

EVALUASI NILAI TERENDAH SISTEM PEMANTAU LAJU DOSIS GAMMA DI RSG-GAS

Yulius Sumarno, Nazly Kurniawan, Subiharto

ABSTRAK

EVALUASI NILAI TERENDAH SISTEM PEMANTAU LAJU DOSIS GAMMA DI RSG-GAS. Telah dilakukan evaluasi umur kerja detektor UJA dengan tujuan untuk mengetahui apakah nilai terendah yang disetting di alat sejak tahun 1985 masih valid. Evaluasi dilakukan dengan cara menghitung aktivitas sumber standar Cs-137 yang ada dalam detektor alat tersebut, serta menghitung paparan yang ditimbulkan. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengamatan diketahui bahwa dari ketigabelas sistem UJA, setting nilai terendah sebesar 0,50 Volt masih dapat digunakan, kecuali untuk UJA02 CR002 dan UJA09 CR001. Untuk kedua alat tersebut perlu dilakukan setting ulang nilai terendah dari 0,50 Volt menjadi 0,10 Volt. Hal ini dapat terjadi karena proses penuaan yang mengakibatkan komponen elektronik lemah dan tidak akurat lagi untuk mendeteksi sinyal dengan dosis rendah.

Kata kunci : Detektor, dosis gamma, nilai batas terendah

ABSTRACT

EVALUATION OF THE LOWEST LIMIT VALUE SETTING OF GAMMA DOSE RATE MONITORING SYSTEM AT THE RSG – GAS. It has been carried out an evaluation of the lowest limit value of gamma dose rate monitoring system in order to recognize whether the lowest limit value setting, which has been made since 1985, still applicable for current time. Evaluation was carried out by calculating both the current activity of Cs-137 present inside the detector of the systems, and the level of gamma dose rate generated by that radioactive sources. The calculation and observation results from the thirteen UJA systems showed that the lowest setting of 0.50 Volt is still applicable. Except for the UJA02 CR002 and UJA09 CR001. For both systems, the lowest voltage setting have to be reset or turned down from 0.50 Volt to be 0.10. This is caused by degradation of the component due to aging process yields its electronic system fail to detect low signal.

Key word : Detector, gamma dose rate, lowest limit value

PENDAHULUAN

Untuk menjamin keselamatan radiasi pada kegiatan operasi Reaktor Serba Guna GA.Siwabessy (RSG-GAS), di dalam gedung reaktor dipasang peralatan sistem pemantau laju dosis radiasi gamma. Sistem pemantau laju dosis gamma diberi kode UJA dan merupakan peralatan pengukur tingkat paparan radiasi gamma yang terpasang permanen dalam gedung reaktor. Terdapat tiga belas sistem pemantau laju dosis gamma terpasang diberbagai lokasi yang berpotensi terpapar radiasi gamma cukup tinggi (tingkat paparan radiasi setempat). Sistem ini beroperasi terus menerus selama dua puluh empat jam sehari dengan satuan indikator penunjukkan mR/Jam. Penunjukkan besarnya tingkat paparan dapat dibaca di beberapa lokasi yaitu dilokasi dimana detektor ditempatkan (*on site*), di kabinet pengukuran ruang 1003 lantai + 27.0 m, di Ruang Kendali Utama (RKU) dan di Ruang Kendali Darurat (RKD). Jika nilai radiasi terukur melampaui ambang batas yang ditentukan, maka sistem ini akan membangkitkan alarm dan lampu berkedip, untuk memperingatkan para pekerja radiasi. Demikian juga apabila nilai radiasi terukur kurang dari ambang batas yang ditentukan (*Low Radiation*), maka alarm kegagalan (*fault*) akan menyala dan lampu berkedip

Sejalan dengan pengoperasian RSG-GAS yang saat ini telah berusia 27 tahun, unjuk kerja instrumentasi reaktor, salah satunya adalah pemantau laju dosis gamma (UJA) perlu dilakukan evaluasi. Nilai batas terendah sistem UJA mulai menunjukkan alarm *Low Radiation*, disebabkan nilai radiasi terukur kurang dari ambang batas yang ditentukan. Timbulnya alarm ini tertangkap oleh panel yang berada di Ruang Kendali utama sehingga mengganggu pengamatan. Karena itu perlu adanya upaya pengesetan ulang untuk menghilangkan alarm *Low Radiation* dengan cara menghitung aktivitas sumber standar Cs-

137 yang ada dalam detektor alat tersebut, serta menghitung paparan yang ditimbulkan sebagai dasar dalam mengubah ambang batas pengukuran terendah. Pengesetan ulang ambang batas *Low Radiation* tidak akan berpengaruh terhadap keselamatan maupun pengukuran.

Makalah ini mengevaluasi unjuk kerja detektor dengan tujuan untuk melakukan pengesetan ulang dan menentukan besaran ambang batas terendah pengukuran, dengan cara perhitungan dan pengukuran sistem UJA. Diharapkan setelah di *setting* ulang, tidak ada lagi alarm kegagalan yang muncul pada panel RKU.

TEORI

Pengukuran radioaktifitas dilakukan dengan menggunakan detektor, dimana alat ini dapat berinteraksi secara cukup efisien dengan sinar radioaktif. Ada beberapa jenis detektor yang dapat digunakan untuk mendeteksi sinar γ . Secara umum detektor radiasi dapat dibagi menurut tiga golongan yaitu detektor isian gas (*gas filled detector*), detektor sintilator dan detektor semi konduktor^[1].

Sistem pemantau laju dosis gamma yang digunakan di PRSG menggunakan detektor isian gas dengan satuan pengukuran mR/h. Terdapat tiga belas sistem pemantau laju dosis gamma terpasang diberbagai lokasi yang dipilih dan ditentukan letaknya yaitu di ruangan-ruangan yang berpotensi terjadi paparan radiasi gamma cukup tinggi (tingkat paparan radiasi setempat). Jika nilai radiasi terukur melampaui nilai ambang batas yang ditentukan, maka sistem ini akan membangkitkan alarm dan lampu berkedip untuk memperingatkan para pekerja radiasi. Demikian juga apabila nilai radiasi terukur kurang dari nilai ambang batas yang ditentukan (*Low Radiation*), maka alarm kegagalan (*fault*) akan menyala dan lampu berkedip. Untuk menjaga agar nilai

pengukuran tidak jatuh dan menunjukkan angka nol, maka di dalam detektor ditempatkan sumber radiasi Cs-137.

Aktivitas Cs-137 pada Nopember 1985 adalah 185 kBq. Detektor sistem pemantau laju dosis gamma dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Detektor sistem pemantau laju dosis gamma UJA

Untuk menentukan ambang batas alarm *Low Radiation* sistem pemantau laju dosis gamma dibutuhkan parameter sebagai berikut:

- Aktivitas sumber standar awal (A_0) dari Cs-137 adalah 185 kBq
- Waktu paruh sumber standar Cs-137 ($T_{1/2}$) adalah 30 tahun
- Faktor gamma untuk sumber standar Cs-137 adalah $0,34 \text{ R.m}^2/\text{Ci.h}$ (Tabel 1)
- Jarak sumber terhadap detektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = \frac{\Gamma \cdot A}{r^2} \quad (1)$$

dengan :

- H : laju dosis ekivalen ($\mu\text{Sv/jam}$)
 Γ : faktor gamma ($\mu\text{Sv.m}^2 / \text{MBq.jam}$)

A : aktivitas (MBq)

r : jarak (m)

- Aktivitas sumber standar tahun 2013 (A_t) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693t}{T_{1/2}}} \quad (2)$$

dengan :

A_0 : aktivitas awal sumber (Ci / Bq)

A_t : aktivitas waktu t (Ci / Bq)

T : rentang waktu (tahun)

$T_{1/2}$: waktu paruh sumber (tahun)

- Persamaan skala indikator TKKA04 dengan tegangan keluaran *Amplifier* (Tabel 2)

Tabel 1. Faktor gamma untuk beberapa radionuklida^[2]

Radionuklida	Energi (keV)	Γ (R.m ² /Ci.h)	ΓK (mGy.m ² /MBq.h)	Γ_{1cm} (mSv.m ² /MBq.h)
Na-22	1275	1,19	0,280	0,327
Na-24	1369 2754	1,82	0,431	0,486
Co-60	1173 1332	1,30	0,306	0,347
I-131	364	0,22	0,0512	0,0648
Cs-137	662	0,34	0,0771	0,0910
Ir-192	317 468	0,48	0,109	0,138
Au-198	416	0,24	0,0545	0,0683

Tabel 2. Persamaan skala indikator TKKA04 dengan tegangan keluaran *amplifier*^[3].

Input Current (A)	Scale destination TKKA04 (mR/h)	Scale mark	Output	
			Ampl. 0 – 10 V	Buff. Ampl. 0 – 20mA
1 . 10 ⁻¹³	10 ⁻²	--	0	0
		-----	0,20	0,40
1 . 10 ⁻¹²	10 ⁻¹	--	0,45	0,90
		--	0,79	1,58
		--	1,02	2,03
		--	1,18	2,36
		-----	1,31	2,61
1 . 10 ⁻¹¹	1	--	1,74	3,48
		--	2,13	4,36
		--	2,43	4,87
		--	2,61	5,23
		-----	2,75	5,51
1 . 10 ⁻¹⁰	10	--	3,19	6,38
		--	3,63	7,25
		--	3,88	7,76
		--	4,06	8,13
		-----	4,20	8,41
1 . 10 ⁻⁹	10 ²	--	4,64	9,28
		--	5,08	10,15
		--	5,33	10,66
		--	5,51	11,02
		-----	5,65	11,30
1 . 10 ⁻⁸	10 ³	--	6,09	12,18
		--	6,52	13,05
		--	6,78	13,56
		--	6,96	13,92
		-----	7,10	14,20
1 . 10 ⁻⁷	10 ⁴	--	7,54	15,07
		--	7,97	15,95
		--	8,23	16,46
		--	8,41	16,82
		-----	8,55	17,10
1 . 10 ⁻⁶	10 ⁵	--	8,99	17,97
		--	9,42	18,85
		--	9,68	19,36
		--	9,86	19,72
		-----	10,00	20,00

TATA KERJA

Penentuan ambang batas alarm kegagalan *Low Radiation* sistem pemantau laju dosis gamma dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Mencari data penunjukkan pengukuran latar pada saat dilakukan *Comissioning*
- Menghitung jarak sumber terhadap detektor (menggunakan persamaan 1)
- Menghitung aktivitas sumber tahun 2013 (menggunakan persamaan 2)
- Menghitung laju dosis secara teoritis tahun 2013 (menggunakan persamaan 1)
- Mencari keluaran tegangan Amplifier (menggunakan Tabel 2)
- Mengamati, dan mencatat penunjukan pengukuran terendah sistem pemantau laju dosis gamma yang dilakukan pada saat reaktor tidak beroperasi. Alat yang digunakan pengukuran ini adalah Multimeter digital.
- Mengubah *setting alarm Low Radiation* berdasarkan hasil perhitungan dan hasil pengamatan penunjukan pengukuran terendah sistem pemantau laju dosis gamma yang dilakukan pada saat reaktor tidak beroperasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pencarian data penunjukan indikator TKKA04 sistem UJA pada saat

comissioning tahun 1985 adalah 8.10^{-2} mR/h. Dengan diketahuinya penunjukan indikator TKKA04 pada saat *comissioning* tahun 1985, maka aktivitas, laju dosis serta keluaran tegangan amplifier tahun 2013 dapat dihitung. Hasil perhitungan aktivitas, laju dosis gamma dan keluaran tegangan amplifier dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan laju dosis tahun 2013

Tahun	Aktivitas (Bq)	Jarak (cm)	Laju Dosis (mR/h)	Amplifier (V)
1985	185	14,50	8.10^{-2}	1,18
2013	93	14,50	4.10^{-2}	0,79

Setting alarm low radiation sejak reaktor diserahkan terimakan oleh pihak *designer* reaktor yaitu Inter Atom ke pihak BATAN adalah 0,500V. Dari hasil perhitungan laju dosis pada tahun 2013 yaitu 0,79 Volt adalah lebih besar dari pada 0,5 Volt. Secara teoritis *setting alarm low radiation* ini seharusnya masih dapat digunakan. Tetapi pada kenyataan di lapangan ada beberapa sistem UJA yang penunjukan pengukurannya lebih kecil dari 1.10^{-2} mR/h atau 0,2 Volt.

Secara lengkap hasil pengukuran dan pengamatan secara visual sistem UJA dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Penunjukan pengukuran sistem UJA (TKKA04) pada saat reaktor tidak operasi

No.	Sistem	TKKA04 (mR/h)	Amplifier (V)	Keterangan
1	UJA02 CR001	$8 . 10^{-2}$	1,195	Bagus
2	UJA02 CR002	$< 1 . 10^{-2}$	0,156	Setting ulang
3	UJA04 CR001	$3 . 10^{-2}$	0,663	Perlu diamati
4	UJA04 CR002	$3 . 10^{-2}$	0,546	Perlu diamati
5	UJA04 CR003	$4 . 10^{-2}$	0,792	Bagus
6	UJA04 CR004	$4 . 10^{-2}$	0,796	Bagus
7	UJA06 CR001	$5 . 10^{-2}$	0,898	Bagus
8	UJA06 CR002	$6 . 10^{-2}$	1,046	Bagus
9	UJA07 CR001	$4 . 10^{-2}$	0,797	Bagus
10	UJA07 CR002	$6 . 10^{-2}$	1,070	Bagus
11	UJA07 CR003	$6 . 10^{-1}$	2,403	Bagus
12	UJA07 CR004	$6 . 10^{-2}$	0,989	Bagus
13	UJA09 CR001	$< 1 . 10^{-2}$	0,122	Setting ulang

Karena dalam pengamatan TKKA04 hanya memakai ketajaman mata, maka faktor penyimpangannya adalah besar. Sedangkan keluaran tegangan amplifier diukur menggunakan multimeter, sehingga hasilnya akurat. Selanjutnya untuk menentukan ambang batas *setting alarm Low Radiation* digunakan keluaran tegangan amplifier yaitu dalam satuan Voltage.

Dari hasil pengamatan penunjukan pengukuran di atas dapat dibagi dalam tiga bagian :

1. Keluaran amplifier lebih besar dari 0,79V: Sistem UJA yang keluaran amplifier di atas 0,79V adalah bagus, sesuai dengan perhitungan.
2. Keluaran amplifier kurang dari 0,79V tapi lebih besar dari 0,5V : ini dapat terjadi akibat detektor UJA sudah mulai mengalami penurunan kemampuan deteksi karena penuaan. Sistem UJA yang masuk dalam kategori ini adalah UJA04 CR001 dan UJA04 CR002.

Sistem ini harus diamati dengan seksama, karena sudah mendekati harga batas. Apabila suatu saat sampai dibawah garis batas, setting alarm harus diturunkan agar tidak menimbulkan sinyal alarm di RKU.

3. Keluaran amplifier kurang dari 0,5V tapi lebih besar dari 0,1V

Hal ini dapat terjadi akibat detektor UJA sudah mulai mengalami penurunan kemampuan deteksi karena penuaan dan kemungkinan sudah ada beberapa komponen elektroniknya yang lemah. Sistem UJA yang masuk dalam kategori ini adalah UJA02 CR002 dan UJA09 CR001. Untuk kedua alat ini harus diubah setting alarm *Low Radiation* dari 0,5V menjadi 0,1V agar tidak muncul alarm di RKU. Cara mengubah setting alarm Low radiation dengan memutar baut pada G1 yang terdapat pada modul TKKG 35.15, berlawanan dengan arah jarum jam sampai ke angka yang diinginkan yaitu 0,1V. (lihat Gambar 2)



Gambar 2. Perangkat pengolah sinyal sistem UJA

Untuk lebih jelasnya perubahan nilai batas setting alarm *Low Radiation* sistem UJA dapat dilihat dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 : Perubahan *setting alarm Low Radiation* sistem pemantau laju dosis gamma UJA

No.	SISTEM	Comissioning (V)	Sekarang (V)	Keterangan
1	UJA02 CR001	0,500	0,500	tetap
2	UJA02 CR002	0,500	0,100	diubah
3	UJA04 CR001	0,500	0,500	tetap
4	UJA04 CR002	0,500	0,500	tetap
5	UJA04 CR003	0,500	0,500	tetap
6	UJA04 CR004	0,500	0,500	tetap
7	UJA06 CR001	0,500	0,500	tetap
8	UJA06 CR002	0,500	0,500	tetap
9	UJA07 CR001	0,500	0,500	tetap
10	UJA07 CR002	0,500	0,500	tetap
11	UJA07 CR003	0,500	0,500	tetap
12	UJA07 CR004	0,500	0,500	tetap
13	UJA09 CR001	0,500	0,100	diubah

KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi terhadap sistem pemantau laju dosis gamma yang dilakukan pada bulan September 2013 dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Dua dari tiga belas sistem pemantau laju dosis gamma yaitu UJA02 CR002 dan UJA09 CR001 perlu dilakukan seting ulang karena penuaan yang mengakibatkan kemampuan untuk mendeteksi sinyal dengan dosis rendah tidak akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. **WISNU SUSETYO, Drs.** Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gadjah Mada University Press,1988.
2. Materi Diklat penyegaran Proteksi Radiasi 2013.
3. **TOP** No.12.01-PRSG-BATAN, Radiation Monitoring Gamma Dose Rate.
4. **ANONIMOUS**, Maintanance And Repair Manual Volume 3.