

DESAIN DAN PEREKAYASAAN AREA MONITOR BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN DETEKTOR GEIGER MULLER

Nugroho Tri S., Setyadi WS

P3TM – Batan

Toto Trikasjono

STTN - Batan

ABSTRAKS

DESAIN DAN PEREKAYASAAN AREA MONITOR BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN DETEKTOR GEIGER MULLER. Telah dilakukan pembuatan satu unit Area monitor sebagai alat monitor radiasi pengukur atau monitor tingkat radiasi dari lingkungan atau lokasi yang diperkirakan ada benda/zat yang mengandung radioaktif. Perancangan alat dengan mikrokontroler, serta key pad sebagai pengatur waktu operasi dan Liquid Crystal Display (LCD) sebagai penampil dalam bentuk digital untuk memudahkan membaca dengan bahasa program Bascom sebagai soft ware. Alat ini telah diuji coba serta dibandingkan dengan Surveymeter digital merk Thermo milik bidang keselamatan dan kesehatan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju BATAN, hasil komparasi dengan sumber radioaktif Cs 137. terdapat penyimpangan 1,18 % hasil Chi square test dengan 20 data terdapat angka 26,3 terletak antara $7,633 < X^2 < 36,191$. berarti alat layak untuk dipakai.

Kata kunci : Area monitor, Mikrokontroler AT89C52, Detektor Geiger Muller

ABSTRACT

DESAIN AND CONSTRUCTION MICROCONTROLLER BASED MONITOR AREA USING GEIGER MULLER DETECTOR. An area monitoring system for nuclear radiation measuring system has been constructed. The equipment is used to measure the radiation intensity of the environment or the location that predictable to be contaminated by radioactive materials. The system was designed in microcontroller based to achieve the better quality and specification of the system compared to the conventional one. Microcontroller unit consist of the keypad as the operation time control, and Liquid Crystal Display (LCD) as the digital display, as well as operates under the Bascom programe of software. The designed Area monitor has been examined to the radiation exposure and its performance was compared to the Digital Surveymeter made by Thermo that usually used for radiation monitoring in the institute. Comparison test results using Cs 137 source tests show the deviation of 1,18 %, whereas the Chi Square test to measure the reliability of statistic counting is 26,3 for $n = 20$, that is the acceptable range that is $7,633 < X^2 < 36,191$, so the system is reliable to be used, as an area monitor system.

Key word : Monitor Area, Microcontroller AT89C52, Geiger Muller Detector

PENDAHULUAN

Manusia dengan panca inderanya tidak dapat menangkap zarah radiasi secara langsung karena manusia tidak mempunyai sensor biologis untuk zarah radiasi. Untuk menangkap, mengukur maupun mendeteksi radiasi dibutuhkan bantuan alat

instrument nuklir. Jadi manusia sepenuhnya bergantung pada peralatan instrumentasi nuklir agar dapat mengetahui dan memanfaatkan zarah radiasi yang ada^[1].

Didalam perkembangannya dan pemanfaatan tenaga nuklir dalam berbagai bidang kehidupan manusia didunia sudah sedemikian

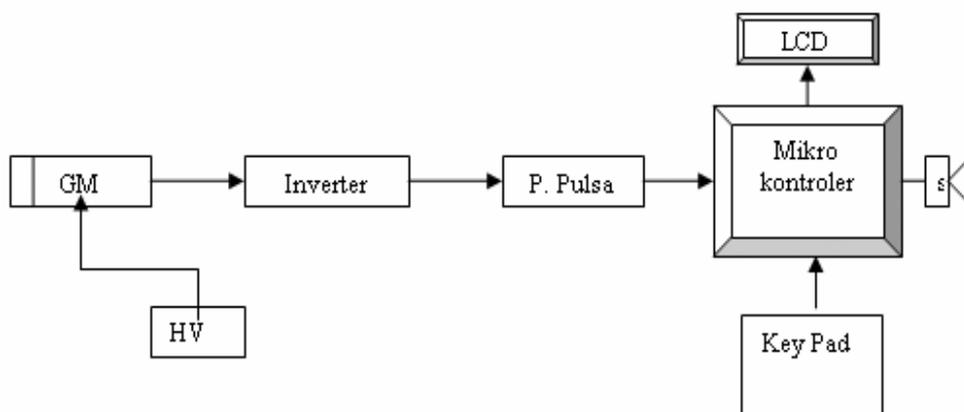
maju, sehingga pemanfaatan dan pengembangannya bagi pembangunan nasional yang berkesinambungan dan berwawasan lingkungan perlu ditingkatkan dan diperluas, karena sifat tenaga nuklir selain dapat memberikan manfaat juga dapat menimbulkan bahaya radiasi, maka setiap kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diatur dan diawasi^[2].

Untuk melindungi manusia khususnya pekerja yang berhubungan dengan zat radioaktif sebagai suatu sistem proteksi radiasi menjadi sangat penting dalam suatu fasilitas nuklir. Salah satu metode proteksi radiasi adalah dengan melakukan pengawasan terhadap paparan radiasi yang diterima pekerja radiasi tidak melebihi ambang batas yang diperkenankan. Pengawasan dapat dilakukan dengan cara pengukuran radiasi dengan menggunakan detektor yang dipasang pada daerah-daerah yang sering dipakai aktivitas manusia^[3]. Untuk mewujudkan hal tersebut diatas serta berdasarkan peraturan pemerintah dan SK Kepala Bapeten No 01/Ka-Bapeten/V/99. tentang upaya nyata terhadap keselamatan bagi pekerja maupun lingkungannya, maka diperlukan alat bantu untuk monitor radiasi yang sesuai.

TEORI DASAR

Area monitor adalah suatu alat monitor tingkat radiasi dari lingkungan, fasilitas nuklir yang diperkirakan ada benda/zat yang memancarkan radiasi. Pembuatan alat ini untuk

kepentingan dalam bidang proteksi radiasi yang mampu memantau aktivitas radiasi beta dan gamma yang ada disuatu area/lokasi dan dilengkapi alarm. Area monitor ini terdiri dari beberapa bagian antara lain detektor Geiger Muller (GM), pembalik pulsa, pembentuk pulsa, tegangan tinggi, mikrokontroler, keypad, LCD (*Liquid Crystal Display*) dan alarm, dengan menggunakan bahasa program bascom sebagai perangkat lunak. Perancangan alat ini dengan tujuan pengukuran radiasi khususnya sinar gamma, maka alat ini menggunakan detektor Geiger Muller (GM). Detektor Geiger Muller selain harganya lebih kompetitif, rangkaian akan lebih sederhana jika dibandingkan dengan memakai detektor NaI(Tl). Area monitor dengan detektor Geiger Muller tidak menggunakan penguat awal, penguat linier maupun sistem analisa saluran tunggal, penggunaan alat ini untuk melihat cacah radiasi persatuan waktu. Pulsa keluaran dari detektor dengan orde volt sudah mampu untuk memicu rangkaian selanjutnya. Alat ini diharapkan mampu membantu bagi pekerja pada kawasan instalasi nuklir karena akan memberikan peringatan secara dini adanya radiasi nuklir. Area monitor dibuat dengan prinsip sederhana dan mudah pengoperasiannya, yang artinya alat tersebut mudah dioperasikan serta tidak diperlukan persiapan awal maupun pengaturan lebih lanjut. Alat ini mampu berperan sebagai pemantau dan pencacah radiasi yang datang mengenai detektor. Gambar 1 adalah diagram kotak Area Monitor:



Gambar 1. Diagram kotak Area monitor.

Fungsi tiap bagian antara lain:

Detektor GM sebagai transduser yang mampu berinteraksi dengan radioaktif dengan medium gas sehingga akan terjadi pembebasan elektron dan ion-ion, atau terjadi suatu peristiwa ionisasi. Ion positif akan bergerak ke arah dinding tabung (katoda) dengan kecepatan relatif lebih lambat bila dibandingkan dengan elektron-elektron yang bergerak ke arah anoda^[6].

Pembalik pulsa dan pembentuk pulsa adalah merupakan rangkaian elektronik apabila ada pulsa masukan berpolaritas negatif, pulsa tersebut akan dibentuk menjadi pulsa kotak dan dibalik polaritasnya, sehingga keluaran pulsa tersebut berbentuk pulsa kotak positif standar TTL dengan tinggi 4 volt^[4].

Penyedia daya tegangan tinggi merupakan catu daya detektor yang sangat diperlukan agar detektor tersebut dapat bekerja.

Mikrokontroler sebagai pengendali pada sistem rangkaian dan Buzzer sebagai alarm jika pencacahan telah selesai.

Rangkaian modul LCD berfungsi sebagai media penampil informasi nilai dosis paparan radiasi di daerah yang dideteksi. Informasi yang ditampilkan berupa tampilan setting batas waktu operasi dan paparan dosis radiasi.

Rangkaian modul keypad merupakan sarana input bagi mikrokontroler. Sarana input tersebut berupa kode digital yang akan dikonversikan oleh mikrokontroler ke dalam

kode desimal maupun kode ASCII untuk mengisikikan data angka maupun simbol.

TATA KERJA DAN PERCOBAAN**Bahan/ Peralatan**

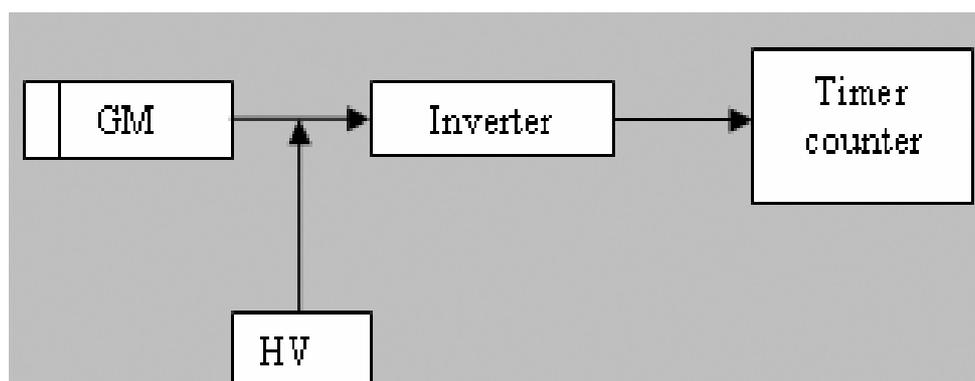
1. PCB dan Komponen elektronik
2. *Soldering Iron / Desoldering Iron*
3. Multimeter dan Toolset
4. *Function Generator* FG 501 Tektronix
5. *Oscilloscop* Cs 1570 A 30 mHz Trio
6. DC Power Supply Isotech IPS 29002302 A
7. DC Differential Volt Meter merk Fluke

Proses Pelaksanaan

1. Tahap rancang bangun
2. Tahap Konstruksi
3. Tahap Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Pengujian*****Pengujian Tegangan kerja Detektor GM***

Gambar 2 adalah skema pengujian detektor GM. Tabel 1 adalah hasil pengujian detektor GM dengan sumber Sr 90 dengan aktivitas 10 mCi pada jarak 10 cm.



Gambar 2. Skema pengujian detektor GM.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan kerja Detektor Geiger Muller.

No	Tegangan Tinggi (volt)	Cacah/10 detik
1	700	52
2	720	1318
3	740	1736
4	760	1775
5	780	1798
6	800	1805
7	820	1826
8	840	1809
9	860	1886
10	880	1901
11	900	1981
12	920	2036
13	940	2386

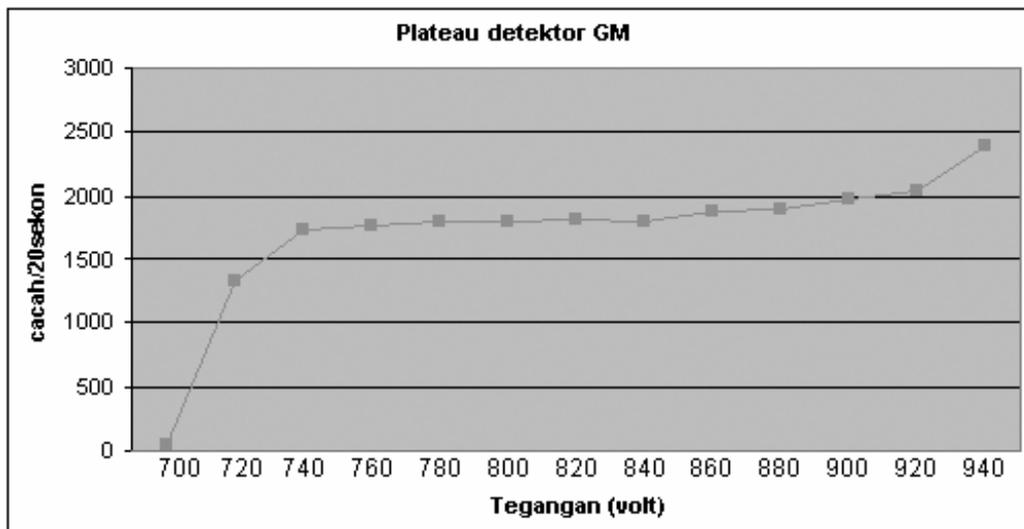
Dari data diatas maka dapat digambar seperti dibawah ini, merupakan tegangan kerja dari detektor Geiger Muller dengan tipe 491-30.

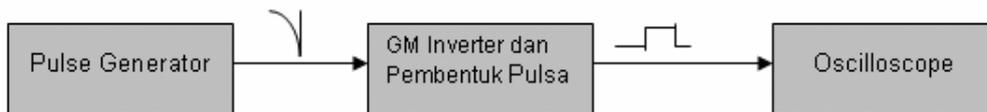
Pengujian GM Inverter dan Pembentuk Pulsa

Gambar 4 adalah skema pengujian rang-

kaian GM Inverter dan Pembentuk Pulsa.

Hasil Pengujian Rangkaian GM Inverter dan Pembentuk Pulsa dengan *pulse generator* sebagai masukan disajikan pada Tabel 2.

**Gambar 3. Tegangan kerja detektor GM.**



Gambar 4. Diagram blok pengujian Rangkaian GM Inverter dan Pembentuk Pulsa.

Tabel 2. Hasil pengujian rangkaian Inverter GM dan Pembentuk Pulsa.

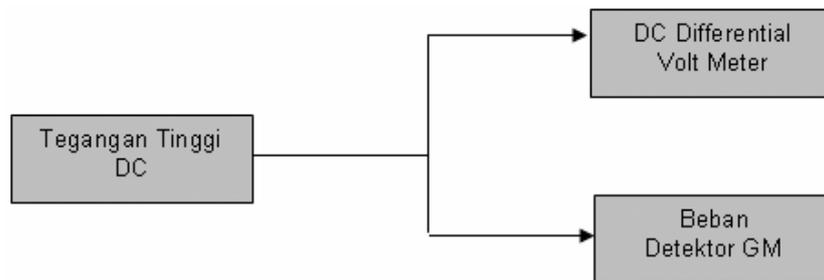
No	Bagian yang diuji	Direncanakan	Terukur
1	Bentuk pulsa masukan	Pulsa negatip	Pulsa negatip
2	Frekuensi pulsa masukan	1 KHz	1 KHz
3	Bentuk pulsa keluaran	Pulsa kotak positip	Pulsa kotak positip
4	Lebar pulsa keluaran	0,5 – 100 μ S	30 μ S
5	Tinggi pulsa keluaran	2,8 – 5,0 V	4,0 V
6	Tegangan noise	\leq 50 mV	40 mV
7	Respon frekuensi maksimum	\geq 10 KHz	12 KHz

Pengujian Penyedia Daya Tegangan Tinggi

Gambar 5 adalah gambar skema pengujian penyedia tegangan tinggi. Hasil pengujian penyedia daya tegangan tinggi DC disajikan

pada Tabel 3.

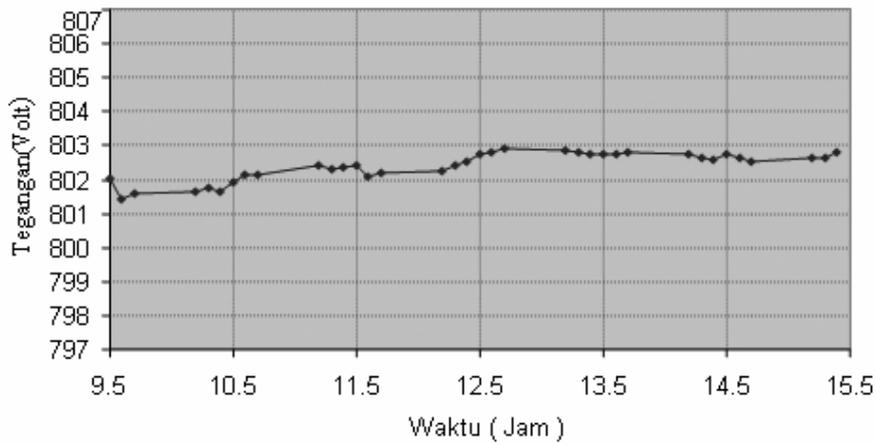
Grafik stabilitas Penyedia Daya Tegangan Tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Diagram blok pengujian daya tegangan tinggi DC.

Tabel 3. Hasil pengujian Daya Tegangan Tinggi.

No	Bagian Yang Diuji	Direncanakan	Terukur
1	Konsumsi arus beban	\leq 150 mA	125 mA
2	Frekuensi osilator	2 – 15 KHz	10 KHz
3	Tegangan keluaran tanpa beban	800 V	800 V
4	Tegangan keluaran dengan beban	750V – 900V	800 V
5	Faktor regulasi	\leq 0,5 %	0,28%
6	Tegangan <i>ripple</i>	\leq 50 mV	35 mV
7	Stabilitas tegangan	95 – 100 %	99,62 %



Gambar 6. Grafik stabilitas tegangan tinggi DC 800 volt.

Pengujian Area Monitor secara keseluruhan untuk mengetahui kestabilan dengan metode (Chi Square Test / X²)

Menggunakan Sumber Radiasi Cs-137;

Aktivitas : 10 mCi (1981), waktu cacah : 100 detik; jarak detektor dari sumber = 15 cm , tanpa kolimator dilakukan sebanyak 20 kali pencacahan.

Tabel 5. Hasil cacah aAea Monitor tiap 100 detik.

No	Jarak (cm)	Cacah (X _i)	(X _i - \bar{X}) ²
1	15	442	64
2	15	448	196
3	15	427	49
4	15	432	4
5	15	423	121
6	15	429	25
7	15	460	676
8	15	428	36
9	15	511	5929
10	15	469	1225
11	15	447	189
12	15	435	1
13	15	451	289
14	15	422	144
15	15	425	81
16	15	468	1156
17	15	468	1156
18	15	428	36
19	15	422	144
20	15	430	19
N=20		$\Sigma Xi = 8623$ $\bar{X} = 434$	$\Sigma (Xi - \bar{X})^2 = 11415$

Komparasi Area Monitor dengan Survey-meter digital merk Thermo**Data alat kalibrator :**

Thermo ESM FH 40 G-L

No Sertifikat : 1095/S/PSO302/RBN/2004

Nama Alat : FH 40 G-L Sn 16303

Nama Pemilik : P3TM – BATAN

Rentang/Skala : Cs 137

Faktor Kalibrasi : 1,00

Kalibrasi Ulang : 16 Agustus 2005

Dari data pada Tabel 6 terdapat perbedaan hasil pengukuran antara Area Monitor dan Surveymeter = 264,5 mR/j - 261,4mR/j = 3,1mR/j

$$\Delta X = \frac{3,1}{261,4} \times 100\% = 1,18\%$$

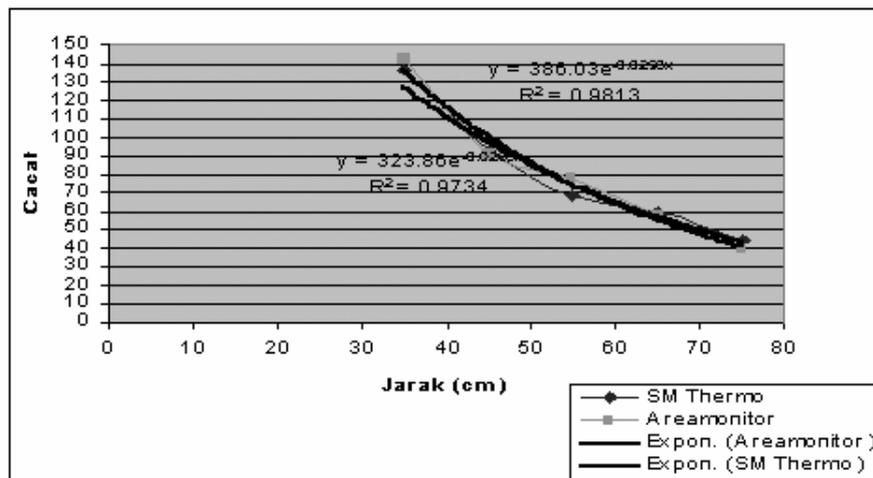
Tabel 6. Komparasi pengukuran antara Surveymeter digital dan Area Monitor.

No	Merk	Jarak (cm)	Hasil (µCi/h)	No	Merk	Waktu (sekon)	Hasil (mR/h)	Hasil (µCi/h)
1	Thermo	25	283	1	Area	100	0,281	281
2	Thermo	25	296	2	Area	100	0,285	285
3	Thermo	25	320	3	Area	100	0,305	305
4	Thermo	25	289	4	Area	100	0,277	277
5	Thermo	25	267	5	Area	100	0,287	287
6	Thermo	25	240	6	Area	100	0,241	241
7	Thermo	25	240	7	Area	100	0,236	236
8	Thermo	25	220	8	Area	100	0,251	251
9	Thermo	25	244	9	Area	100	0,245	245
10	Thermo	25	215	10	Area	100	0,237	237
11	Jumlah	$\Sigma Xi = 2614$		11	Jumlah	$\Sigma Xi = 2645$		
12	Rerata	$\bar{X} = 261,4$		12	Rerata	$\bar{X} = 264,5$		

Komparasi pengukuran antara alat yang dibuat Area Monitor dengan Surveymeter sebagai kalibrator, dengan sumber Cs 137 aktivitas 10 mCi dengan variasi jarak**Tabel 7. Komparasi pengukuran antara Surveymeter digital dan Area Monitor.**

No	Jarak (cm)	Alat	Hasil mR/jam	Alat	Hasil mR/jam
1	75	Thermo	38,5	Area M	39
2	65	Thermo	45,7	Area M	40,5
3	55	Thermo	58	Area M	60,1
4	45	Thermo	68	Area M	78
5	35	Thermo	137	Area M	142

Dari data pada Tabel 7 maka dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Komparasi cacah dengan variasi jarak.

Pembahasan

Pada percobaan mencari tegangan kerja detektor GM dapat diperoleh dari grafik, melihat bentuk gambar grafik tegangan 740 volt sampai 920 volt, maka panjang tegangan kerja detektor GM tersebut adalah 180 volt, sedangkan panjang plateau GM yang ideal adalah 200 volt^[1]. Dengan diketahui panjang plateau GM, berarti dapat diketahui daerah kerja GM, sehingga dalam membuat tegangan tinggi harus mampu bekerja pada tegangan yang sesuai dengan daerah kerja detektor.

Pengujian pembalik dan pembentuk pulsa dilakukan dengan memberikan pulsa masukan yang mempunyai polaritas negatif sesuai keluaran detektor. Bentuk pulsa negatif berasal dari *function generator* model GL-3. Setelah melalui pembalik pulsa, maka pulsa tersebut akan diubah polaritasnya menjadi positif. Untuk dapat diproses pada rangkaian selanjutnya perlu pulsa digital dengan amplitudo 4 volt dan lebar pulsa 30 μ s, proses ini dilakukan oleh pembentuk pulsa.

Penyedia daya tegangan tinggi pada pengujian ini dilakukan selama 5 (lima) jam tanpa berhenti, data diambil tiap 10 (sepuluh) menit, tegangan terendah diperoleh pada saat awal operasi dimulai dengan angka 801,40 Volt (V_{\min}) serta tegangan tertinggi diperoleh pada jam 13.00 WIB dengan tegangan 803.55 Volt (V_{\max}) sehingga diperoleh selisih tegangan se-

besar $\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = 803,55 \text{ Volt} - 801,40 \text{ Volt} = 2,15 \text{ Volt}$ angka tersebut merupakan fluktuasi tegangan atau angka tidak stabil sama dengan $\Delta X = \frac{2,15}{802} \times 100\% = 0,306\%$.

Jadi menurut perhitungan adalah 100% - 0,26% = 99,64%, dari perhitungan diperoleh angka stabil adalah 99,64%, operasi dan juga uji kemampuan dengan beban detektor, hasil yang diperoleh tidak mengalami penurunan tetap pada tegangan 800 volt, hasilnya merupakan unjuk kerja yang baik.

Pengujian Area Monitor merupakan pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui kestabilan cacah, perolehan angka setelah diadakan perhitungan maka ada dua kemungkinan, pertama hasil dapat diterima jika angka Chi square (X^2) yang diperoleh berada pada rentang yang ditentukan. Hasil kedua akan ditolak jika harga chi square (X^2) berada diluar rentang angka yang ditentukan, ini berarti alat harus diperbaiki atau perlu dikalibrasi ulang.

Berikut ini adalah cara menghitung harga Chi Square Test (X^2)

Untuk $n = 20$, dengan mengambil tingkat kepercayaan = 99%, maka harga X^2 harus berada antara $7,633 \leq X^2 \leq 36,191$.

Harga Chi Square Test (X^2) hasil pengukuran = 26,3

Harga X^2 tersebut dimasukkan dalam standar yang ditetapkan.

Batasan yang diijinkan : $7,633 \leq 26,3 \leq 36,191$.

Dari hasil perhitungan yang diperoleh berarti alat yang dirancang adalah dalam kondisi stabil dan layak untuk dioperasikan, semakin kecil (0,01) kesalahan, maka alat semakin valid.

Untuk uji komparasi dengan alat yang sudah terkalibrasi ternyata terdapat perbedaan hasil pengukuran antara Area Monitor dan Surveymeter = $264,5 - 261,4 = 3,1$.

$$\Delta X = \frac{3,1}{261,4} \times 100 \% = 1,18 \%$$

dari data yang diperoleh ternyata terdapat perbedaan angka, akan tetapi tidak terlalu signifikan, sehingga masih dapat dioperasikan.

KESIMPULAN

1. Area monitor adalah alat bantu dalam bidang proteksi radiasi menggunakan detektor Geiger Muller mampu memberikan informasi dalam bentuk digital dan dapat digunakan untuk monitor sumber radiasi beta gamma disuatu lokasi atau dilingkungan kerja.
2. Alat ini dapat dioperasikan dengan waktu sesuai dengan kebutuhan dengan batas maksimum tiga digit.
3. Alarm akan berbunyi menandakan waktu operasi telah selesai.
4. Nilai uji statistik Chi square dari 20 data diperoleh angka 26,3 angka itu terletak antara $7,633 \leq 26,3 \leq 36,161$ artinya angka kebolehjadian stabil adalah 99% dan kesalahan sebesar 1% yang berarti alat yang dirancang dalam keadaan stabil dan layak pakai.
5. Spesifikasi alat

Nama alat	=	Area Monitor
Model	=	BEM -IN022
Alat digunakan	=	untuk mengukur radiasi beta dan gamma
Penampil	=	LCD 2 x 16

Hasil cacah	=	paparan.... mR/jam
Waktu cacah	=	dalam detik diatur dengan Key pad 3 x 4
Kepekaan masukan	=	400 mVolt
Tegangan tinggi	=	+ 800 Volt DC
Alarm	=	bunyi jika waktu operasi selesai atau melebihi 50 mR/jam
Detektor	=	Geiger muller
Ukuran kotak (P x L x T)	=	(23,5 x 16 x 6,5) cm
Berat	=	1,9 kg termasuk detektor GM
Catu daya	=	220 Volt AC
Konsumsi daya	=	110 watt

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak dan Ibu Pejabat Struktural Balai Elektromekanik yang telah memberikan fasilitas dan pengarahan untuk melakukan pembuatan makalah ini, terima kasih juga kepada Rekan Staf Balai Elektromekanik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WARDHANA, W.A, *System Deteksi dan Detektor Nuklir*, Pusdiklat BATAN, 1985.
- [2] *Undang Undang Republik Indonesia No 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran*.
- [3] SETYADI WS., *Detector CsI(Tl) Untuk Renograf Jinjing*, Yogyakarta : Proseding P3TM BATAN, 2002.
- [4] JUMARI, JUNINGRAN, HERU SUSETYADI, *Pembuatan Rangkaian Pembentuk Pulsa dan Modifikasi Sistem Pencacah Nuklir*, Yogyakarta.: Proseding Seminar Nasional Pengelolaan Perangkat Nuklir, 2005.

- [5] PUTRA, AGFIANTO EKO, *Belajar Mikrokontroller AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, Gava Media, Yogyakarta, 2002.
- [6] WARDHANA, W.A, *Radioekologi*, Andi Offset, Yogyakarta, 1996.
- [7] WISNU SUSETYO, *Spektometri Gamma*, Penerbit Gajahmada University Press, Yogyakarta, 1988.
- [8], *ATMEL Data Sheet*, www.atmel.com, 1997.

TANYA JAWAB

Sri Rinanti Susilowati

- Apakah kelebihan/keistimewaan dari alat yang saudara buat, sebab sebetulnya alat tersebut sudah lama ada. Dengan adanya penelitian saudara, pasti ada kelebihan/perbedaan dari alat yang telah lama ada.

Nugroho Tri S.

- Keistimewaan : menggunakan mikrokontroller, lebih ringkas (kompak), tampilan mR/jam.

Triyono

- Mohon dijelaskan sistem konversinya, apakah disain ini menggunakan ADC, ADC yang digunakan apakah mudah dicari dipasaran lokal. Berapa kapasitas (byte) dari ADC tersebut?

Nugroho Tri S.

- Tidak menggunakan ADC.

Subroto

- Mikrokontroler tanpa program yang ditanam tentu tidak jalan.
- Program apa yang ditanam pada mikrokontroler tersebut.
 - Dapatkah digunakan dengan multi detektor?

Nugroho Tri S.

- Program yang dipakai/ditanam Bascom.
- Dapat.