

ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER MULLER VICTOREEN MODEL 34-061

Joko Sumanto

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN Gd.71, Lt.2, kawasan puspiptek Serpong,
Tangerang 15310

E-mail: jokosmt@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER MULLER VICTOREEN MODEL 34-061. Telah dilakukan analisis sistem elektronik pengukur dosis pasien tipe Geiger Muller buatan Victoreen model 34-061 yang digunakan dalam pemeriksaan renograf. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja sistem rangkaian alat tersebut sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain alat pengukur dosis yang kompak dan praktis dengan komponen yang mudah didapat dipasaran. Metode yang digunakan adalah penelusuran jalur rangkaian PCB dari alat tersebut secara langsung dengan menggunakan multimeter sehingga didapatkan gambar skematik yang dapat dianalisis serta pengujian alat. Komponen utama yang ada di dalam rangkaian alat tersebut adalah subsistem deteksi berupa dua buah detektor Geiger Muller LND716 dengan pengolah sinyalnya, SCL4013BE berfungsi sebagai pembagi 4, HC6010B-0-P-000 berfungsi sebagai pengatur tampilan data ke 7 segmen, MC14001UBCP CMOS NOR Gate, MC14511BCP driver 7 segment, CD4043BCN CMOS flip-flop, CD4011B CMOS NAND, UA2240PC Programmable Timer Counter, CD4518BE CMOS dual up counter, LM307P Amplifier pengatur catu daya tegangan tinggi detektor. Hasil analisis berupa prinsip kerja pada level subsistem elektronik perangkat diantaranya: subsistem deteksi, subsistem akuisisi dan konversi data ke aktivitas dalam satuan miliCurie serta sistem penampil. Disimpulkan bahwa dose calibrator Victoreen model 34-061 dapat dijadikan acuan untuk merancang dose calibrator baru dengan melakukan modifikasi sistem elektroniknya menggunakan mikrokontroler ATMega8535 yang kompak dan praktis.

Katakunci: Dose Calibrator, Detektor Geiger Muller, Aktivitas, Radiofarmaka

ABSTRACT

AN ANALYSIS OF ELECTRONIC SYSTEM OF PATIENT DOSE MEASURING EQUIPMENT OF VICTOREEN MODEL 34-061 GEIGER MULLER TYPE. An analysis on electronic system of patient dose activities Geiger Muller type Model 34-061 made by Victoreen, which is used in the renograph examination, has been conducted. This study is to find out how the system circuit design of the equipment works so that it can be used as a reference to design other measuring dose equipment, which is compact and easy to use using components that are easily obtained in the market. The method used is a circuit tracing to the device directly using a multi meter to obtain a schematic drawing for equipment analysis and testing. The main components of the device include a detection subsystem of two Geiger Muller detector LND716 with signal processing, SCL4013BE as a divider 4, HC6010B-0-P-000 as a regulator of the data to 7 segments of display, i.e. MC14001UBCP CMOS NOR Gate, MC14511BCP 7 segment driver, CD4043BCN CMOS flip flop, CD4011B CMOS NAND, UA2240PC Programmable Timer counter, CD4518BE CMOS dual up counter, and LM307P Amplifier power supply regulator high voltage detector. The analysis results are in the form of working principle of the electronic subsystem level device such as: detection subsystem, data acquisition and conversion subsystem into activity in miliCurie, and display system. It is concluded that this dose calibrator Victoreen Model 34-061 can be

Joko Sumanto

used as a reference to design new dose calibrator by modifying its electronic system. It can be carried out using a compact and practical micro-controller, ATMEGA 8535.

Keywords: Dose Calibrator, Geiger Muller detector, Activities, Radio-pharmacies

PENDAHULUAN

Radiofarmaka adalah zat kimia yang mengandung atom radioaktif dalam strukturnya dan telah memenuhi persyaratan khusus, sehingga aman digunakan untuk diagnosis penyakit[1,2]. Dengan semakin berkembangnya aplikasi zat radioaktif/radiofarmaka di bidang kedokteran nuklir, maka alat bantu elektronik yang dapat digunakan untuk mendeteksi radiofarmaka tersebut sangat dibutuhkan. Alat yang lazim diperlukan untuk pengukuran radiasi di bidang kedokteran nuklir meliputi [2,3]:

- 1).*Surveymeter portable* Geiger Muller-GM yang digunakan untuk mengukur paparan radiasi dalam cacah per menit atau mili roentgen per jam. Alat ini dipakai untuk memantau daerah kerja.
- 2).Pencacah sintilasi tipe sumur, merupakan alat paling sensitif yang digunakan untuk mengukur contoh/sampel yang mengandung radioaktif dengan aktivitas kurang dari satu mikro Curie.
- 3).*Dose calibrator* untuk mengukur aktivitas radiofarmaka atau dosis yang disuntikkan ke pasien.

Badan Tenaga Nuklir Nasional-BATAN telah mengembangkan perangkat renograf *dual probe* sebagai sarana penunjang diagnostik fungsi ginjal dengan teknik nuklir. Pada pemeriksaan renograf *dual probe* diperlukan *dose calibrator* untuk mengukur aktivitas dosis pasien sebelum disuntikan..

Sayangnya penggunaan perangkat renograf tersebut belum dilengkapi *dose calibrator*, karena harga *dose calibrator* saat ini masih mahal. Disamping itu jika terjadi kerusakan biaya perbaikannya juga mahal, karena suku cadangnya masih ketergantungan dari luar negeri. Sehingga penentuan dosis pasien masih menggunakan perhitungan peluruhan isotop radiofarmaka yang ada pada sertifikat isotop saat tiba ditempat. Hal ini dimungkinkan karena saat ini pengoperasian renograf masih menggunakan I-131 IOH yang ada sertifikatnya. Jika menggunakan radiofarmaka Tc-99m, maka diharuskan menggunakan *dose calibrator* untuk mengukur aktivitas yang diperoleh saat dilakukan elusi dari generator Tc. Disamping itu *dose calibrator* tersebut

juga digunakan untuk menentukan/mengukur dosis aktivitas radiofarmaka yang akan disuntikan ke pasien.

Pada dasarnya *dose calibrator* dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

- 1). Menggunakan detektor kamar pengion, seperti *dose calibrator* Capintec, Vinten 271/671, Comp-U-Cal, dan lain-lain.
- 2). Menggunakan detektor Geiger Muller seperti: Victoreen model 34-061.

Pada kegiatan ini, akan dilakukan analisis terhadap sistem elektronik *dose calibrator* buatan Victoren model 34-061 untuk mengukur aktivitas isotop I-131 dan Tc-99m. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mengetahui cara kerja sistem rangkaian alat tersebut sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain alat pengukur dosis yang kompak dan praktis dengan menggunakan komponen yang mudah didapat dipasaran.

TATA KERJA/METODOLOGI

Perangkat *dose calibrator* merupakan alat ukur aktivitas yang banyak digunakan di bidang kedokteran nuklir, karena alat tersebut sangat praktis dan mudah penggunaannya[4].

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan:

1. sebuah multimeter
2. sumber radiasi gamma Ba-133, aktivitas 9,46 mikroCurie, tanggal kalibrasi 18 Juli 1995.
3. NIM Modul Tektronik TM503
4. *Dual Power supply* PS503
5. *Function Generator* Tektronik model FG502
6. *Universal Counter* model 5315A

1. Mengalihkan bentangan akhir pada *dose calibrator* dengan 1
2. Mengalihkan bentangan akhir pada *dose calibrator* dengan 0

**ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER
MULLER VICTOREEN MODEL 34-061**

Joko Sumanto

Bahan:

Perangkat *dose calibrator* dari CAL/RAD Isotop Calibrator Victoreen model 34-061
Perangkat *dose calibrator* Victoreen Model 34 – 061 diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. *Dose Calibrator* Victoreen MODEL 34 – 061.[5]

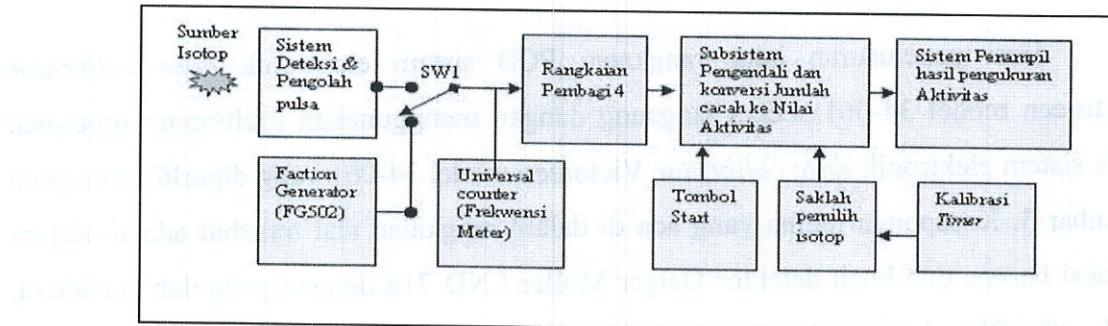
Pertama-tama kegiatan dilakukan dengan cara mempelajari jalur rangkaian *PCB* sistem elektronik *dose calibrator* Victoreen model 34-061 secara langsung dengan menggunakan multimeter. Dari penelusuran *PCB* tersebut akan didapatkan gambar skematik dan blok rangkaian subsistem yang dapat dianalisis antara lain: subsistem catu daya tegangan tinggi detektor dan catu daya rendah untuk komponen IC, subsistem deteksi, subsistem pengolah pulsa, subsistem akuisisi dan konversi data ke satuan aktivitas miliCurie, subsistem penampil hasil pengukuran, subsistem pemilihan isotop dan kalibrasi. Selanjutnya dilakukan pengujian serta analisis rangkaian subsistem.

Pada blok subsistem catu daya dilakukan pengukuran tegangan kerja detektor Geiger Muller dan tegangan kerja sistem elektronik lainnya seperti IC. Sedangkan pada subsistem deteksi dan rangkaian pengolah pulsa dilakukan simulasi dengan program *proteus* atau *Electronic Workbench-EWB*. Pada rangkaian subsistem akuisisi dan konversi data serta blok subsistem penampil dilakukan pengujian dengan menggunakan masukan pulsa generator. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui faktor konversi data yang diperoleh ke dalam satuan miliCurie. Pengujian ini dilakukan pada saklar pemilih isotop yakni I-131 dan Tc-99.

Langkah pengujian *dose calibrator* Victoreen model 34-061 sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan yang diperlukan untuk pengujian diantaranya *Dose Calibrator* Victoreen MODEL 34- 061, *function generator*, *power supply* dan *kabel jumper*.

2. Membuka casing atas dari perangkat *Dose Calibrator* Victoreen MODEL 34-061, sehingga terlihat sistem elektronik perangkat.
3. Menghubungkan alat seperti pada Blok rangkaian pengujian Gambar 2.



4. Mengatur saklar pemilih isotop pada I-131.
5. Mengatur nilai frekuensi pada *function generator* secara variabel dimulai dengan nilai frekuensi 1 Hz (lihat frekuensi meter).
6. Menghubungkan *Dose Calibrator* Victoreen MODEL 34- 061 dengan *power supply*.
7. Menghidupkan alat
8. Melakukan pengukuran dengan menekan tombol start.
9. Catat hasil pengukuran yang ditunjukan oleh *Seven Segment Dose Calibrator*.
10. Mengulangi pengujian dengan nilai frekuensi yang berbeda dan catat kembali hasil pengukurannya.
11. Putar saklar pemilih isotop menjadi Tc-99 dan ulangi pengukuran dari langkah 5 sampai langkah 10.

Selanjutnya faktor konversi dapat dihitung menggunakan rumus empiris dengan membandingkan hasil percobaan/pengukuran alat yang dianggap standar (*dose calibrator* Victoreen model 34-061). Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan rumus empiris:

$$\text{Jumlah cacah} = f \times t \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$A = \text{jumlah cacah} \times k \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Sehingga $k = A / \text{jumlah cacah} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$

Dimana: f = frekuensi dalam satuan Hz

t = waktu dalam satuan detik

A = hasil pengukuran aktivitas dalam satuan miliCurie.

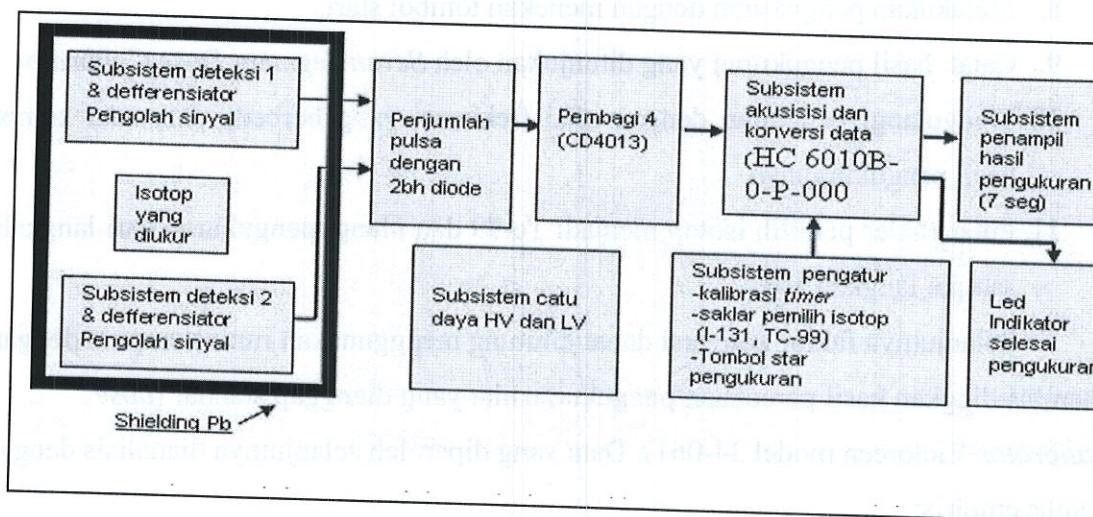
k = faktor konversi tanpa satuan

Joko Sumanto

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis

Dari penelusuran jalur rangkaian PCB sistem elektronik *dose calibrator* Victoreen model 34-061 secara langsung dengan menggunakan multimeter diperoleh blok sistem elektronik *dose calibrator* Victoreen model 34-061 yang diperlihatkan pada Gambar 3. Komponen utama yang ada di dalam rangkaian alat tersebut adalah sistem deteksi berupa dua buah detektor Geiger Muller LND 716 dengan pengolah sinyalnya, SCL 4013BE berfungsi sebagai pembagi 4, HC6010B-0-P-000 digunakan untuk akuisisi dan konversi data ke satuan aktivitas, MC14001UBCP (*CMOS NOR Gate*), MC14511BCP sebagai driver 7 segment, 4 buah 7 segmen tipe catode, CD4043BCN (*CMOS flip-flop*), CD4011B (*CMOS NAND*), UA2240PC sebagai *Programmable Timer Counter* untuk mengatur pewaktu kalibrasi, CD4518BE (*CMOS dual up counter*), LM307P Amplifier untuk mengatur catu daya tegangan tinggi detektor.

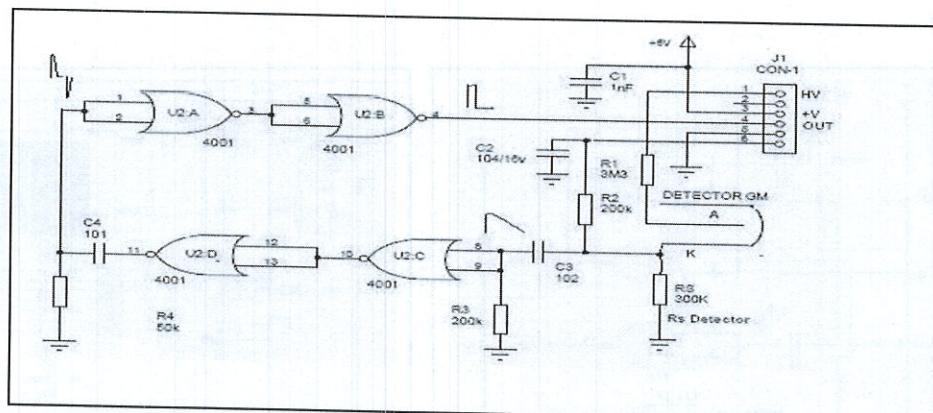


Dari Gambar 3, maka dapat dianalisis prinsip kerja dose calibrator Victoreen model 34-061, dimana isotop I-131 atau Tc-99 dengan wadah tertentu dimasukkan ke *holder*. *Holder* yang berisi radiofarmaka/isotop diletakkan diantara ke dua detektor LND716 pada geometri tertentu di dalam kotak timbal (Pb) untuk mengurangi cacah latar. Pada subsistem deteksi yang terdiri dari dua buah detektor Geiger Muller LND 716 sebagai tranduser. Detektor yang dicatu sesuai tegangan kerjanya sekitar 500 Vdc

oleh subsistem catu daya tegangan tinggi akan menghasilkan pulsa positif. Pulsa tersebut selanjutnya diproses secara *differensial* pada subsistem pengolah sinyal sehingga menghasilkan pulsa TTL dengan lebar 1 mikrodetik. Pulsa dari ke dua detektor kemudian dijumlahkan dengan rangkaian diode sebagai gerbang *OR Gate*. Jumlah pulsa yang diperoleh sebanding dengan aktivitas radioisotop yang diukur. Data jumlah pulsa yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi data aktivitas isotop yang diukur dalam satuan mili Currie. Hasil konversi selanjutnya ditampilkan pada subsistem penampil dari seven segmen 4 digit. Subsistem konversi melakukan konversi secara hardware yaitu membagi 4 dan pemberian titik pada subsistem penampilkannya. Kalibrasi dilakukan dengan mengatur *timer* melalui potensio untuk masing-masing isotop yang ditunjukkan dengan memutar saklar putar[4].

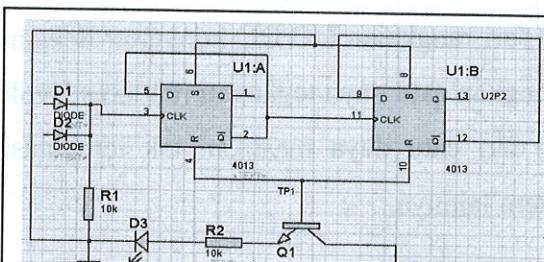
Catu daya tengangan tinggi detektor dibentuk dari rangkaian DC/DC konverter dengan output yang dapat diatur melalui trimpot. Sedangkan catu daya tegangan rendah +5 volt diperoleh dengan memasang regulator 7805 dari catu daya masukan tak teregulasi tegangan 12 volt untuk mencatut IC dan subsistem lainnya.

Pada subsistem deteksi dan pengolah pulsa diperoleh rangkaian skematik dan analisisnya yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.

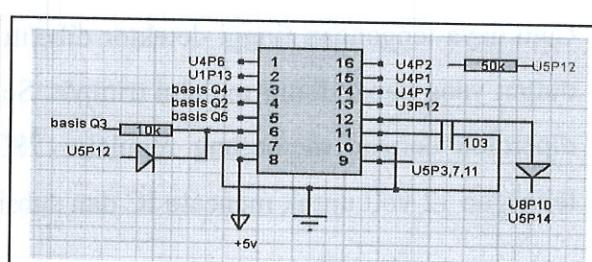


Joko Sumanto

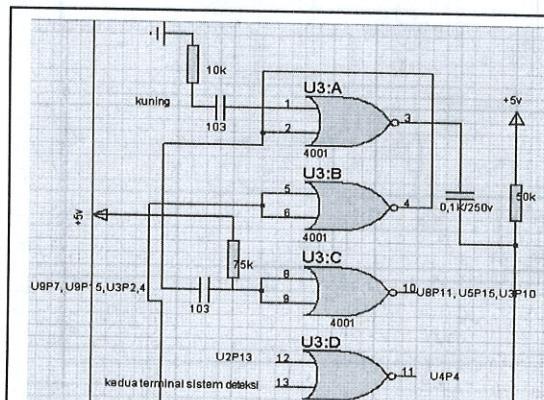
Pada subsistem akuisisi dan konversi data, terdapat komponen IC HC6010B-0-P-000 yang sulit diperoleh dipasaran, karena tidak ada dalam katalog IC. Hal ini tidak mungkin dilakukan simulasi dengan program *proteuse*. Fungsi dari IC HC6010B-0-P-000 adalah sebagai pengontrol beberapa IC dengan komponen pasip lainnya seperti dioda. Komponen yang dikontrol oleh HC6010B-0-P-000 (U2) ini meliputi: MC14001UBCP (U3) sebagai CMOS NOR Gate, MC14511BCP (U4) sebagai driver 7segment, CD4043BCN (U5) sebagai CMOS flip-flop, CD4518BE (U9) sebagai CMOS Dual up Counter. Rangkaian ini juga di dukung oleh IC MC14001UBCP (U6) dan CD4011 (U7) sebagai CMOS NAND.



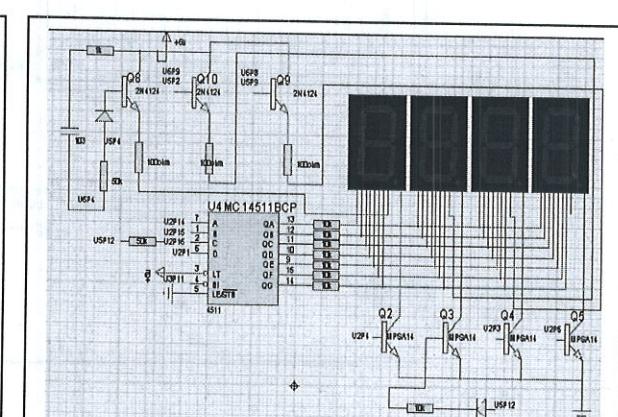
Gambar 5. Rangkaian Peniumlah dan



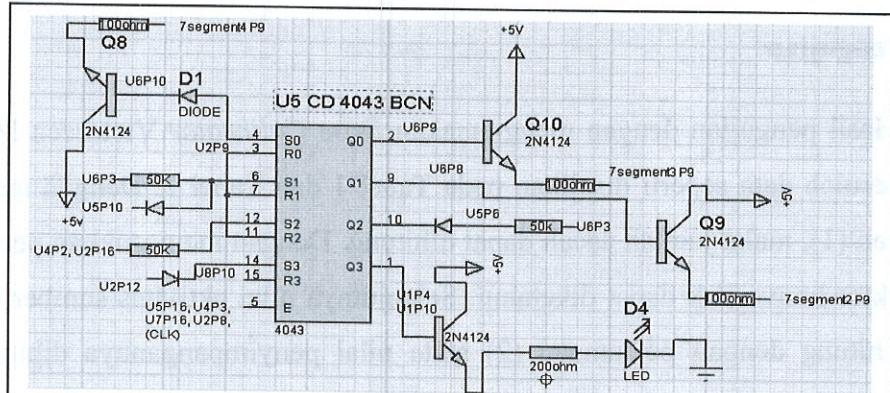
Gambar 6. Rangkaian Pencacah dan pengatur scanning data 7-segmen HC6010B-0-P-000



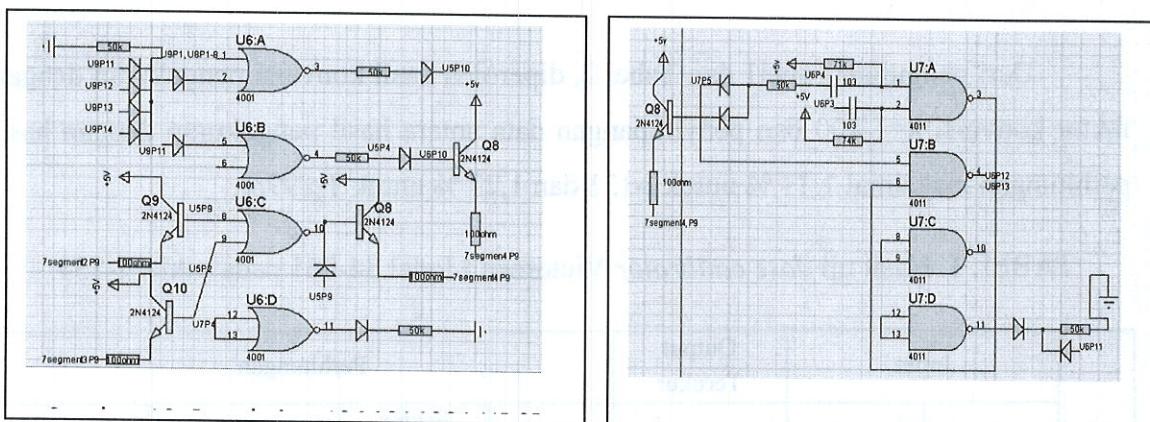
Gambar 7. Rangkaian MC14001 UBCP



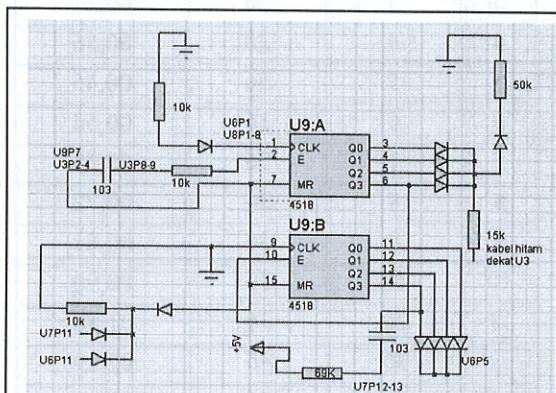
Gambar 8. Rangkaian driver MC14511BCP



Gambar 9. Rangkaian pengatur titik pada 7-segmen CD4043BCN (U5)



Gambar 12. Rangkaian pengatur kalibrasi



Gambar 13 Rangkaian CD4518BE (U9)

ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER MULLER VICTOREEN MODEL 34-061

Joko Sumanto

Hasil Pengujian

Hasil pengujian dengan menggunakan *Dose Calibrator* Victoreen MODEL 34-061, diperoleh data seperti disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dengan menggunakan persamaan (1), maka jumlah cacaht dapat dihitung. Dengan memasukkan persamaan (3), maka faktor konversi k dapat diketahui. Selanjutnya nilai aktivitas sumber secara teori dapat dihitung dengan persamaan (2) serta nilai penyimpangannya dihitung dengan persamaan (4).

$$\text{Nilai penyimpangan} = \frac{\text{Aktivitas terukur.....} \times 100\%}{\text{Aktivitas perhitungan}} \quad (4)$$

Dari pengujian Tabel1 dan Tabel 2, diperoleh hasil konversi pengukuran dengan faktor konversi $k=1/400$ dan penyimpangan data antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan maksimal 1,11 % untuk I-131 dan 1,23 % untuk Tc-99m.

TABEL 1. Hasil uji *dose calibrator* Victoreen Model 34-061 pada saklar J-131.

No.	Input		Output Terukur	Perhitungan			
	Frekuensi (Hz)	Waktu Kalibrasi (detik)	Nilai Aktivitas (miliCurie)	Jml Cacah	Faktor konversi rata-rata K	Nilai aktivitas secara teori (miliCurie)	Penyimpangan (%)
1	1	36	00,09	36	1/400	0,09	0,00
2	2	36	00,18	72	1/400	0,18	0,00
3	3	36	00,27	108	1/400	0,27	0,00
4	4	36	00,36	144	1/400	0,36	0,00
5	5	36	00,45	180	1/400	0,45	0,00
6	6	36	00,54	216	1/400	0,54	0,00
7	7	36	00,63	252	1/400	0,63	0,00
8	8	36	00,72	288	1/400	0,72	0,00
9	9	36	00,81	324	1/400	0,81	0,00
10	10	36	00,90	360	1/400	0,90	0,00
11	20	36	01,80	720	1/400	1,80	0
12	30	36	02,69	1080	1/400	2,70	0,37
13	40	36	03,58	1440	1/400	3,60	0,55
14	50	36	04,50	1800	1/400	4,50	0,00

15	60	36	05,45	2160	1/400	5.40	0,92
16	70	36	06,27	2520	1/400	6.30	0,47
17	80	36	07,17	2880	1/400	7.20	0,41
18	90	36	08,06	3240	1/400	8.10	0,49
19	100	36	08,97	3600	1/400	9.00	0,30
20	200	36	17,89	7200	1/400	18	0,61
21	300	36	26,82	10800	1/400	27	0,66
22	400	36	35,73	14400	1/400	36	0,75
23	500	36	044,5	18000	1/400	45	1,11
24	600	36	053,4	21600	1/400	54	1,11
25	700	36	062,3	25200	1/400	63	1,11
26	800	36	071,2	28800	1/400	72	1,11
27	900	36	080,1	32400	1/400	81	1,11
28	1000	36	089,1	36000	1/400	90	1,00
29	2000	36	178,4	72000	1/400	180	0,88
30	3000	36	267,0	108000	1/400	270	1,11
31	4000	36	356,2	144000	1/400	360	1,05
32	5000	36	445,0	180000	1/400	450	1,11
33	6000	36	538,2	216000	1/400	540	0,33
34	7000	36	624,5	252000	1/400	630	0,87
35	8000	36	712,3	288000	1/400	720	1,06
36	9000	36	802,4	324000	1/400	810	0,93
37	10000	36	891,7	360000	1/400	900	0,92
38	11000	36	979,1	396000	1/400	990	1,10
39	12000	36	over	432000			
40	13000	36	over	468000			

TABEL 2. Data hasil uji dose calibrator Victoreen Model 34-061 pada saklar Tc-99.

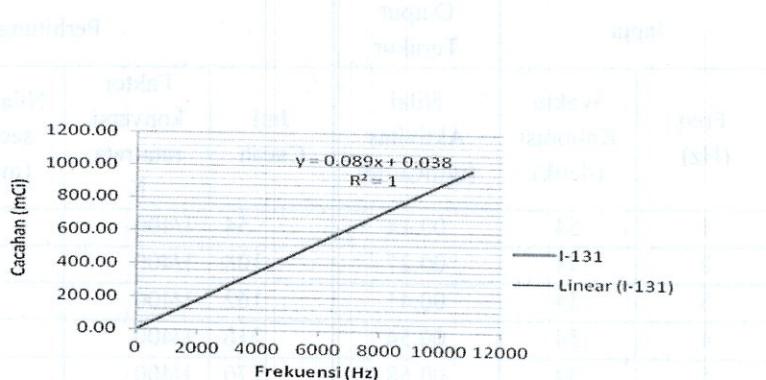
No.	Input		Output Terukur	Perhitungan			
	Freq (Hz)	Waktu Kalibrasi (detik)		Nilai Aktivitas (miliCurie)	Jml Cacah	Faktor konversi rata-rata K	Nilai aktivitas secara teori (miliCurie)
1	1	54	00.14	54	1/400	0.135	-3.70
2	2	54	00.27	108	1/400	0.270	0
3	3	54	00.41	162	1/400	0.405	-1.23
4	4	54	00.54	216	1/400	0.540	0
5	5	54	00.68	270	1/400	0.675	-0.74
6	6	54	00.81	324	1/400	0.810	0
7	7	54	00.95	378	1/400	0.945	-0.52
8	8	54	01.08	432	1/400	1.080	0
9	9	54	01.22	486	1/400	1.215	-0.41
10	10	54	01.36	540	1/400	1.350	-0.74

ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER
MULLER VICTOREEN MODEL 34-061

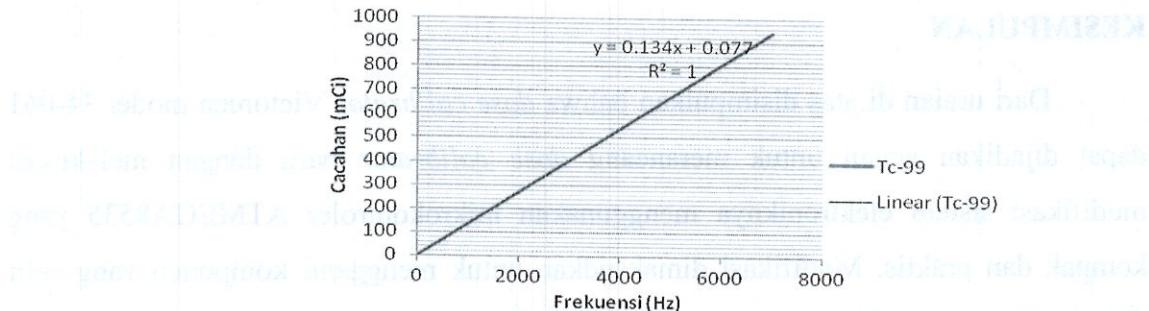
Joko Sumanto

11	20	54	02.72	1080	1/400	2.700	-0.74
12	30	54	04.07	1620	1/400	4.050	-0.49
13	40	54	05.42	2160	1/400	5.400	-0.37
14	50	54	06.78	2700	1/400	6.750	-0.44
15	60	54	08.15	3240	1/400	8.100	-0.61
16	70	54	09.47	3780	1/400	9.450	-0.21
17	80	54	10.84	4320	1/400	10.80	-0.37
18	90	54	12.18	4860	1/400	12.15	-0.24
19	100	54	13.57	5400	1/400	13.50	-0.51
20	200	54	27.06	10800	1/400	27.00	-0.22
21	300	54	040.4	16200	1/400	40.50	0.24
22	400	54	053.8	21600	1/400	54.00	0.37
23	500	54	067.3	27000	1/400	67.50	0.29
24	600	54	080.7	32400	1/400	81.00	0.37
25	700	54	094.2	37800	1/400	94.50	0.31
26	800	54	107.7	43200	1/400	108.0	0.27
27	900	54	121.2	48600	1/400	121.5	0.24
28	1000	54	134.7	54000	1/400	135.0	0.22
29	2000	54	269.7	108000	1/400	270.0	0.11
30	3000	54	404.2	162000	1/400	405.0	0.19
31	4000	54	539.4	216000	1/400	540.0	0.11
32	5000	54	672.4	270000	1/400	675.0	0.38
33	6000	54	808.3	324000	1/400	810.0	0.20
34	7000	54	942.4	378000	1/400	945.0	0.27
35	8000	54	over	432000	1/400	1080	
36	9000	54	over	486000	1/400	1215	

Dari data yang diperoleh *dose calibrator* Victoreen pada Tabel 1 dan Tabel 2, kemudian dibuat grafik linearitasnya yang diperlihatkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.



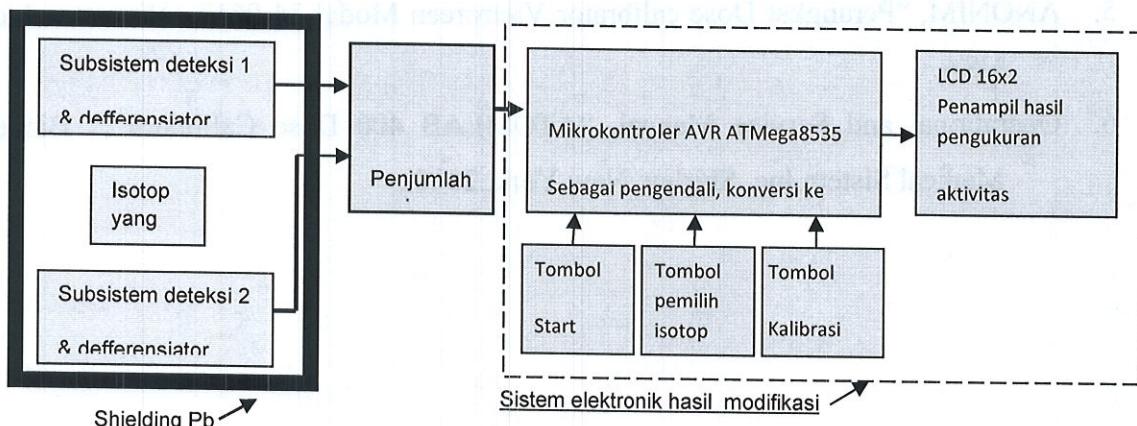
Gambar 14. Grafik Linearitas Hasil Pengujian Dose Calibrator Victoreen pada saklar I-131



Gambar 15. Grafik Linearitas Hasil Pengujian *Dose Calibrator* Victoreen pada saklar Tc99.

Dari Gambar 14 dan Gambar 15 terlihat bahwa hasil pengukuran mempunyai linearitas yang baik dengan $R=1$ untuk pengukuran I-131 diperoleh persamaan $y=0,089x + 0,038$ dan Tc-99m dengan persamaan $y=0,134x+0,077$.

Dengan data analisis tersebut di atas dapat dirancang *dose calibrator* baru dengan melakukan modifikasi sistem elektronik menggunakan mikrokontroler AVR ATMega8535 yang mudah didapat di pasaran. Blok diagram rancangan *dose calibrator* berbasis mikrokontroler diperlihatkan pada Gambar 16. Mikrokontroler AVR ATMega8535 digunakan untuk pengendalian subsistem pencacahan, pemilihan isotop, pengaturan *timer* kalibrasi, mengkonversi data ke nilai aktivitas dengan faktor konversi $k=1/400$ dan mengatur tampilan pada LCD 16x2.



Gambar 16. Blok diagram rancangan *dose calibrator* berbasis mikrokontroler.

ANALISIS SISTEM ELEKTRONIK PENGUKUR AKTIVITAS DOSIS PASIEN TIPE GEIGER MULLER VICTOREEN MODEL 34-061

Joko Sumanto

KESIMPULAN

Dari uraian di atas disimpulkan bahwa *dose calibrator* Victoreen model 34-061 dapat dijadikan acuan untuk merancang *dose calibrator* baru dengan melakukan modifikasi sistem elektroniknya menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535 yang kompak dan praktis. Modifikasi dimaksudkan untuk mengganti komponen yang sulit didapat dipasaran, sehingga mudah dalam perbaikan dan perawatannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. KOWALSKY, RJ., and PERRI, JR., "Radiopharmaceuticals in Nuclear Medicine Practice, USA, 1987.
2. NAZAROH, "Dose Calibrator, Alat Ukur Aktivitas Radiofarmaka di Rumah sakit", Buletin ALARA 1(2), Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi, BATAN, Jakarta, 1997.
3. NAZAROH dkk, "Evaluasi Beberapa Dose Calibrator Untuk Pengukuran ^{99m}Tc ", Prosiding Seminal' Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan, P3KRBN, BATAN, Jakarta, 2011.
4. GATOT WURDIYANTO DKK, "Kalibrasi Alat Ukur Aktivitas *Dose Calibrator* Secara Simultan", Prosiding pertemuan dan presentasi ilmiah fungsional pengembangan teknologi nuklir I, PTKMR BATAN, Jakarta, 2007.
5. ANONIM, "Perangkat Dose calibrator Victoreen Model 34-061", Victoreen Inc., USA.
6. Operational and Service Manual, "ATOMLAB 400 Dose Calibrator", Bidex Medical Sistem.Inc, Shirley, New York, 2010.

DISKUSI

SUDARSIH

Apakah selain pembuatan atau modifikasi untuk renograf, PRPN dapat melakukan modifikasi kamera Gamma?

JOKO SUMANTO

PRPN belum bisa membuat kamera Gamma, tetapi PRPN pernah melakukan modifikasi kamera Gamma tipe planar buatan Technicare.

ARMANU

Kalibrasi alat tersebut mengacu pada standar apa? Karena pembacaan alat tersebut disanggah kebenarannya.

JOKO SUMANTO

Karena masih dalam rancangan (alat belum dikonstruksi), maka belum dilakukan kalibrasi dengan alat standar. Rancangan alat ini menyediakan tombol pengatur timer yang memungkinkan untuk melakukan setting kalibrasi seperti pada Dose Calibrator Victoreen model 34-061 yang ada di PTKMR-BATAN sebagai acuan rancangan.

