

## **PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAU RADIASI DI RUANG KENDALI UTAMA RSG-GAS**

Sukino, Heri Suherkiman, M.Taufiq, Nugraha Luhur

### **ABSTRAK**

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAU RADIASI DI RUANG KENDALI UTAMA RSG-GAS.** Telah dilakukan pengembangan interface sistem pemantau radiasi PGM-102 ke Ruang Kendali Utama (RKU) RSG-GAS. Untuk menjembatani sistem PGM-102 yang terletak di ruang 1003 gedung tangga agar dapat teramati di RKU yang berada di gedung reaktor dibutuhkan sebuah interface, yaitu sebuah pengkondisian sinyal, agar sinyal yang dihasilkan dari sistem PGM-102 tetap dapat sampai di RKU. Sehingga hasil pengukuran yang ditampilkan di RKU akan tetap sama dengan hasil pengukuran dari sistem PGM-102. Pengembangan dilakukan dengan cara melakukan perancangan dan pembuatan interface kemudian diinstalasi dintegrasikan antara sistem PGM-102 ke indikator di RKU. Dari hasil pengujian dapat ditunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dan berfungsi dengan baik. Hasil pengukuran, informasi gangguan dan alarm batas pengukuran terlampaui dapat diketahui di RKU.

Kata kunci: Pemantau beta gas mulia PGM-102

### **ABSTRACT**

**DEVELOPMENT RADIATION MONITORING SYSTEM AT THE RSG-GAS MAIN CONTROL ROOM.** *It has been developed an electronic module as an interface between PGM-102 radiation monitoring system located at the staircase room 1003 and an indicator tool at the main control room. The purpose of this measure is to enable indicator tool at the main control room displaying an output signal from the PGM-102 system. The job was done by designing and assembling the electronic module and installing it at the addressed place. Testing of the new interface module shown that the system can be operated as expected. Measurement result, disturbances and alarms were also recognized from main control room.*

*Key Words : PGM-102 beta noble gas monitoring*

## PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) mempunyai cerobong udara buang yang terletak dibagian atas gedung reaktor. Cerobong udara buang berfungsi untuk membuang/melepaskan udara dari dalam gedung reaktor ke lingkungan. Cerobong udara buang tersebut dilengkapi dengan beberapa sistem pemantau tingkat radioaktivitas udara yang ditempatkan di ruang pengukuran 1003 lantai 27.00 m. Pengukuran tingkat radioaktivitas udara dilakukan dengan cara mengambil cuplikan udara cerobong melalui pipa pintas (*by pass*) yang dialirkan ke sistem pengukuran. Salah satu sistem pengukuran tingkat radioaktivitas udara yang terpasang di cerobong udara RSG-GAS yaitu sistem monitor gas PGM-102.

Sistem monitor Gas PGM-102 merupakan peralatan baru sebagai pengganti sistem pengukur  $\beta$  aerosol KLK06 CR003 yang sudah tidak berfungsi karena telah mengalami kerusakan dan tidak dapat dilakukan perbaikan. Hasil pengukuran sistem PGM-102 dalam satuan  $Bq/m^3$  ditunjukkan pada display digital yang melekat pada sistem. Hasil pengukuran dari sistem PGM 102 ini belum dapat dilakukan pembacaan di Ruang Kendali Utama (RKU) seperti sistem KLK06 CR003 sebelumnya karena di RSG-GAS menggunakan sistem pemantau terpusat, yaitu penunjukan parameter-parameter pengukuran dapat dilakukan pembacaan secara terpusat di Ruang Kendali Utama. Sehingga apabila terjadi gangguan ataupun peningkatan nilai pengukuran dari sistem PGM 102 tidak dapat diketahui (tidak terpantau) dan teramati dari RKU. Untuk menjembatani sistem PGM-102 yang terletak di ruang 1003 lantai +27.00 m dengan indikator terpusat di RKU yang berada di lantai + 23.00 m dibutuhkan sebuah interface, yaitu sebuah pengkondisian sinyal, agar sinyal yang dihasilkan dari sistem PGM-102

tetap dapat sampai di RKU. Sehingga informasi atau hasil pengukuran yang ditampilkan di RKU akan sama dengan informasi atau hasil pengukuran dari sistem PGM-102 yang berada di tempat lain (ruang 1003).

Pengembangan yang dilakukan yaitu dengan melakukan pembuatan dua buah interface yaitu yang pertama untuk sinyal hasil pengukuran yang berfungsi (sinyal indikator penunjuk dalam satuan  $Ci/m^3$ ) dan yang kedua adalah sinyal gangguan (*fault dan alarm*).

## DISKRIPSI SISTEM

### Sistem Pemantau Terpusat

Seluruh perintah, sistem pengawasan dan fasilitas peringatan (*alarm*) yang diperlukan untuk pengoperasian instalasi reaktor di sediakan di Ruang Kendali Utama (RKU), sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pemantau dan pengendalian RSG-GAS menggunakan sistem pemantau terpusat yaitu informasi hasil pengukuran diberbagai tempat dapat dilakukan pembacaan dari satu tempat yaitu di Ruang Kendali Utama. Demikian pula dengan sistem proteksi radiasi yang terpasang di RSG-GAS dirancang untuk memenuhi sasaran sebagai pemantau daerah kerja, pemantau keadaan tidak normal dan pemantau udara yang melewati cerobong yang terpasang pada ruang pengukuran 1003 lantai + 27.00 m dibuat dengan sistem pemantau terpusat, yaitu semua hasil pengukuran sistem proteksi radiasi tertampil di indikator dan terekam di recorder RKU. Selain itu alarm yang disebabkan adanya gangguan atau nilai batas dilampaui untuk memperingatkan pekerja, juga ditampilkan di RKU.

### Sistem monitor gas mulia PGM-102

PGM-102 adalah sebuah sistem pengukur tingkat radioaktivitas udara yaitu dengan

cara mengalirkan udara menggunakan sebuah pompa hisap dan udara yang dicuplik dilakukan pengukuran. Hasil pengukuran tingkat radioaktivitas udara dalam satuan Bq/m<sup>3</sup> di tampilkan pada displai digital yang terletak pada ratemeter model ADM616. Pada displai digital juga dapat dilakukan pembacaan besarnya laju alir udara, jumlah total laju alir udara selama melakukan pengambilan sampel, dan parameter-parameter yang lain. Sistem PGM-102 juga dilengkapi dengan fasilitas pencuplik tritium tipe TBC100, pencuplik gas mulia tipe MG1U dan pencuplik *aerosol-iodine* tipe RBE06. PGM-102 menggunakan detektor scintilasi tipe MD455E dengan *pre-amplifier* tpe PA300E. Alarm yang ditimbulkan apabila terdapat gangguan dan nilai batas terlampaui ditunjukkan menggunakan lampu indikator. Sistem PGM-102 terdiri dari:

1. ILF200, *particulate/iodine fixed filter cartridge holder*
2. ADM616, *digital ratemeter*
3. *Elektrical box*
4. TBC100, *tritium bubbler collector system*
5. *Noble gas sampler*:
  - *MG1U gas sampler*
  - *MD455E beta/gamma scintillator detector*
6. *RBE06, gas grab sample assembly*
7. *PA300, preamplifier*

#### **Preamplifier model PA300E**

Preamplifier merupakan penghubung antara detektor MD455E dan ratemeter ADM616. Preamplifier terdiri dari:

1. A high voltage power Supply for the detector PM tube
2. Three single channel amplifiers
3. one multi-channel amplifier output conector

#### **METODA PENGEMBANGAN**

Hasil pengukuran dari sistem PGM 102 ini belum dapat dilakukan pembacaan di Ruang Kendali Utama (RKU) seperti sistem KKK06 CR003 sebelumnya karena di RSG-GAS menggunakan sistem pemantau terpusat. Untuk menjembatani sistem PGM-102 yang terletak di ruang 1003 lantai +27.00 m dengan indikator terpusat di RKU dibutuhkan sebuah interface, yaitu sebuah pengkondisian sinyal, agar sinyal yang dihasilkan dari sistem PGM-102 tetap dapat sampai di RKU. Sehingga informasi atau hasil pengukuran yang ditampilkan di RKU akan sama dengan informasi atau hasil pengukuran dari sistem PGM-102. Metoda yang digunakan adalah :

1. Mempelajari sinyal input output sistem PGM-102
2. Membuat rancangan interface pengkondisi sinyal
4. Membuat rancangan interface output digital
5. Melakukan pembuatan interface
6. Melakukan uji fungsi menggunakan sumber arus
7. Melakukan uji fungsi menggunakan sumber radiasi

#### **Sinyal input output sistem PGM-102**

Dalam buku manual diinformasikan bahwa output yang ada pada PGM-102 hanya dipergunakan untuk tampilan indikator pada ratemeter ADM616. Sedangkan untuk keperluan pengembangan yang lain seperti sinyal output analog dan output digital tidak disediakan. Berdasarkan uraian diatas PGM-102 tidak dilengkapi dengan modul elektronik untuk pengembangan yang memanfaatkan output dari hasil pengukuran, karena PGM-102 hanya dirancang sebagai pengukur tingkat radioaktivitas portable.

Penelusuran sinyal output analog dan digital dilakukan pada blok diagram dan

gambar rangkaian. Dari hasil penelusuran untuk pengembangan keluaran hasil pengukuran diambil dari keluaran modul Preamplifier model PA300E dan pengembangan alarm gangguan diambil dari output digital yang memicu alarm fault dan high radiation.

Telah dijelaskan bahwa PGM-102 dipergunakan sebagai pengganti sistem KLK06 CR003 yang telah rusak yang terpasang secara menetap di ruang 1003 lantai +27.00 m. Sistem proteksi radiasi yang terpasang di RSG-GAS dibuat dengan sistem pemantau terpusat yaitu hasil pengukuran radiasi dapat dibaca dan diamati di RKU, oleh sebab itu hasil pengukuran tingkat radioaktivitas dari sistem PGM-102 dan alarm yang ditimbulkan juga harus terpusat sehingga hasil pengukuran dapat dibaca dan alarm yang ditimbulkan dapat diamati di RKU. Dari uraian diatas maka dibuat suatu rancangan rangkaian elektronik sebagai penghubung antara PGM-102 yang berada di ruang 1003 lantai +27.00 m dengan indikator pengukur yang berada di Ruang Kendali Utama (lantai +23.00m).

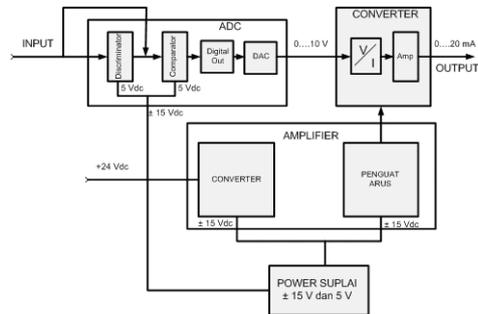
Rancangan Interface Pengkondisi Sinyal

Keluaran Preamplifier pada titik 4 berupa sinyal tegangan (pulsa) dalam orde miliVolt sedangkan sistem indikator di RSG-GAS beroperasi pada tegangan 0 – 10 Volt dan arus 0 – 20 mAmpere. Untuk menjembatani sistem PGM-102 yang keluarannya dalam orde milivolt, dengan indikator terpusat di RKU yang membutuhkan input arus ber orde 0-20 mAmpere dibutuhkan sebuah pengkondisian sinyal, agar sinyal yang dihasilkan dari sistem PGM-102 tetap dapat sampai di RKU tanpa cacat dan gangguan. Perancangan interface untuk pengkondisian sinyal terdiri dari :

- a. Power Suplai ± 15 Volt dan 5 Volt
- b. Amplifier
- c. Converter tegangan ke arus

d. Analog to Digital Converter (ADC)

Blok diagram rangkaian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Blok diagram rangkaian interface PGM -102

- a. Power Suplai ±15 Volt dan 5 Volt  
Power suplai ini menyediakan tegangan dalam bentuk tegangan *negative* 15 Volt, positif 15 Volt serta tegangan positif 5 Volt dc. Secara umum power suplai berfungsi memberikan daya listrik searah agar rangkaian elektronik dapat bekerja sesuai fungsinya
- b. Amplifier  
Dalam rangkaian secara keseluruhan ada beberapa *amplifier* yang di - tempatkan secara berbeda karena fungsinya. *Amplifier* yang ada berupa penguat tegangan keluaran detektor yang masih dalam orde mili Volt dan dan penguat arus agar arus dapat mencapai 20 mAmpere ( 0-20 mA ).
- c. Converter Tegangan ke Arus  
*Converter* berfungsi untuk mengubah keluaran detektor yang berupa sinyal tegangan ke sinyal arus. Perubahan sinyal tegangan ke arus ini karena secara keseluruhan indikator penun- jukkan yang ada di RKU bekerja dengan arus 0 – 20 mA. Selain itu jika keluaran sudah berupa arus maka

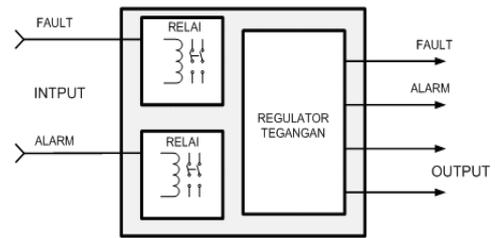
keluaran dapat dilakukan pembacaan di lokasi tempat yang lebih jauh tanpa ada kerugian arus di sepanjang jalur penghubung.

d. *Analog to Digital Converter*

Untuk melakukan pengolahan dan pengkondisian sinyal ada beberapa teknik yang digunakan agar informasi yang diinginkan tetap dapat terpenuhi. Diantaranya dengan melakukan pemilihan sinyal dan mengeliminasi sinyal-sinyal noise yang tidak diinginkan. Cara ini memerlukan teknik dalam bentuk digital kemudian diubah dalam bentuk analog. Sehingga dalam melakukan pengolahan dan pengkondisian sinyal diperlukan sebuah rangkaian *Analog To Digital Converter* (ADC). Isi dalam rangkaian ADC tidak murni merupakan rangkai ADC akan tetapi terdapat rangkaian pendukung untuk pengkondisian sinyal seperti diskriminator dan komparator.

Rancangan *Interface output* digital

*Interface* digital output berfungsi untuk menjembatani keluaran alarm yang biasanya bertegangan 5 Volt (digital). Tegangan keluaran alarm ini harus pula dapat memicu alarm yang ada di Ruang Kendali Utama yang tentunya berbeda tegangan (24 Vdc). Selain itu rangkaian yang digunakan sebagai pengendali agar handal digunakan sebuah relai bertegangan bolak-balik (AC 120 Volt). Dari rangkaian pengendali kemudian dihubungkan ke alarm yang ada di RKU yang bertegangan 24 Volt. Alarm yang di ambil pada digital output ini yaitu alarm gangguan (fault) dan alarm jika nilai batas dilampui (High Radiation). Blok diagram interface digital output dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini :



**Gambar 2.** Blok diagram rangkaian interface digital

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

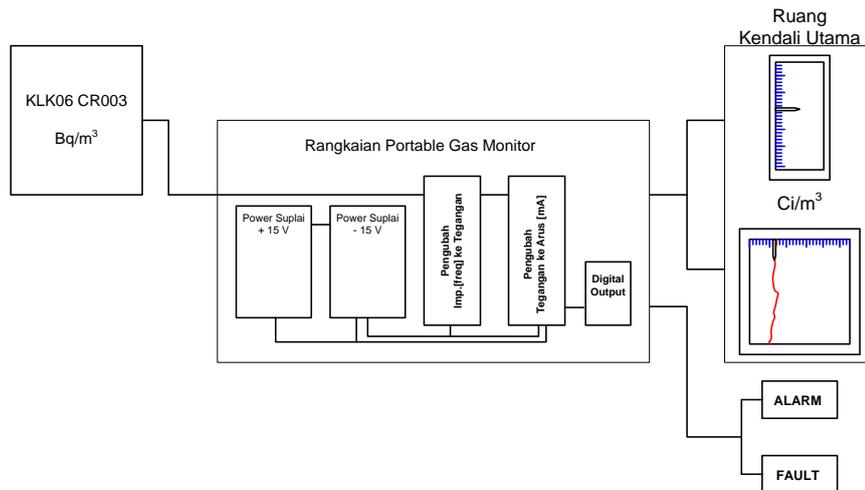
Dari hasil rancangan yang telah dilakukan kemudian dilakukan pembuatan dan perakitan dan dilanjutkan dengan instalasi seperti pada gambar 3 di bawah ini :



**Gambar 3.** Hasil pembuatan interface sistem monitor radiasi PGM-102

Blok diagram pengujian pengembangan interface sistem monitor radiasi PGM-102 ke Ruang Kendali Utama dapat dilihat pada Gambar 4. Pengujian pengembangan interface sistem monitor radiasi ini dilakukan dengan tiga jenis pengujian yaitu:

1. pengujian menggunakan sumber pulsa
2. pengujian menggunakan sumber radiasi
3. pengujian gangguan

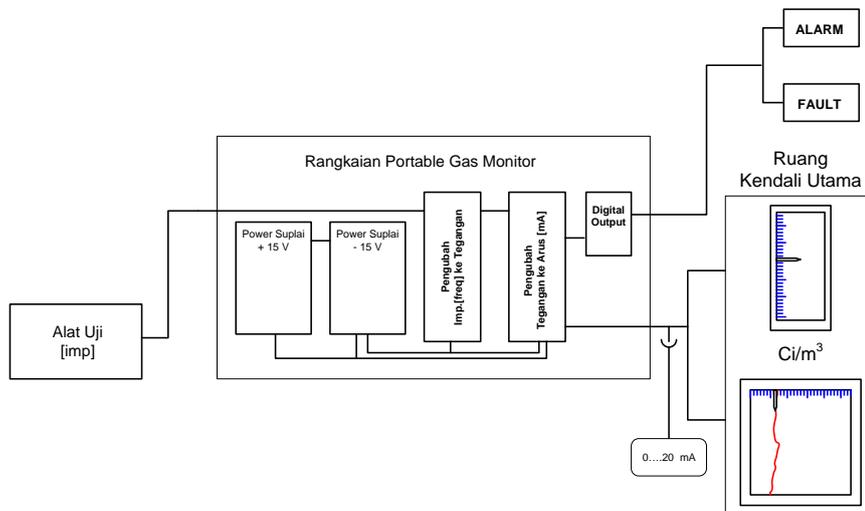


**Gambar 4.** Blok diagram sistem monitor radiasi PGM-102 ke Ruang Kendali Utama

**1. Pengujian menggunakan sumber pulsa**

Metode pengujian menggunakan sumber pulsa secara blok diagram dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini.

Sistem monitor radiasi PGM-102 digantikan dengan sebuah sumber pulsa. Hasil pengujian menggunakan sumber pulsa dapat ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 5.** Blok diagram Pengujian menggunakan sumber pulsa

**Tabel 1.** Hasil Pengujian menggunakan sumber pulsa

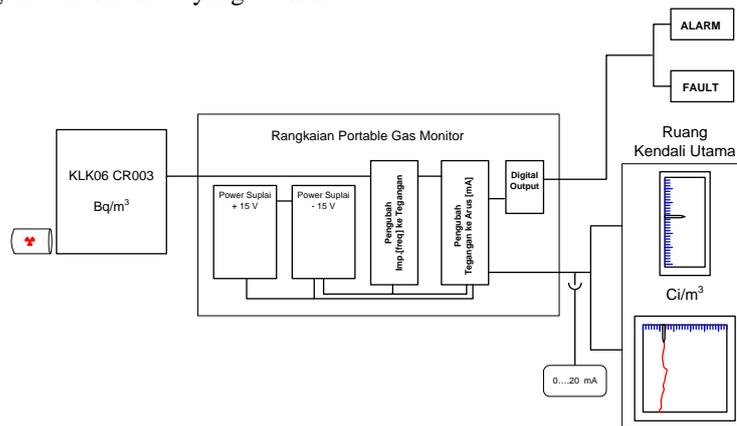
No	INPUT [impulse] Hz	OUTPUT	
		Arus I [mA]	[Ci/m <sup>3</sup> ]
1	1.00E - 01	0,00	0.00E-00
2	1.00E + 00	01,45	8.00E-07
3	1.00E + 01	05,45	9.00E-06
4	1.00E + 02	09,16	9.00E-05
5	1.00E + 03	13,02	9.00E-04
6	1.00E + 04	16,81	1.00E-02
7	1.00E + 05	20,62	1.00E-01

Pengujian menggunakan sumber pulsa ini berfungsi untuk menguji unjuk kerja dari kanal pengukuran yang terdiri dari beberapa rangkaian elektronik dari hasil pembuatan. Dari table 1 dapat ditunjukkan bahwa dengan variasi masukan dari sumber pulsa dari orde 1.00E+1 Hz sampai dengan 1.00E+5 Hz menghasilkan output sebesar 01.45 mA yang setara dengan 8.00E-07 Ci/m<sup>3</sup> dan output sebesar 20.62 mA setara dengan 1.00E-1 Ci/m<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan linieritas dari kanal pengukuran, yang berarti bahwa apabila di bagian input terjadi perubahan masukan pulsa maka didalam interface pulsa dapat diubah ke dalam besaran arus sesuai dengan kriteria indikator di RKU yang bekerja pada orde 0 mA sampai dengan 20 mA. Dari hasil pengujian tersebut dapat tunjukkan bahwa pengembangan interface yang telah

dilakukan telah berhasil berhasil menjembatani dan mengubah antara input berupa sinyal pulsa dengan output berupa sinyal arus. Perubahan ini menunjukkan bahwa pembuatan interface yang telah dilakukan dapat bekerja dengan baik dan mempunyai linieritas yang baik. Hasil output dalam satuan Ci/m<sup>3</sup> merupakan kesetaraan antara arus yang dihasilkan dengan besarnya aktivitas yang terukur sesuai dengan spesifikasi rentang pengukuran sistem yang lama.

**2. Pengujian menggunakan sumber radiasi**

Metode pengujian menggunakan sumber radiasi (sumber standar) secara blok diagram dapat ditunjukkan pada Gambar 6 dibawah ini



**Gambar 6.** Blok diagram Pengujian menggunakan sumber radiasi

**Tabel 2.** Hasil pengujian dengan sumber radiasi

Nama Sumber Radiasi	Output		RKU	
	Indikator KLK 06 CR003 (Bq/m <sup>3</sup> )	Arus I [mA]	Indikator (Ci/m <sup>3</sup> )	High Alarm
0	2.53E+06	12,65	8.00E-04	
1	2.23E+06	13,18	1.00E-03	
2	1.32E+07	15,41	4.00E-03	
3	1.00E+08	17,73	1.80E-02	alarm
4	3.00E+08	18,21	2.20E-02	
Catatan : 1 Bq/m <sup>3</sup> = 2.7e-11 Ci/m <sup>3</sup>				

Pengujian menggunakan sumber radiasi berfungsi untuk menguji unjuk kerja antara sistem monitor radiasi PGM-102 yang mempunyai satuan Bq/m<sup>3</sup> dengan indikator di RKU yang mempunyai satuan Ci/m<sup>3</sup>. Pengujian yang ideal dan tepat adalah pengujian menggunakan sumber radiasi dengan variasi besarnya aktivitas sehingga kesetaraan antara hasil pengukuran dari sistem PGM-102 (Bq/m<sup>3</sup>) dengan indikator di RKU (Ci/m<sup>3</sup>) benar benar dapat teruji (terkalibrasi).

Pengujian menggunakan sumber radiasi dalam pengujian ini dilakukan tidak menggunakan variasi besarnya aktivitas karena PRSG tidak mempunyai sumber radiasi yang mempunyai aktivitas yang berbeda. Pengujian hanya dilakukan dengan menggunakan variasi paparan radiasi yang didekatkan dengan detector yang mengakibatkan hasil pengukuran yang berbeda. Pengujian ini tentu saja kurang tepat akan tetapi dalam pengembangan ini pengujian hanya tertuju dari pengembangan interface yang telah dilakukan. Dari hasil pengujian menggunakan sumber pulsa, interface yang telah dipasang menunjukkan lineritas yang baik dan hal ini perlu dilakukan pengujian menggunakan sumber standar untuk menguji jika terjadi perubahan dari hasil pengukuran sistem monitor radiasi PGM-102 maka secara bersamaan tentu saja akan mengubah hasil pengukuran di

RKU begitupula sampai timbulnya alarm bahwa besar radiasi tertentu terlampaui. Hal ini ternyata dapat ditunjukkan dengan variasi paparan radiasi pengukuran dari PGM-102 ternyata menunjukkan hasil pengukuran yang berbeda dan batas alarm dapat timbul sehingga pengujian menggunakan sumber radiasi ini dilakukan. Dari hasil pengujian dapat menunjukkan bahwa pengembangan interface yang telah dilakukan berfungsi dengan baik

### 3. Pengujian kegagalan sistem

Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian indikator gangguan. Indikator gangguan berfungsi untuk memantau apakah sistem monitor radiasi beroperasi normal atau tidak, misalnya terjadi pompa pencuplik udara mati sehingga tidak ada flow, atau catu daya mati maupun detector rusak atau terdapat kegagalan pengukuran. Dari hasil pengujian dapat ditunjukkan semua fungsi kegagalan dapat beropersai dan bekerja dengan baik dan informasi gangguan dapat diketahui dari RKU.

**Tabel 3.** Hasil pengujian kegagalan sistem

No	GANGGUAN	Ruang 1003	RKU
1.	Failure Battery	alarm	alarm
2.	Failure Flow	alarm	alarm

## KESIMPULAN

Dari Uraian diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Telah dapat dilakukan pengembangan berupa perancangan dan pembuatan *interface* sistem monitor radiasi PGM-102 sehingga pembacaan pengukuran dapat dilakukan di Ruang Kendali Utama
2. *Interface* yang telah dibuat dapat berfungsi dan mempunyai linieritas yang baik, serta informasi gangguan dan alarm batas pengukuran terlampaui dapat terpantau dari RKU
3. Metode pengujian yang telah dilakukan dapat dipergunakan untuk perawatan rutin tahunan dan sebagai uji fungsi kalibrasi kinerja operasi sistem monitor radiasi PGM-102

## SARAN

Untuk keakuratan penunjukkan dan linieritas rentang pengukuran seyogyanya dipergunakan berbagai variasi aktivitas sumber radiasi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **ANIMOUS**, Operation and Mantainance Manual Portable Gas Monitor PGM-102 Perbaikan dan Ijin Kerja (PPIK) RSG-GAS.
2. **ANIMOUS**, Turn Over Package and Test Procedure Radiation and Monitoring System MPR-30.
3. **TASWANDA TARYO**, Keselamatan Reaktor, Bahan pengajaran pelatihan perawatan reaktor, jakarta 13-24 Oktober 2003.

### Lampiran Gambar



Gambar. PGM-102



Gambar. Lokasi interface PGM-102