

RANCANG BANGUN SISTEM PENCACAH RADIO-AKTIVITAS UDARA TIPE BEM-IN.04 MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Jumari, Prajitno, Setyadi

P3TM - BATAN

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENCACAH RADIOAKTIVITAS UDARA TIPE BEM-IN.04 MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER. Pengukuran konsentrasi Beta total secara kuantitatif merupakan salah satu metoda yang lazim digunakan untuk analisis radioaktivitas udara. Hal ini dilakukan karena adanya cacah latar yang berasal dari radiasi alam seperti deret Radon – Thoron, juga karena adanya fasilitas nuklir yang memungkinkan udara mendapat tambahan radioisotop yang berasal dari pelepasan bahan radioaktif berupa gas-gas mulia. Untuk maksud tersebut telah dilakukan rancang bangun alat dengan menggunakan detektor Geiger Muller (GM) tipe Pan Cake yang dilengkapi dengan perisai timbal dan sistem pencacah beta menggunakan mikrokontroler tipe AT 89C52 buatan Atmel Co serta komputer. Pengujian alat menunjukkan derajat kesaksamaan pencacahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan alat sejenis yaitu model FS-8 buatan Technical Associates USA. Kelebihan hasil rancang bangun ini adalah mudahnya pengguna dalam mengoperasikan alat ini, seluruh hasil pengukuran dapat disimpan didalam komputer. Spesifikasi penting alat ini adalah : keluaran tegangan tinggi maksimum 1000 V, faktor regulasi 0,3%, tegangan ripel 10 mV, dan stabilitas tegangan 99,687%. Untuk rangkaian pembentuk pulsa amplitudo keluaran 4V, lebar pulsa 20 μ s. Komunikasi antara mikrokontroler dengan PC menggunakan RS 232, tampilan pencacahan menggunakan LCD 16 digit (x) 2 larik. Pengujian konsentrasi udara disuatu lokasi secara manual dan otomatis menghasilkan nilai sebesar (2,743 x 10⁻⁹) μ Ci/cc. Dari hasil pengujian secara keseluruhan alat yang dibuat telah dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi standar sistem instrumentasi nuklir yang ditetapkan oleh IAEA.

ABSTRACT

THE CONSTRUCTION OF AIR RADIOACTIVITY COUNTING SYSTEM BEM-IN.04 TYPE USING MICROCONTROLLER. Measurement of Gross Beta concentration is a method for air radioactivity analysis. Air monitoring is carried out to analyze background counting from natural radiation such as Radon and Thoron series and also from Nuclear Facility, which release Nobel Gas. For those purpose, the instrument was build using Geiger Muller (GM) Pan Cake type detector equipped with lead shielding and nuclear counting system using micro controller AT 89C52 made by ATMEL Co and personal computer. Test result shows that this instrument has higher counting accuracy than the same instrument of model FS-8 made by Technical Associates USA. Advantages of the constructing device is easy in operation, all measurement data can be stored in the Personal Computer. The main specification are, maximum high voltage 1000 V, regulation factor 0,3%, ripple voltage 10 mV, and voltage stability 99,687%. The output amplitude of pulse shaping circuit is 4V, and pulse width is 20 μ s. The communication between microcontroller and Personal Computer via RS 232, Counting displayed on LCD 16(x)2. Air concentration test was carried out in location by manual and automatic mode shows (2,743 x 10⁻⁹) μ Ci/cc. So from the whole test result of the instrument, shown that it has good function and meets the standard recommended by IAEA nuclear instrumentation system.

PENDAHULUAN

Demi keselamatan manusia dan lingkungan maka peralatan pengukur radiasi sangat mutlak diperlukan pada suatu fasilitas nuklir, karena manusia tidak mempunyai sensor terhadap radiasi padahal bahaya radiasi sangat nyata dan dapat

dirasakan oleh manusia. Alat ukur radiasi telah banyak dibuat dalam berbagai macam merk dan tipe, tetapi sebagian besar dalam pembuatan alat ukur radiasi tersebut masih menggunakan teknologi lama. Mengingat hal tersebut maka perlu diadakan pengembangan dalam bidang instrumentasi nuklir yaitu dengan telah dilakukannya kegiatan rancang

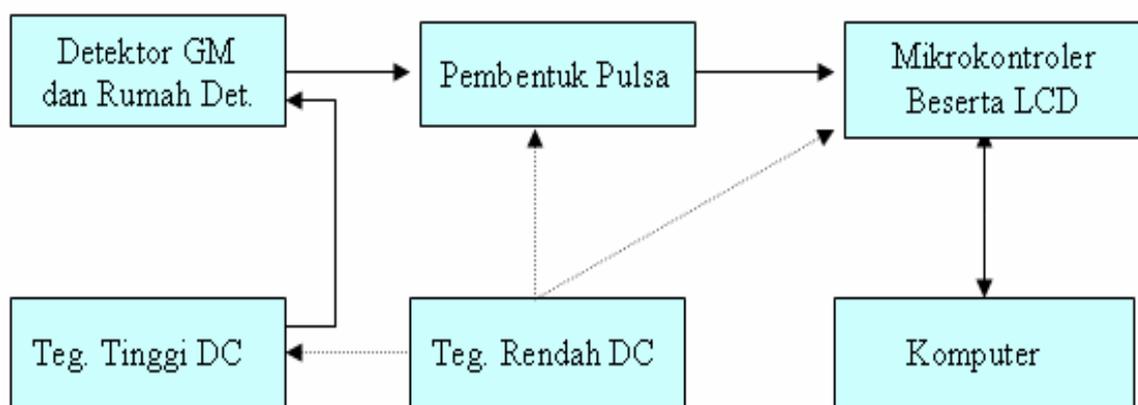
bangun “sistem pencacah radioaktivitas udara menggunakan mikrokontroler tipe BEM-IN.04”. Adapun fungsi alat itu adalah untuk mengukur konsentrasi paparan radiasi beta diudara persatuan volume. Pada dasarnya sistem pencacah radioaktivitas udara yang dibuat terdiri dari detektor Pan Cake GM, penyedia daya tegangan rendah/tinggi DC, rangkaian pembentuk pulsa, mikrokontroler sebagai *counter/timer* dan komputer sebagai penampil dan pengolah data. Dengan menggunakan mikrokontroler ini maka rangkaian *counter/timer* lebih sederhana dan praktis karena pencacah dan pewaktu hanya diwakili oleh satu *chip* IC tipe AT89C52, hal lain yang sangat menguntungkan dari penggunaan mikrokontroler AT89C52 ini adalah harganya murah, mudah didapat, handal, mempunyai akurasi tinggi serta mudah dalam pengoperasian dan perbaikannya^[1]. Tujuan dilakukannya kegiatan ini adalah untuk membuat unit alat sistem pencacah radioaktivitas udara menggunakan mikrokontroler yang dapat dikopel dengan komputer untuk operasi, penampil dan analisis data, sehingga akan memudahkan bagi pemakai dalam mengoperasikan dan analisis data hasil pengukuran radioaktivitas udara persatuan volume ($\mu\text{Ci/cc}$) secara otomatis. Disamping itu kegiatan ini juga merupakan pengembangan alat sistem pencacah untuk pengukuran radioaktivitas udara yang telah ada (*Beta Counting System model FS-8* buatan *Technical Associates USA*) yang dalam pengambilan data dan analisis data masih dilakukan secara manual^[2]. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dibuat telah dapat menghitung konsentrasi paparan radiasi diudara persatuan volume ($\mu\text{Ci/cc}$).

METODOLOGI

Prinsip Kerja Sistem

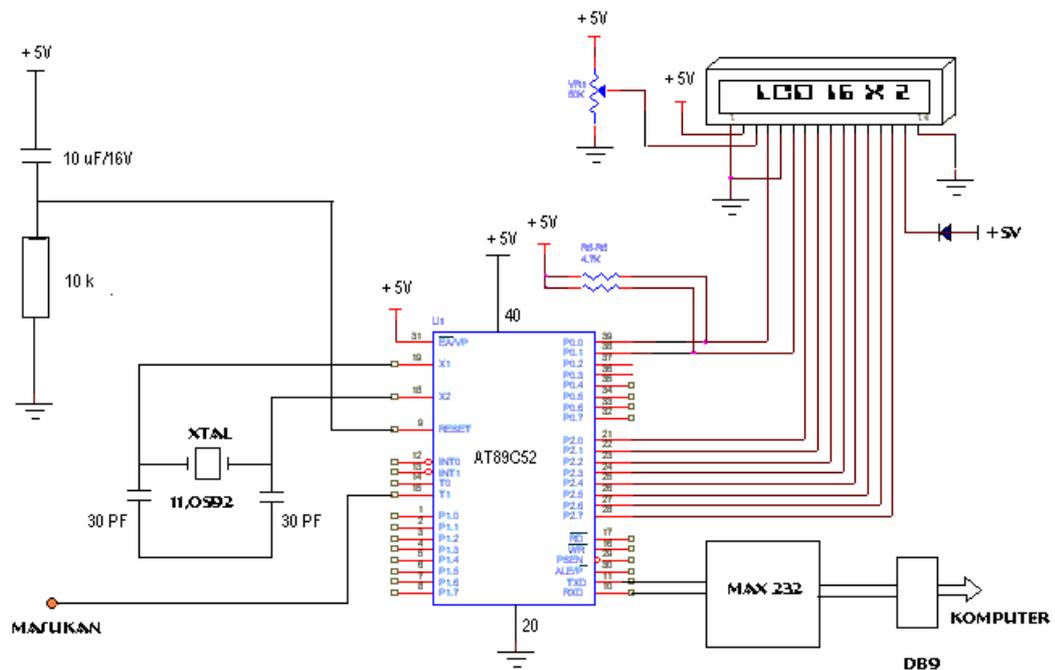
Gambar blok diagram Sistem Pencacah Radioaktivitas Udara yang dibuat seperti disajikan pada Gambar 1.

Prinsip Kerja Blok Diagram diatas adalah sebagai berikut : Penyedia daya tegangan rendah DC berfungsi untuk mencatu daya seluruh sistem elektronik Sistem Pencacah Radioaktivitas Udara. Penyedia daya tegangan tinggi DC berfungsi untuk mencatu detektor GM. Prinsip kerja detektor GM adalah apabila ada sinar radiasi beta datang ke tabung GM maka zarah beta tersebut akan mengionisasi gas isian dan akibat dari proses ionisasi tersebut akan timbul ion dan elektron, karena terpasangnya tegangan tinggi DC (+) pada Anoda dan (-) pada katoda, maka ion akan tertarik ke katoda dan elektron akan tertarik ke anoda, sehingga pada *output* detektor akan keluar pulsa radiasi berpolaritas negatif^[3]. Prinsip kerja Rangkaian Pembentuk Pulsa adalah Apabila ada pulsa masukan yang berasal dari keluaran detektor GM masuk pada *input* rangkaian pembentuk pulsa maka kalau tinggi pulsa tersebut berada diatas batas diskriminator tertentu maka pulsa tersebut akan dikuatkan tinggi pulsanya, selanjutnya pulsa tersebut akan dibentuk menjadi pulsa kotak dan dibalik polaritasnya. Pada *output* rangkaian pembentuk pulsa keluar pulsa kotak standar TTL yang nantinya akan dimasukkan ke rangkaian *counter/timer* (mikrokontroler AT89C52) untuk dihitung berapa jumlah pulsa radiasi beta yang ditangkap oleh detektor GM.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pencacah Radioaktivitas Udara.

Rangkaian Counter/Timer



Gambar 2. Rangkaian Counter/Timer dengan Mikrokontroler AT89C52.

Prinsip Kerja Rangkaian Counter/Timer

Program BASCOM untuk pencacahan yang telah dibuat ditanamkan ke dalam IC mikrokontroler AT89C52 dengan menggunakan modul *down loader* PEB51^[4]. Kristal 11,0592 MHz berfungsi sebagai pulsa *clock timer* dari IC mikrokontroler AT89C52, pulsa/data masukan digital dimasukkan pada T₁ (kaki No.15 IC AT89C52), waktu *counting* diset melalui komputer untuk selanjutnya pulsa tersebut dicacah pada IC AT89C52 dan ditampilkan pada LCD Display dan ke Komputer untuk keperluan analisis data melalui saluran serial modul RS-232. Pencacahan yang dilakukan meliputi pencacahan *back ground* dan filter radioaktivitas udara, pencacahan dilakukan secara berulang-ulang sesuai kebutuhan, selanjutnya dari data hasil pencacahan dan dari besaran fisis lain yang telah ditentukan maka dapat dicari besarnya konsentrasi paparan radiasi diudara persatuan volume pada suatu tempat di lingkungan fasilitas nuklir secara otomatis dengan program visual basic pada komputer.

Langkah Kerja

1. Menyiapkan bahan dan peralatan.
2. Pembuatan PCB rangkaian penyedia daya tegangan rendah/tinggi DC, rangkaian pembentuk pulsa dan rangkaian mikrokontroler.
3. Pengujian komponen yang akan dipasang baik pasif maupun aktif.
4. Pemasangan komponen pada PCB.
5. Pengujian penyedia daya tegangan rendah DC.
6. Pengujian penyedia daya tegangan tinggi DC.
7. Pengujian rangkaian pembentuk pulsa dengan Pulse Generator.
8. Pembuatan program pencacahan pada mikrokontroler dengan menggunakan program BASCOM.
9. Pembuatan program penampil dan analisis data pada komputer dengan menggunakan program VISUAL BASIC.
10. *Down load* program BASCOM yang dibuat ke dalam IC mikrokontroler.
11. Pengujian pencacahan dan transfer data dari Mikrokontroler AT89C52 ke Komputer dengan memberi pulsa masukan dari pulse generator dengan frekuensi divariasi, mengamati counting mikrokontroler pada LCD dan counting pada komputer dari hasil transfer data dan membandingkannya.
12. Pengujian kestabilan pencacahan dilakukan dengan *Chi Square Test* (X^2) dengan mengambil tingkat kepercayaan 95% dan

banyaknya pencacahan (n) = 20, diamati hasilnya.

13. Pengujian dengan pengambilan sampel udara dengan menggunakan filter udara dan pompa hisap pada tempat/ruangan yang telah ditunjuk.
14. Melakukan pencacahan sesuai prosedur yang telah ditetapkan dan analisis datanya.

Peralatan Yang Digunakan

1. *Pulse Generator* Model GL-3 dan *Pulse Generator Philips PM5705*.

2. *Multimeter Digital Fluke-83* dan *Multimeter HIOKI*.
3. *Oscilloscope Textronic 40 MHz* dan *Toolset*.
4. *AC-DC Differential Volt Meter* merk *Fluke Model - 893A*.
5. *Komputer* dan modul *down loader PEB51*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

1. Pengujian Penyedia Daya Tegangan Rendah DC.

No.	Tegangan DC tanpa beban		Arus Beban	Tegangan DC Dengan beban	Tegangan Ripel	
	Diharapkan	Terukur			Diharapkan	Terukur
1.	+ 5 ($\pm 0,25V$)	+ 5V	1 A	+ 4,9 V	≤ 20 mV	10 mV

Mencari faktor regulasinya dengan persamaan (1) sebagai berikut :

$$FR = \frac{VnL - VL}{VnL} \times 100\% \quad (1)$$

$$FR = \frac{5V - 4,9V}{5V} \times 100\%$$

$$FR = 2 \%$$

dengan : FR = Faktor regulasi, VnL = Tegangan tanpa beban, VL = Tegangan dengan beban

No.	Tegangan DC Tanpa beban (VnL)	Tegangan DC Dengan beban (VL)	Faktor regulasi	
			Diharapkan	Terukur
1.	+ 5,00 Volt	+ 4,9 Volt	$\leq 5 \%$	2 %

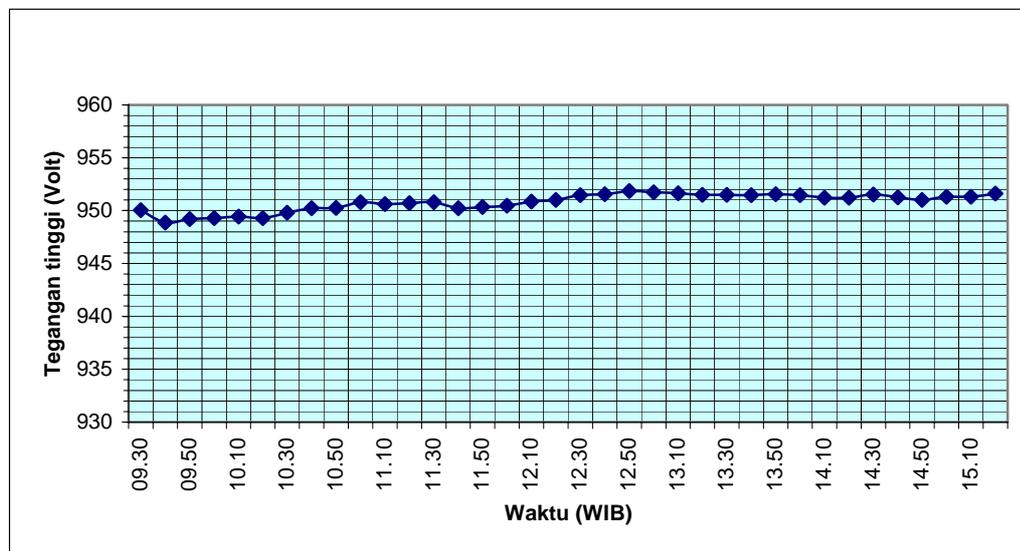
2. Pengujian Penyedia Daya Tegangan Tinggi DC.

No.	Bagian yang diuji	Diharapkan	Terukur
1	Konsumsi arus beban	≤ 150 mA	100 mA
2	Frekuensi osilator	3 – 25 kHz	5 kHz
3	Tegangan keluaran	0 – 1000V	0 – 1000V
4	Tegangan keluaran tanpa beban	700V	700V
5	Tegangan keluaran dengan beban detektor GM	680V - 700V	698V
6	Faktor regulasi	$\leq 0,5 \%$	0,3%
7	Tegangan ripel	≤ 50 mV	20mV
8	Stabilitas tegangan	95 – 100 %	99,687%

3. Pengujian Stabilitas Tegangan Tinggi DC dengan Alat Tes Beban

No	Waktu (WIB)	Teg. Tinggi (V)	No	Waktu (WIB)	Teg. Tinggi (V)
1	09.30	950,04	19	12.30	951,45
2	09.40	948,87	20	12.40	951,55
3	09.50	949,19	21	12.50	951,85
4	10.00	949,30	22	13.00	951,73
5	10.10	949,45	23	13.10	951,65
6	10.20	949,30	24	13.20	951,50
7	10.30	949,80	25	13.30	951,5
8	10.40	950,23	26	13.40	951,45
9	10.50	950,26	27	13.50	951,55
10	11.00	950,80	28	14.00	951,45
11	11.10	950,60	29	14.10	951,23
12	11.20	950,70	30	14.20	951,21
13	11.30	950,80	31	14.30	951,53
14	11.40	950,22	32	14.40	951,25
15	11.50	950,35	33	14.50	951,00
16	12.00	950,45	34	15.00	951,30
17	12.10	950,85	35	15.10	951,30
18	12.20	951,00	36	15.20	951,62

Dari hasil pengujian stabilitas tegangan diatas kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Stabilitas Tegangan Tinggi DC.

4. Pengujian Rangkaian Pembentuk Pulsa dengan Pulse Generator

Pulsa masukan dari Pulse Generator dengan frekuensi = 1 kHz.

No	Bagian yang diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengukuran
1.	Tinggi pulsa masukan	≥ 50 mV	100 mV
2.	Bentuk pulsa keluaran	Pulsa kotak	Pulsa kotak
3.	Lebar pulsa keluaran	5 – 50 μ S	20 μ S
4.	Tinggi pulsa keluaran	2,8 – 5,0 V	4,0 V
5.	Tegangan noise	≤ 20 mV	5 mV

5. Pengujian Pencacahan dan Transfer Data dari Mikrokontroler ke Komputer

Dengan menggunakan masukan dari *Pulse Generator*, pencacahan dilakukan 2x, dengan variasi frekuensi masukan, waktu cacah = 1 menit.

No	Frekuensi (Hz)	Mikrokontroler (cpm)	Komputer (cpm)	Selisih
1	100	5918	5918	0
		5917	5917	0
2	200	11986	11986	0
		11985	11985	0
3	300	17828	17928	0
		17926	17926	0
4	400	23982	23982	0
		23980	23980	0
5	500	29858	29858	0
		29856	29856	0
6	600	35954	35954	0
		35952	35952	0
7	700	41700	41700	0
		41698	41698	0
8	800	47715	47715	0
		47713	47713	0
9	900	52599	52599	0
		52597	52597	0
10	1000	59370	59370	0
		59368	59368	0
11	1100	65488	65488	0
		65486	65486	0
12	1200	5995	5995	0
		5994	5994	0

6. Pengujian Kestabilan Pencacahan (Chi Square Test / χ^2)

Sumber radiasi Sr-90 ; Aktivitas sumber = 10mRad (1983).

Sumber radiasi masuk dalam rumah detektor ; waktu cacah = 1 menit.

No	Cacah (X_i)	$(X_i - \bar{X})^2$
1	4845	2601
2	4877	361
3	4970	5476
4	4793	10609
5	5009	12769
6	4886	100
7	4847	2401
8	5012	13456
9	4793	10609
10	4864	1024
11	4885	121
12	4823	5329
13	4857	1521
14	4934	1444
15	4874	484
16	4975	6241
17	4825	5041
18	4864	1024
19	4940	1936
20	5045	22201
N = 20	$\Sigma X_i = 97918$ $\bar{X} = 4896$	$\Sigma (X_i - \bar{X})^2$ 104748

Menghitung harga Chi Square Test (χ^2) dengan persamaan (2):

$$\chi^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}} \tag{2}$$

$$\chi^2 = \frac{104748}{4896}$$

$$\chi^2 = 21,394$$

7. Pengujian Dengan Pengambilan Sample Udara

- Ruang pengambilan sampel : Ruang kalibrasi BK2-P3TM BATAN
- Waktu sampling (ts) : 20 menit (dari pukul 14.12 s/d 14.32)
- Diameter filter udara : 10,2 cm
- Diameter filter yang dicacah : 5 cm.
- Waktu tunda (td) : 20 menit
- Waktu cacah (tc) : 10 menit
- Banyaknya pencacahan : 5 kali
- Cacah background : 257 cacah per 10 menit

Hasil Pencacahan Sample Udara (cacah /10menit).

No	Menit ke	Cacah/10 menit
1	20	2221
2	30	2203
3	40	2156
4	50	2148
5	60	2140

Dengan menggunakan rumus persamaan (3) maka konsentrasi radionuklida diudara persatuan volume dapat dicari secara otomatis dengan *soft ware* komputer.

$$C_c = \frac{\lambda^2 \cdot (e^{\lambda td}) C_o}{2,22 \cdot 10^6 \cdot Ef \cdot Q \cdot Ed \cdot (1 - e^{-\lambda ts}) (1 - e^{-\lambda tc})} \tag{3}$$

dengan :

- C_c = konsentrasi radionuklida ($\mu\text{Ci/cc}$)
- ts = waktu sampling (menit)
- td = waktu tunda (menit)
- tc = waktu cacah (menit)
- λ = konstanta peluruhan (menit^{-1})
- Q = debit penghisapan (cc/menit)
- C_o = cacah yang diperoleh selama tc
- Ef = efisiensi filter
- Ed = efisiensi detektor

Hasil perhitungan konsentrasi radionuklida di udara persatuan volume di ruang kalibrasi BK2-P3TM dengan *soft ware* komputer adalah :

$$C_c = 2,743.10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$$

Pembahasan

Dari grafik pengujian stabilitas tegangan tinggi diperoleh harga ketidak-stabilan tegangan (ΔV) = 951,85V-948,87V = 2,98V, atau dalam % adalah $(\Delta V/V) \times 100\% = (2,98V/951,85V) \times 100\% = 0,313\%$, jadi stabilitas tegangan tinggi = $100\% - 0,313\% = 99,687\%$, harga ini masuk dalam ring stabilitas tegangan yang ditetapkan yaitu dari 95%-100%, hal ini menunjukkan bahwa sistem tegangan tinggi yang dibuat mempunyai stabilitas tegangan yang baik dan telah memenuhi syarat untuk digunakan.

Untuk mencari faktor regulasi maka tegangan tinggi tanpa beban diset pada 700V, beban terpasang detektor GM, tegangan drop menjadi 698V berarti terjadi drop tegangan sebesar 2V, maka besarnya faktor regulasi = $2V/700V \times 100\% = 0,3\%$, harga ini masuk pada ring yang ditetapkan yaitu faktor regulasi $\leq 5\%$.

Dalam pengujian rangkaian pembentuk pulsa dilakukan dengan memberi masukan dari Pulse Generator, dan hasilnya keluar pulsa kotak dengan tinggi pulsa 4V, lebar pulsa 20 μS , tegangan noise 5mV, jangkauan frekuensi sampai 30 kHz hal ini menunjukkan bahwa rangkaian pembentuk pulsa dapat dipakai untuk cacah cepat dan ini sangat memenuhi syarat untuk dipasang pada Sistem Pencacah Beta untuk pengukuran radioaktivitas udara.

Akurasi pencacahan antara mikrokontroler dengan tampilan pada komputer sangat baik karena hasil countingnya sama persis tidak ada selisihnya/ralatnya sama sekali, berarti akurasi pencacahan sangat tinggi.

Untuk pengujian kestabilan pencacahan menggunakan Sumber Sr-90 dengan mengambil tingkat kepercayaan 95% dan $n = 20$, diperoleh hasil harga *Chi Square Test* (X^2) = 21,394 sedang batasan X^2 yang diijinkan harus berada pada $10,117 < X^2 < 30,114$. Jadi apabila harga X^2 dimasukkan menjadi $10,117 < 21,394 < 30,114$. maka harga X^2 tersebut telah masuk pada rentang yang ditentukan, berarti alat mempunyai tingkat stabilitas yang baik^[5,6].

Pada pengujian pencacahan dengan mengambil sampel radiasi udara, maka proses peng-

ambilan dan analisis data dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang dibuat dan hasilnya menunjukkan bahwa perhitungan konsentrasi radionuklida (sinar β) di udara secara otomatis adalah $C_c = 2,743.10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$, sedangkan apabila dihitung secara manual hasilnya sama, berarti *soft ware* untuk penghitungan konsentrasi radionuklida di udara sudah berfungsi dengan benar.

KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian dalam pembuatan Sistem Pencacah Beta untuk pengukuran radioaktivitas udara tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penyedia daya tegangan tinggi DC yang dibuat sudah berfungsi dengan baik yaitu mempunyai harga stabilitas tegangan tinggi 99,687%, regulasi tegangan 0,3%, tegangan ripel 20mV.
2. Rangkaian pembentuk pulsa mengeluarkan pulsa kotak dengan tinggi pulsa 4V, lebar pulsa 20 μS , tegangan noise 5mV, disamping itu juga mempunyai jangkauan frekuensi masukan yang cukup baik sampai 30 kHz.
3. Pada pengujian secara keseluruhan, untuk pencacahan dengan menggunakan sampel radiasi udara telah menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan, yaitu hasil perhitungan konsentrasi radionuklida di udara secara otomatis dan secara manual cocok, berarti tujuan otomatisasi perhitungan konsentrasi radionuklida di udara sudah berfungsi dengan baik.
4. Pada pengujian stabilitas pencacahan dengan mengambil tingkat kepercayaan 95% sesuai rekomendasi IAEA untuk instrumentasi nuklir hasilnya menunjukkan bahwa alat yang dibuat mempunyai tingkat stabilitas pencacahan yang baik.
5. Konsentrasi radionuklida di udara persatuan volume yang diamati di ruang kalibrasi BK2 - P3TM sebesar ($C_c = 2,743.10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$).
6. Dari hasil pengujian secara keseluruhan telah terbukti bahwa alat yang dibuat telah berfungsi dengan baik dan memenuhi standar kelayakan instrumentasi nuklir yang ditetapkan oleh IAEA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Bpk Djati Gunawan dan Sdr Putu Elba serta rekan-rekan Balai

Elektromekanik yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan kegiatan pembuatan Sistem Pencacah Beta untuk pengukuran radioaktivitas udara ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. WIRANTO, dkk., *Aplikasi Mikrokontroler Dalam Instrumentasi Nuklir*, PUSDIKLAT-BATAN, JAKARTA, (2004).
2. TECHNICAL ASSOCIATES, *Beta Counting System Model FS-8*, USA, (1987).
3. SANTOSO A, *Petunjuk Praktikum Instrumentasi Nuklir*, P3TM – BATAN, Yogyakarta, (1998).
4. ATMEL, *Buku Manual dan Aplikasi MCS51 Programmer and Evaluation Board*, Surabaya, (2003).
5. IAEA – TECDOC 317, *Quality Control of Nuclear Medicine Instruments*, VIENNA–AUSTRIA, (1984).
6. JAMES A. SORENSON, *Physics In Nuclear Medicine*, Second Edition, Grune and Tratten Inc, USA, (1987).

TANYA JAWAB

Sayono

- Apa kelebihan/keuntungan alat ini dengan alat yang sudah ada buatan TA-USA?
- Apa tujuan utama dibuatnya peralatan ini?

Jumari

- Kelebihan alat yang dibuat dengan alat sejenis yang sudah ada buatan Technical Association USA adalah :
 - Proses pencacahan data sudah dilakukan secara otomatis.
 - Proses data lebih akurat dan lebih cepat.
 - Pengambilan data lebih mudah dan dapat disimpan ke computer.
 - Faktor kesalahan manusia/user dapat dieliminir.
 - Tujuan utamanya adalah untuk otomatisasi dalam pengambilan data dan analisis data dalam perhitungan mencari konsentrasi radionuklida/radiasi beta di udara per satuan volume.

Triyono

- Pada judul alat yang dibuat menggunakan microcontroller, tetapi mengapa masih menggunakan computer, mengapa tidak stand done?

Jumari

- Memang pada judul alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler karena mikrokontroler hanya digunakan untuk program inisialisasi pencacahan sedangkan computer dipakai untuk operasi, analisis data dan untuk penyimpanan data serta hasilnya dapat dicetak dengan printer.
- Sebenarnya alat yang dibuat dapat dibuat stand done dengan menambah RAM diluar/external RAM karena memori mikrokontroler AT 89C52 hanya 8 k byte, jadi perlu tambahan memori diluar.