai tersebut dipergunakan sebagai acuan pada saat uji fungsi dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA 14) sesuai posisi *rotary switch*

Sebelum melakukan uji fungsi menggunakan sumber standar Cs-137, dilakukan pengukuran tegangan tinggi detektor. Hal ini untuk memastikan bahwa tegangan tinggi untuk penyedia detektor KG 151 SBL sesuai dan masuk dalam batas toleransi.

Tabel 3. Hasil pengukuran nilai tegangan tinggi detektor pada sistem laju dosis gamma UJA09 CR001

| Sistem | Titik setting | Titik aktual | On site | Nilai penyimpangan (Volt) |
|-------------|---------------|--------------|---------|---------------------------|
| UJA09 CR001 | 1200 V | 1182 V | 1183 V | 17 V |

Pada Tabel 3 dapat dilihat sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 hasil uji fungsi pengukuran nilai tegangan tinggi detektor jika dibandingkan antara nilai perhitungan (*set point*) dengan nilai terukur (*actual point*) maka tidak terjadi nilai

penyimpangan yang signifikan, nilai tegangan terukur tidak boleh menyimpang lebih dari $\pm 5\%$ atau 40 Volt ⁽¹⁾. Dengan hasil ini maka penyedia tegangan tinggi detektor masih berfungsi dengan baik.

Tabel 4. Hasil uji fungsi menggunakan sumber standar Cs-137 TKA 14 serta prosentase penyimpangannya pada sistem laju dosis gamma UJA09 CR001

| Sistem | Posisi sumber standar | Log-DC Amplifire (V) nilai terhitung | Set Point (mR/h) nilai terhitung | Log-DC Amplifire (V) nilai terukur | TKKA 04 (mR/h) nilai terukur | Nilai penyimpangan (%) |
|-------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| UJA09 CR001 | 0 | 2,47 | 0,76 | 2,13 | 0,40 | 47,4 % |
| | 1 | 2,73 | 1,30 | 2,51 | 0,80 | 38,5 % |
| | 2 | 3,64 | 6,79 | 3,35 | 4,80 | 29,3 % |
| | 3 | 4,74 | 54,30 | 4,34 | 30,00 | 44,8 % |
| | 4 | 5,27 | 154,76 | 4,89 | 70,00 | 54,8 % |

Pada tabel 4 dapat dilihat hasil uji fungsi menggunakan sumber standar Cs-137 pada sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 yang ditempatkan pada titik pusat detektor. Maka jika dibandingkan antara nilai perhitungan (*set point*) dengan nilai terukur (*actual point*) pada kanal-kanal pengukuran dilemari kabinet CXB 05 terjadi nilai penyimpangan yang signifikan. Penyimpangan terkecil adalah 29,3 % dan terbesar adalah 54,8%.

Berhubung uji fungsi pada kanal pengukuran dan pengukuran penyedia tegangan tinggi detektor hasilnya baik, maka indikasi penyimpangan pengukuran ada pada detektor KG151 SBL. Penurunan kinerja detektor KG151 SBL pada sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 dapat terjadi karena:

- Melemahnya *pre amp.* pada detektor
- Detektor telah mengalami penuaan (*aging*).

KESIMPULAN

Hasil kajian terhadap unjuk kerja detektor sistem pemantau laju dosis gamma tipe KG 151 SBL pada UJA09 CR001 maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Nilai hasil ukur dengan menggunakan sumber pembangkit arus (*current generation*) dan hasil pengukuran tegangan tinggi detektor tidak terjadi nilai penyimpangan yang signifikan hal ini berarti sistem instrumentasi pada alat tersebut masih baik.

- Hasil pengukuran dengan menggunakan sumber standar Cs-137 (TKA 14) terjadi nilai penyimpangan yang signifikan dengan nilai penyimpangan tertinggi 54,8 % pada posisi *rotary switch* 4, sehingga dapat disimpulkan bahwa detektor pada sistem laju dosis gamma UJA09 CR001 telah mengalami penuaan masa umur detektor (*aging*).
- Perlu segera dilakukan perbaikan atau penggantian detektor sistem pemantau laju dosis gamma tipe KG 151 SBL pada UJA09 CR001 agar mendapatkan hasil ukur yang akurat dan dapat lebih meningkatkan kinerja keselamatan di RSG-GAS.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Anonymous**, Maintenance And Repair Manual Volume 3
2. **Anonymous**, Radiation Protection and Activity Measurement Volume 3
3. **Anonymous**, MANNESMANN Hartmann & Braun. Technical Information Test Adapter TKA 14/17
4. Prosedur Pengendalian Daerah Kerja Bahaya Radiasi di RSG-GAS, No. Ident. RSG.KK.01.02.61.11
5. Petunjuk teknis pemeliharaan sistem pemantau laju dosis gamma detektor KG 151 di RSG-GAS