

ANALISIS PENURUNAN UNJUK KERJA DETEKTOR JKT - 02.

Setiyanto

Hery Adrial, Slamet Supriyanto, Kristedjo Kurnianto, Yus Rusdian Akhmad, R. Indrawanto

Abstrak

ANALISIS PENURUNAN UNJUK KERJA DETEKTOR JKT - 02. Dalam rangka meningkatkan pelayanan operasi reaktor GA. Siwabessy, telah dilakukan beberapa analisis dan perbaikan komponen pendukung yang mengalami perubahan unjuk kerjanya, termasuk diantaranya analisis terhadap permasalahan pada detektor neutron JKT02 yang mengalami perubahan unjuk kerja. Analisis yang dilakukan meliputi pengambilan data parameter fisika yang terkait dengan fungsi detektor, diantaranya fluks neutron, fluks gamma dan tingkat kelembaban pada posisi detektor, kemudian dilengkapi dengan pengamatan, pembongkaran dan penggantian kabel detektor. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa detektor telah bekerja pada daerah kerja (fluks neutron, fluks gamma dan kelembaban) yang sesuai dengan spesifikasi teknik detektor, sedangkan penurunan unjuk kerja detektor terjadi karena adanya oksidasi/korosi pada titik sambung antara detektor dengan kabel penyambungannya. Langkah yang terbaik untuk menghindari persoalan tersebut adalah dilakukan perawatan/pembersihan berkala secara kontinyu terhadap lokasi titik sambung antara detektor dengan kabel.

Abstract

THE JKT-02 DETECTORS DEGRADATION PERFORMANCE ANALYSIS. To increase the RSG-GAS operation services, some analysis and maintenances of reactor components have been done, including the analysis of the JKT-02 detectors problem. The analysis that been done include the determination and evaluation of the physic parameters data relies to the detector function, i.e the neutron flux, the gamma exposure and the humidity at the detector position, completed by examination and exchange of detector cable. The result show that the detector was work in the good working range. The degradation of the detector performance caused by the oxidation and corrosion at the detector-cable junctions. The better solution to solve this problem is maintenance/cleaning periodically the detector-cable junction .

PENDAHULUAN.

Dalam rangka mendukung pencapaian sasaran ketersediaan operasi RSG-GAS menuju 5000 jam/tahun pada akhir PELITA VI, diperlukan beberapa langkah riil diantaranya perawatan sistem pendukung operasi reaktor. Hal tersebut memang terkait langsung dengan umur operasi yang telah mencapai hampir 10 tahun, yang mana dalam kondisi tersebut unjuk kerja komponen perlu dicek kembali. Salah satu langkah yang terkait dengan hal tersebut adalah usaha untuk menemukan permasalahan penurunan unjuk kerja detektor neutron jenis CIC seri JKT-02 dan JKT-03. Perlu diketahui bahwa detektor tersebut mengalami gangguan terhadap sinyal keluarannya, padahal secara teoritis berdasarkan spesifikasi teknisnya,

detektor tersebut semestinya mampu bertahan operasi selama umur reaktornya sendiri (>30 tahun).

Langkah yang dilakukan meliputi investigasi terhadap kondisi operasi detektor, yaitu dengan menentukan (mengukur dan atau menghitung) besaran fisika di tempat di mana detektor tersebut ditempatkan, meliputi harga fluks neutron, fluks gamma dan tingkat kelembaban udara serta suhu rata-rata yang tercapai saat operasi normal. Langkah lain yang telah dilakukan adalah pengamatan langsung dan pengetesan kondisi setiap detektor yang telah dinyatakan tidak normal, dengan cara *merger test* baik terhadap detektornya saja, kabelnya saja maupun gabungan.

DISKRIPSI DETEKTOR

Detektor JKT-02 yang digunakan adalah detektor neutron jenis CIC (Compensated Ionisation Chamber), dengan bahan penyerap neutron termal yang sekaligus sebagai elektrodanya adalah *boron-coating* (90 % B-10). Dengan diberikan beda potensial + 800 Volt, maka ion-ion positif yang terbentuk akan terbawa menuju kutub signal, dan akan terukur oleh meter sebagai signal output. Akibat adanya radiasi gamma yang mampu menembus daerah detektor, akan memberikan sumbangan pada proses ionisasi gas isian detektor tersebut, sehingga memberikan kontribusi pada jumlah ion yang terbentuk.

Untuk mengeliminir kontribusi radiasi gamma tersebut, diberikan elektrode kompensasi (dengan tegangan kompensasi - 500 Volt) yang hanya sensitiv terhadap radiasi gamma tersebut. Pengurangan signal total dengan signal kompensasi akan memberikan signal dari neutron saja. Dari fabrikator dikatakan bahwa umur detektor sangat tergantung pada kualitas boron dan isian gasnya, yang mana kemungkinan rusaknya adalah efek over radiasi yang diderita dalam waktu yang lama. Paparan radiasi 1.0 E10 rad dan fluen dari fluks neutron 2.0 E19 per cm² hanya mengurangi sekitar 5 % sensitivitasnya, diperkirakan umur detektor ini mampu mencapai 40 tahun operasi.^[1]

Tabel 1. Spesifikasi dan Karakteristik detektor JKT-02

Tipe detektor	CIC detector serie KNK 52	Temperatur kerja	sampai dengan + 85 °C
Tabung	Al-99.5	Tahanan isolasi	1.0 E12 Ohm. minimum
Isolator	Keramik	Range pengukur-an fluks neutron	1.0E4 sampai 1.0E12
Elektrode	Boron (92 % B-10)	Sensitivitas neutron	2.0E-15 A x cm ² x s
Gas isian	Nitrogen	Sensitivitas gamma	2.0E-12 A per (R/jam)
Tekanan gas	1 bar absolut pada 20 °C	Tegangan kerja	+800 Volt untuk elektrode U . +100 Volt untuk signal S - 500 Volt untuk kompensasi K
Tekana luar	sampai dengan 5 bar absolut	Kelembaban ruangan	maksimum 95 %, tanpa mengembun.

Pengalaman penggunaan detektor di PRSG menunjukkan adanya gangguan teknis yang menyebabkan fungsi detektor tidak sesuai dengan spesifikasinya, dimana selama hampir 10 tahun reaktor beroperasi, telah dilakukan beberapa kali penggantian detektor JKT-02 (tiga kali penggantian untuk 2 detektor) ^[2]. Kondisi ini harus ditemukan penyebab permasalahannya, sehingga permasalahan yang sama tidak akan terulang terus- menerus.

**INVESTIGASI PERMASALAHAN
DETEKTOR.**

Berdasarkan spesifikasi seperti tertera pada manualnya, permasalahan umur detektor sangat dipengaruhi oleh kondisi posisi di mana detektor ditempatkan, maka investigasi difokuskan pada analisis besaran fisika pada posisi tersebut, diantaranya fluks neutron, fluks gamma, kelembaban dan suhu kerja. Penentuan fluks neutron, kelembaban dan suhu dilakukan dengan pengukuran langsung, sementara karena keterbatasan alat ukur, maka fluks gamma

ditentukan dengan perhitungan. Diharapkan berdasarkan hasil yang diperoleh akan dapat ditemukan penyebab utama gangguan penurunan unjuk kerja detektor tersebut.

Namun demikian, dengan adanya beberapa detektor yang telah dinyatakan tak berfungsi, uji karakteristik terhadap kondisi detektor tersebut merupakan langkah awal yang baik, karena dengan uji tersebut akan diperoleh informasi yang tepat terhadap jenis kerusakannya.

- Uji karakteristik detektor.

Uji karakteristik dilakukan dengan cara *merger test* terhadap detektor yang masih terpasang maupun detektor yang telah rusak. Untuk detektor yang rusak, uji dipisahkan antara detektor lengkap, detektor tanpa kabel dan kabelnya saja. Langkah ini akan membantu dalam menemukan bagian mana yang sebenarnya mengalami gangguan/rusak.

- Pengukuran fluks neutron.

Untuk mendapatkan ketelitian yang optimal, fluks neutron pada posisi detektor diukur secara langsung dengan menggunakan keping emas dan cobalt dengan pembungkus cadmium. Keping ditempatkan pada posisi detektor, dan reaktor dioperasikan pada daya 10 MW.

- Pengukuran tingkat kelembaban.

Dikawatirkan terjadi pengembunan pada posisi detektor, sehingga dilakukan tes kelembaban dan tes embun. Tes embun dilakukan secara langsung dengan mengusap pada seluruh bagian posisi detektor, sedangkan tes kelembaban dilakukan dengan menggunakan

Silica-gel. Karena kesulitan teknik pengukuran secara absolut, maka tingkat kelembaban hanya diperoleh nilai relatifnya saja, kemudian dibandingkan dengan sampel yang ditempatkan pada berbagai posisi, diantaranya di balai reaktor (*reactor hall*) yang telah diketahui kelembaban absolutnya.

- Pengukuran suhu.

Pengukuran suhu dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan sensor termokopel yang ditempelkan pada detektor. Pengamatan dilakukan secara kontinyu baik dalam keadaan reaktor beroperasi maupun saat *shut down*, sehingga diperoleh informasi fluktuasi suhunya.

- Perhitungan Fluks gamma.

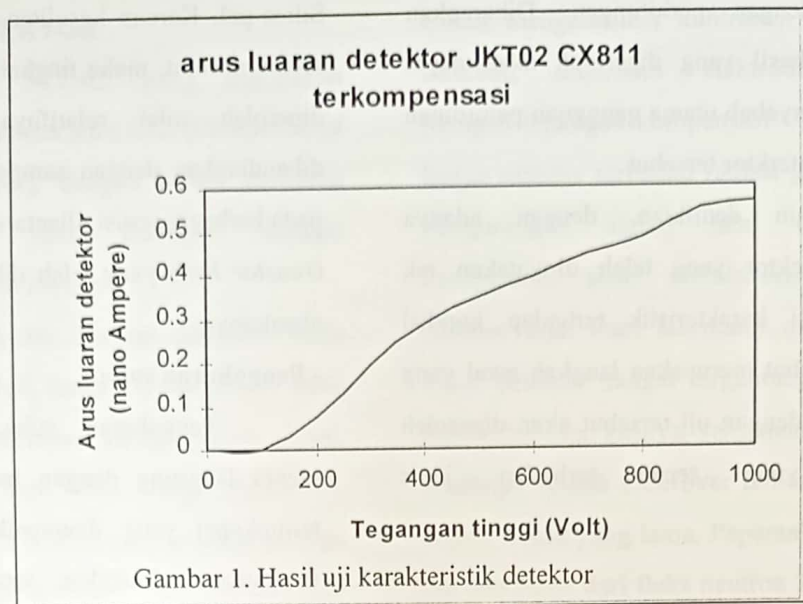
Karena keterbatasan alat ukur yang dimiliki, tidak bisa dimasukkan ke dalam posisi detektor, maka penentuan fluks gamma terpaksa hanya dilakukan dengan perhitungan. Program Gamset yang telah diverifikasi digunakan untuk eksekusi perhitungan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil yang diperoleh selama investigasi baik yang dilakukan melalui pengukuran langsung maupun dengan perhitungan adalah sebagai berikut:

- Hasil uji karakteristik detektor.

Uji karakteristik dilakukan pada detektor yang masih terpasang, namun kondisi luarannya telah menunjukkan gejala penyimpangan. Gambar berikut menunjukkan hasil penentuan plato detektor



Tidak diperolehnya bentuk plato yang mendatar, menunjukkan bahwa pada detektor tersebut terjadi penyimpangan karakteristik, sehingga

perlu di pelajari lebih lanjut.

Uji diteruskan dengan pengukuran tahanan isolasi, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan isolasi detektor JKT-02.

Tahanan kabel untuk elektrode:	Kabel 1 dengan detektor.	Kabel 2 dengan detektor.	Kabel coaxial dengan detektor	Kabel 3 tanpa detektor.
U	0.0 Ohm	0.1 M Ohm	0.0 Ohm	4 M Ohm
S	5 G Ohm	20 M Ohm	0.0 Ohm	10 M Ohm
K	5 G Ohm	0.0 Ohm	0.0 Ohm	5 G Ohm

Dari tabel di atas diperoleh informasi bahwa detektor yang telah mengalami gangguan memang terbukti terjadi degradasi pada nilai tahanan isolasinya, namun demikian belum dapat dipastikan secara tepat, pada bagian mana yang mengalami kerusakan, terlihat bahwa tahanan isolasi kabelnya juga mengalami perubahan nilai yang sangat besar. Terlepas apakah hanya kabelnya atau detektor yang rusak, yang utama adalah bagaimana menganalisis untuk

menemukan penyebab permasalahan tersebut. Untuk menjawab permasalahan ini, pengamatan dilanjutkan pada pengukuran nilai fisis dari besaran yang dicurigai sebagai penyebab, diantaranya fluks neutron, fluks gamma, kelembaban dan suhunya.

- Hasil pengukuran fluks neutron.

Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran fluks neutron pada posisi detektor JKT-02^[3]

	Keping Au-1	Keping Au-2	Keping Co-1	Keping Co-2	Harga rerata
Aktivitas (Bq/gram)	6.27E+08	6.33E+08	1.00E+06	1.01E+06	
Fluks neutron (n/cm ² s)	1.36E+11	1.37E+11	1.23E+11	1.24E+11	1,30E+11
Deviasi (%)	4,6	4,6	1,8	1,5	4,9

Selain hasil tersebut, diperoleh bahwa aktivitas keping yang dibungkus cadmium tidak terdeteksi, yang menunjukkan bahwa fluks neutron cepat pada posisi tersebut tidak ada.

Melihat hasil yang diperoleh, dimana fluks rata-rata pada posisi dimaksud $1,30E+11$ n/cm^2s masih jauh di bawah batas range pengukurannya, maka dapat dipastikan bahwa fluks neutron bukan merupakan penyebab pada perubahan unjuk kerja detektor tersebut.

- Hasil pengukuran kelembaban dan suhu.

Kelembaban relatif yang diperoleh melalui pengukuran ini ditunjukkan oleh perubahan warna silica-gel yang dipasang selama 24 jam pada posisi detektor dan posisi-posisi lain yang digunakan sebagai referensi. Perubahan warna silica yang ditempatkan pada posisi detektor jauh lebih lambat dibanding silica yang dipasang pada balai reaktor. Ini menunjukkan bahwa tingkat kelembaban pada posisi detektor lebih rendah dibanding di balai reaktor, sementara hasil pengukuran kelembaban di balai reaktor hanya sekitar 60 %.

Hasil lain dari pengamatan ini adalah

uji pengembunan, yang memperoleh hasil bahwa kain yang digunakan sebagai penguji tetap dalam keadaan kering, atau tidak terjadi pengembunan.

Pengukuran suhu detektor dalam kondisi reaktor beroperasi maupun shut-down diperoleh hasil bahwa suhu detektor maksimum hanya 30 °C (saat daya reaktor 25 MW), yang berarti bahwa suhu kerja detektor tidak terlampaui.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa kelembaban, pengembunan dan suhu bukan penyebab langsung perubahan unjuk kerja detektor.

- Hasil perhitungan fluks gamma

Dikatakan pada manualnya, besarnya paparan gamma hanya akan berpengaruh pada efektivitas kompensasi dan kemungkinan bocoran gas isiannya. Namun demikian paparan gamma yang hanya $7.30E5$ rad/jam ini sangat jauh di bawah batas yang diberikan, dengan demikian paparan gamma pada posisi detektor ini mestinya tidak akan mempengaruhi unjuk kerja detektornya.

Tabel 4. Hasil perhitungan paparan gamma pada posisi detektor.

Jenis Radiasi	Paparan (Rad/jam)	Serapan energi (W/gr)
Gamma primer	0.71E06	0.197E-02
Gamma sekunder	0.23E05	0.647E-04
TOTAL:	0.73E06	2.030E-03

PERLUASAN LANGKAH INVESTIGASI

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui pengamatan dan analisis di atas dapat dikatakan bahwa besaran-besaran fisis di sekitar

detektor tidak ada yang melampaui batasan disainnya, sehingga mestinya tidak akan menyebabkan timbulnya gangguan pada unjuk kerja detektor tersebut.

Karena melalui langkah yang telah ditempuh belum dapat dipastikan apa penyebab utama permasalahannya, maka investigasi dan pengamatan diperluas pada pembongkaran semua rumah detektor yang dinyatakan rusak. Langkah ini diharapkan akan memperjelas jenis dan posisi kerusakannya.

Hasil pengamatan terhadap kondisi detektor adalah sebagai berikut:

- Semua titik sambungan antara detektor dengan kabel berwarna coklat, yang menunjukkan adanya peristiwa korosi/oksidasi pada posisi tersebut. Warna coklat ini menutup seluruh permukaan isolator keramik baik pada sisi detektor maupun sisi kabelnya, sehingga dikawatirkan akan terjadi bocoran arus melalui hasil oksidasi tersebut. Melihat kondisi tersebut, dilakukan pemisahan detektor dengan kabel, dibersihkan dan dilakukan pengukuran ulang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa detektor ternyata kembali kekeadaan normal, tetapi kabel tetap tidak memenuhi syarat.

- Dicoba dengan kabel baru, kemudian dilakukan uji karakteristik detektor, yang diperoleh informasi bahwa masih ada detektor yang berfungsi baik.

Dari seluruh investigasi yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang dapat dirangkum sebagai berikut:

- Detektor telah bekerja pada medan radiasi yang sesuai dengan batasan spesifikasinya.
- Terjadi proses oksidasi/korosi pada titik sambung antara detektor dengan kabel, yang menyebabkan terjadinya bocoran arus signal melalui hasil oksidasi tersebut.
- Adanya detektor yang masih berfungsi dengan baik menunjukkan bahwa sebenarnya persoalan yang terjadi

selama ini bukan disebabkan dari kerusakan detektor.

- Adanya detektor dan kabel yang rusak, dimungkinkan karena benturan dan penanganan selama proses penyimpanan setelah dinyatakan tak berfungsi.

Mengingat tingkat kelembaban pada posisi detektor cukup rendah, proses oksidasi bukan semata diakibatkan oleh nilai kelembabannya, tetapi ada faktor lain yang lebih dominan, misalnya terjadinya ionisasi gas oksigen dalam udara serta didukung oleh suhu yang lebih tinggi. Kedua hal ini membuat proses oksidasi menjadi lebih cepat, apalagi udara di sekitar daerah permasalahan ini memang terjebak oleh rumah detektor sehingga tidak bisa mengalir.

Kondisi ini merupakan faktor kesulitan dalam menentukan penyelesaian persoalan di atas, sehingga salah satu metode penyelesaian yang paling mungkin adalah diadakan pemeriksaan berkala secara rutin terhadap sambungan detektor-kabel.

KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam proses investigasi terhadap permasalahan detektor seperti diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa permasalahan penurunan unjuk kerja detektor JKT-02 bukan disebabkan oleh pengaruh paparan radiasi maupun kelembaban pada posisi detektor, tetapi akibat terjadinya proses oksidasi pada sambungan dan isolator keramik di antara ujung detektor dan kabel. Hasil oksidasi tersebut yang berfungsi sebagai penghantar arus signal detektor, sehingga terjadi bocoran arus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan banyak terima kasih kepada seluruh rekan-rekan PRSG yang tergabung dalam Tim perbaikan detektor JKT-02 yang telah dengan semangat kerja yang tinggi menunaikan tugasnya sehingga permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA.

1. " Instrument Manual Neutron Ionisation Chamber KNK-52", MANNESMANN Hartmann & Broun, September, 1985.
2. "Log Books Operasi RSG-GAS", PRSG-BATAN.
3. " Komunikasi Pribadi", Amir Hamzah dkk