

UJI FUNGSI DAN REKALIBRASI RENOGRAF DUAL PROBE TYPE BI-756 PERIODE TAHUN 2006 DI BALAI ELEKTROMEKANIK

DJUNINGRAN, JUMARI

*Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008
DI Yogyakarta 55010 Telp (0274) 488435*

Abstrak

UJI FUNGSI DAN REKALIBRASI RENOGRAF DUAL PROBE TYPE BI-756 PERIODE TAHUN 2006 DI BALAI ELEKTROMEKANIK. Renograf Dual Probe type BI-756 adalah alat uji fungsi ginjal manusia dengan menggunakan teknologi nuklir. Untuk mendapatkan kelayakan klinik yang optimal, perlu dilakukan uji fungsi dan kalibrasi pada sistem elektroniknya setiap kurun waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang memenuhi standar yang baku. Uji fungsi dan kalibrasi dilakukan pada sub sistem elektronik dan seluruh sistem. Hasil uji fungsi dan kalibrasi Renograf sebagai berikut : penyedia daya tegangan rendah DC berfungsi dengan baik, stabilitas penyedia daya tegangan tinggi DC 99,66 %, pulsa keluaran penguat utama bentuk gaussian lebar $10\mu\text{s}$, pulsa keluaran TSCA bentuk logic, counter/timer dan interface berfungsi dengan baik, hasil chi square test (X^2) kanan 19,716 dan kiri 17,880, rentang X^2 ($7,633 \leq X^2 \leq 36,191$). Dari data hasil uji fungsi dan kalibrasi tersebut menunjukkan bahwa Renograf cukup baik dan memenuhi standar baku yang dipakai dalam sistem instrumentasi nuklir sehingga alat siap digunakan untuk uji pasien.

Kata kunci : renograf, uji fungsi, rekalisasi

Abstract

THE FUNCTIONAL TEST AND RECALIBRATION OF THE DUAL PROBE RENOGRAPH TYPE BI-756 PERIOD 2006 IN THE BALAI ELEKTROMEKANIK. The Dual Probe Renograph type BI-756 is equipment for testing the kidney function of human by using nuclear technology. To get the optimal clinic reliability, it is necessary to conduct a functional test and calibrate the electronic system of the renograph, every certain range of time. The objective is to get the technical specification that fulfill permanent standard. The functional test and calibration is conducted at the electronic sub system and entire system. The results of functional test and calibration of the Renograph are as follows: low voltage DC power supply is in good condition, stability of high voltage power supply is 99.66 %, output of main amplifier is gaussian of $10\mu\text{s}$ width, output pulse TSCA is logic, counter/timer and interface are in good condition, the result of chi square test (X^2) are 19.716 in the right side and 17.880 in the left side, spanning X^2 ($7.633 \leq X^2 \leq 36.191$). The result data of functional test and calibration indicate that the Renograph is in good condition and fulfill the permanent standard in nuclear instrumentation system so that the renograph is ready to use for patient test.

Keywords : renograph, functional test, recalibration

PENDAHULUAN

Sebagai alat diagnosis uji fungsi ginjal dapat dilakukan dengan menggunakan kamera gamma atau renograf. Dengan menggunakan perunut radioaktif dapat menunjukkan proses kinetika fungsi waktu^[1,2]. Renograf dengan detektor dual

probe merupakan peralatan yang relatif sederhana yang memanfaatkan teknik nuklir. I^{131} disuntikan pada pasien untuk menguji fungsi ginjal. Keluarannya berupa kurva hubungan antara waktu dengan aktivitas. Kurva tersebut dikenal dengan renogram^[3].

Unit Renograf Dual Probe terdiri dari dua buah Spektrometer yang dipadukan bersama yang terdiri dari sistem Penyedia daya tegangan DC, Detektor NaI(Tl), Penguat awal, Penguat utama, TSCA, Counter/Timer, Interface dan personal komputer sebagai akuisisi data. Prinsip kerjanya adalah sinar radiasi gamma yang datang akan diterima oleh detektor NaI(Tl) dan oleh detektor akan diubah menjadi pulsa listrik, selanjutnya pulsa keluaran detektor akan dibentuk menjadi pulsa semi gaussian dan dikuatkan oleh penguat awal, kemudian dikuatkan lagi pada penguat utama sehingga pulsa keluaran berupa pulsa gaussian dengan tinggi pulsa yang sudah memenuhi syarat untuk dianalisa dan diubah menjadi bentuk digital pada TSCA yang selanjutnya pulsa digital akan dicacah pada counter. Pulsa keluaran TSCA disamping masuk ke counter juga sebagai masukan Interface untuk ditampilkan dalam bentuk grafik pada layar monitor. Pengujian sistem elektronik perlu dilakukan guna mengetahui kualitas Renograf serta untuk memenuhi standar instrumentasi nuklir yang telah ditentukan. Uji fungsi dan recalibrasi ini dilakukan setelah dilakukan perbaikan karakteristik sistem dan pemakaian pada kurun waktu satu tahun. Karakteristik utama yang diuji adalah Penyedia Daya Tegangan DC yaitu LV dan HV, stabilitas HV dan tegangan ripelnya, pulsa keluaran Penguat utama, pulsa keluaran TSCA, Counter/Timer dan Interface.

TEORI DASAR

Renograf

Renograf adalah salah satu alat yang dipergunakan dalam kedokteran nuklir untuk membuat grafik fungsi ginjal (renal) dalam pemeriksaan dari luar tubuh (In vivo)^[4]. Dasar renograf adalah Spektrometri gamma yang di desain untuk kepentingan dalam bidang kedokteran yang menyangkut prinsip kesederhanaan dan kemudahan dalam pengoperasian artinya alat tersebut mudah dioperasikan, tidak perlu persyaratan awal maupun pengaturan lebih lanjut. Alat ini mampu berperan sebagai pemantau dan pencacah aktivitas dari perunut radiofarmaka yang datang, ditangkap dan dikeluarkan oleh

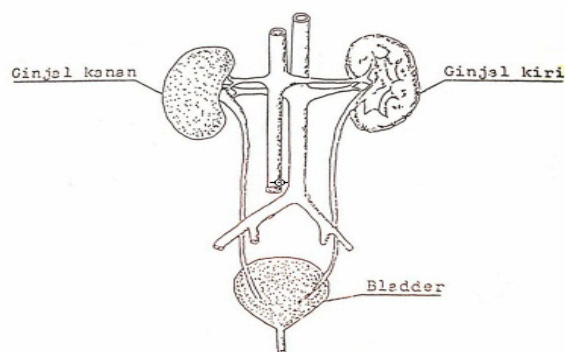
ginjal. Aman karena radiofarmaka yang dipergunakan tidak bersifat racun, mempunyai umur paruh pendek, dosis yang dipergunakan sekitar 20-30 μCi , waktu pemeriksaan berlangsung antara 15-25 menit, dan selesai pemeriksaan hasil pemeriksaan dapat langsung dianalisis.

Sistem dan Fungsi Ginjal.

Sistem ginjal

Ginjal adalah organ tubuh yang berbentuk "kacang polong" yang terdiri dari sistem tubulus dan glomerulus yang berfungsi membuang cairan proses metabolisme tubuh yang tidak berguna dalam bentuk urine^[4]. Ginjal manusia terdiri dari dua buah, terletak pada sebelah kiri dan kanan pada bagian belakang tubuh. Posisi ginjal kiri dan kanan tidak simetris, posisi ginjal kiri terletak pada kira-kira 2-3 cm di atas garis horisontal posisi ginjal kanan.

Gambar 1 adalah bentuk skematis dan posisi ginjal manusia.

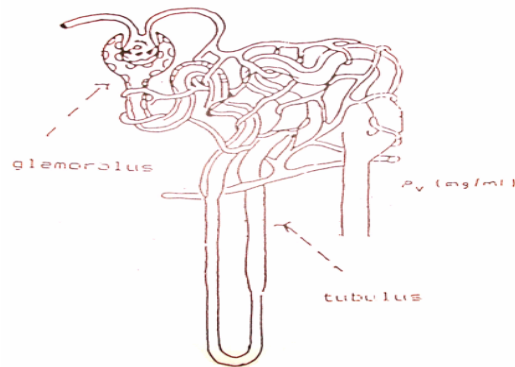


Gambar 1. Bentuk, Posisi Ginjal Kiri dan Kanan

Masing-masing ginjal mempunyai satuan fungsional kira-kira berjumlah 1,2 juta satuan fungsional yang disebut nefron. Fungsi nefron dapat dibagi dalam dua bagian^[4]:

1. Bagian glomerulus, yang berfungsi sebagai penapis (*filter*).
2. Bagian tubulus yang berfungsi memproses hasil tapisan untuk direabsorpsi atau dibuang dalam bentuk urine.

Gambar 2 adalah gambar satuan fungsional nefron dari ginjal.



Gambar 2. Satuan Fungsional Nefron

Secara bersama masing-masing nefron melakukan penapisan, reabsorpsi dan sekresi sehingga terbentuk urine yang harus dikeluarkan. Terbentuknya urine menunjukkan bahwa ginjal mempunyai kemampuan untuk beraktivitas.

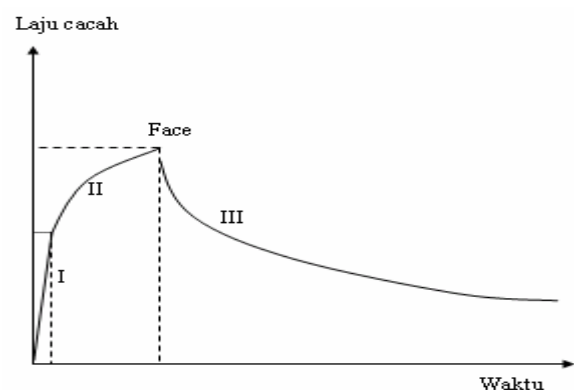
Fungsi Ginjal

1. Pengaturan keseimbangan volume dan komposisi cairan tubuh yang meliputi pengaturan volume darah dan pengaturan konsentrasi ion-ion unsur K, Na, Mg, Ca dan lain sebagainya. Kegagalan ginjal dalam mengatur keseimbangan volume komposisi cairan tubuh, akan menunjukkan indikasi/penyakit kegagalan ginjal menahun atau kegagalan mendadak.
2. Pengaturan keseimbangan asam dan basa meliputi pengaturan konsentrasi ion H dalam cairan ekstraseluler tubuh. Kegagalan ginjal dalam mengatur keseimbangan asam akan mengakibatkan koma untuk penderita yang cairannya bersifat basa.
3. Pengaturan tekanan darah, pengaturan tekanan dalam tubuh, tidak hanya dilakukan oleh ginjal saja tetapi juga oleh syaraf dan hormon sebagai pengatur tekanan darah jangka pendek dan pengaturan secara mekanis yaitu dengan pergeseran cairan kapiler dan vaskuler stres relaxation sebagai pengatur jangka menengah, sedangkan ginjal sendiri sebagai pengatur tekanan jangka panjang. Kegagalan ginjal dalam mengatur tekanan darah, menunjukkan indikasi kerusakan nefron atau menunjukkan perubahan koefisien filtrasi glomerulus. Indikasi/penyakit tersebut adalah sebagian dari indikasi/penyakit ginjal yang disebabkan kegagalan fungsi ginjal.

Kurva Renogram

Renograf bekerja berdasarkan pancaran sinar radioaktif yang dapat ditangkap oleh detektor. Sedangkan perunut yang dimasukkan adalah I^{131} pemancar gamma, yang akan masuk kedalam ginjal dengan demikian maka ginjal dianggap sebagai sumber radiaktif yang dipantau dengan detektor NaI(Tl). Hasil deteksi diproses oleh unit spektrometri gamma, yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik antara cacah persatuan waktu dengan lama pengamatan disebut renogram. Berdasarkan renogram akan memberikan informasi tentang keadaan fungsi ginjal meliputi respon vasculer, kapasitas uptake dan kemampuan mengeluarkan perunut. Ada beberapa pola bentuk renogram yang berkaitan dengan kelainan fungsi ginjal yang dipergunakan sebagai acuan dalam dianogse.

Gambar 3 adalah Kurva Renogram.



Gambar 3. Kurva Renogram

Kurva renogram seperti dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

- I. Fase pertama disebut fase pembuluh darah (respon vasculer).

II. Fase kedua disebut uptake atau konsentrasi.

III. Fase ketiga disebut fase ekskresi atau eliminasi.

Fase I, berlangsung sangat cepat sekali yaitu hanya berlangsung sekitar 12 detik, terjadinya setelah perunut radioisotop disuntikkan kedalam pembuluh darah.

Fase II, menggambarkan kapasitas pengambilan bahan perunut oleh ginjal (sistem nefron) akan terjadi proses sekresi tubuler dan filtrasi glomerular. Perunut akan bertambah sampai terjadi puncak kesetimbangan (T_{max}) yang sebelumnya akan menurun (awal sekresi). Pada keadaan normal fase kedua ini berlangsung antara 2-5 menit setelah injeksi. Kemiringan (inclination) dari fase II dapat memberikan informasi kondisi proses ginjal.

Fase III, menggambarkan proses ekskresi atau pembuangan (eliminasi) perunut radioisotop dari ginjal. Laju dan bentuk kurva dari fase III ini mencerminkan keadaan fungsional segmen ekskresi dari ginjal mulai dari pelvis renalis sampai dengan ureter. Dalam analisis kurva renogram, dilakukan dengan melihat beberapa ciri atau parameter meliputi : Kemiringan (Slope) dari setiap fase, Waktu paruh dari kurva naik maupun turun, Perbandingan (Ratio) dari level laju pencacahan.

Teknik Pemeriksaan

Pemeriksaan dilakukan secara *Invivo* artinya dengan cara memasukkan radio farmaka kedalam tubuh (per injeksi) melalui pembuluh darah (intra vena) kemudian dideteksi dari luar tubuh. Radiofarmaka yang digunakan dalam pemeriksaan fungsi ginjal adalah I^{131} hippuran, yang mempunyai waktu paruh 8 hari dan bertenaga $364 \text{ keV}^{[4]}$. Dosis yang dipergunakan sekitar $20-30 \mu\text{Ci}$ sehingga tidak berbahaya bagi tubuh atau menurut petunjuk dokter, I^{131} hippuran disuntikkan pada pasien, melalui pembuluh darah balik dilengan, perunut akan sampai dipembuluh darah ginjal, ditangkap dan dikeluarkan bersama urine, pendeteksian dilakukan pada daerah ginjal kiri dan kanan dengan detektor NaI(Tl) ^[3], waktu pemeriksaan berlangsung antara 15-25 menit. Didalam paranchym ginjal, perunut akan masuk pada sistema nefron dan akhirnya dikeluarkan melalui pelvis renalis ke ureter, pola perjalanan

radioaktif tersebut identik dengan pola urodinamik dan mencerminkan kapasitas fungsi ginjal sebagai *excretory* organ. Hasil pemantauan detektor yang dipasang tepat pada area posisi ginjal berupa pulsa listrik, dimana jumlah pulsa per satuan waktu berbanding lurus dengan intensitas dari radiasi perunut. Dalam uji aplikasi klinis dengan menggunakan dua buah detektor yang ditempelkan pada posisi punggung daerah ginjal.

TATA KERJA

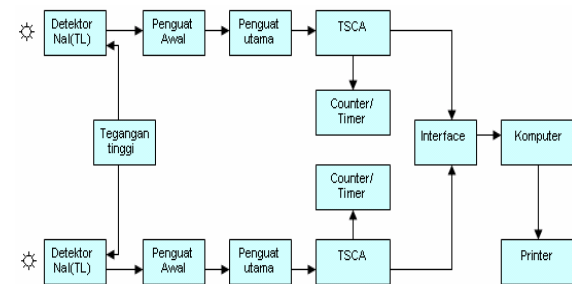
Peralatan dan Bahan

Peralatan dan Bahan yang Digunakan Meliputi :

1. Renograf *Dual Probe type* BI-756.
2. *Oscilloscope* Tektronix 100 MHz.
3. *Digital multimeter*, *Tool set* dan alat bantu lain.
4. Sumber radiasi I^{131} .

Seting Peralatan

Sistem deteksi radiasi γ pada Renograf terdiri dari detektor sintilasi NaI(Tl) serta peralatan elektronika disusun seperti pada gambar blok diagram dan *diset-up* pada kondisi kerja optimumnya agar diperoleh pencacahan yang benar dengan mengacu sistem deteksi radiasi γ ^[5,6]. Gambar 4 adalah Susunan Diagram Blok Pengujian Renograf.



Gambar 4. Diagram Blok Renograf BI-756

Pengujian sistem elektronik Renograf meliputi pengujian setiap sub sistem dimulai dari penyedia daya tegangan rendah DC dan tegangan tinggi DC baik dengan beban maupun tanpa beban kemudian dilanjutkan pengujian penguat utama meliputi bentuk pulsa, tinggi pulsa dan lebar pulsa. Pengujian TSCA meliputi bentuk pulsa, tinggi pulsa, lebar pulsa dan seting aras bawah/aras atas pada masing-masing pemilih isotop yaitu I^{131} dan Tc^{99} . Pada

pengujian *counter/timer* dilakukan dengan cara menekan tombol uji pada panel depan maka *counter/timer* akan mencacah pulsa osilator sesuai frekuensi yang dibangkitkan oleh osilator pada timer. Pada pengujian *interface* angka cacahan dan bentuk grafik dapat dilihat pada layar monitor Renograf. Pengujian seluruh sistem dengan melakukan *chi square test* yaitu melakukan pencacahan dengan sumber radiasi dan tanpa sumber, apabila hasilnya baik berarti seluruh sistem elektronik Renograf telah berfungsi dengan baik dan siap digunakan untuk uji pasien.

Perhitungan Parameter-Parameter Unjuk Kerja Renograf

Unjuk kerja peralatan deteksi radiasi dapat diamati berdasarkan Parameter-parameter antara lain :

Pengujian sumber daya tegangan DC dengan beban perlu dilakukan untuk mendapatkan kemampuan tegangan DC yang mantap, stabilitas dan noise/ripel sesuai ketentuan standar yang berlaku pada sistem instrumentasi nuklir. Faktor Regulasi (FR) pengujian beban dinyatakan dengan persamaan:

$$VR = \frac{V_o - V_L}{V_o} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan :

FR = Faktor Regulasi

V_o = Tegangan tanpa beban

V_L = Tegangan beban

Ketidakstabilan (K) pengujian tegangan dinyatakan dengan persamaan :

$$K = \frac{V_t - V_r}{V_L} \times 100\% \quad (2)$$

dengan :

K = Ketidakstabilan

V_t = Tegangan beban tertinggi

V_r = Tegangan beban terendah

V_L = Tegangan beban

Cara Pengambilan Data

1. Sumber radiasi diletakkan disisi depan kolimator detektor NaI(Tl).
2. Pencacahan dilakukan selama kurun waktu sesuai dengan program yang ada pada Renograf.
3. Spektrum yang ditampilkan diamati dan *diset-up* pada tinggi tertentu sesuai dengan daerah kerja atau batasan TSCA yang ditentukan.
4. Diferensiator dan integrator pada pembentuk pulsa penguat diatur, agar lebar pulsa keluaran dari detektor sesuai dengan standar pada sistem instrumentasi nuklir sehingga dihasilkan spektrum yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui unjuk kerja Renograf Type BI-756 pada kondisi optimal maka perlu diadakan pengujian, hal ini merupakan suatu tolak ukur apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Pengujian tiap-tiap subsistem dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang dapat diwujudkan dalam bentuk grafik, sedangkan pengujian seluruh sistem dilakukan untuk mengetahui kelayakan operasional alat dengan teknik uji chi kuadrat (*Chi Square Test*).

Hasil Pengujian

Pengujian Penyedia Daya Tegangan Rendah.

Tabel 1 adalah hasil pengujian Penyedia Daya Tegangan Rendah dengan beban spektrometri Renograf.

Tabel 1. Hasil pengujian Penyedia Daya Tegangan Rendah.

No	Tegangan DC (Volt)		Tegangan ripel (mVolt)	
	Tanpa beban	Dengan beban	Diharapkan	Terukur
1	5,07	4,85	≤ 20	15
2	12,01	11,97	≤ 10	8
3	- 12,01	- 11,98	≤ 10	3
4	24,01	24	≤ 10	2
5	- 24,01	- 23,99	≤ 10	2

Tabel 2 adalah hasil pengujian Penyedia Daya Tegangan Tinggi dengan beban detektor NaI(Tl)

Tabel 2. Hasil Pengujian Penyedia Daya Tegangan Tinggi.

No	Bagian Yang Diuji	Hasil Pengukuran	
		Diharapkan	Terukur
1	Tegangan tinggi tanpa beban (V_0)	1000 V	1000 V
2	Tegangan tinggi dengan beban (V_L)	995 V - 1000 V	997 V
3	Faktor Regulasi	$\leq 0,5 \%$	0,3 %
4	Stabilitas tegangan tinggi	99 - 100 %	99,66 %
5	Tegangan riak	≤ 10 mV	8 mV

Faktor Regulasi (FR) menurut persamaan (1) dapat diperoleh :

$$VR = \frac{V_0 - V_L}{V_0} \times 100\% = \frac{1000V - 997V}{1000V} \times 100\% = 0,3\%$$

Tabel 3 adalah hasil pengujian stabilitas Penyedia Daya Tegangan Tinggi dengan beban detektor NaI(Tl).

Tabel 3. Hasil Pengujian Stabilitas Penyedia Daya Tegangan Tinggi.

No	Waktu (WIB)	Tegangan Tinggi (Volt)	No	Waktu (WIB)	Tegangan Tinggi (Volt)
1	08.30	949,80	21	11.50	949,89
2	08.40	949,55	22	12.00	950,20
3	08.50	949,56	23	12.10	950,15
4	09.00	949,00	24	12.20	950,07
5	09.10	948,47	25	12.30	950,15
6	09.20	948,40	26	12.40	950,06
7	09.30	948,36	27	12.50	950,15
8	09.40	948,50	28	13.00	950,10
9	09.50	948,44	29	13.10	949,68
10	10.00	948,58	30	13.20	948,74
11	10.10	948,67	31	13.30	948,28
12	10.20	948,89	32	13.40	947,80
13	10.30	949,14	33	13.50	947,40
14	10.40	949,33	34	14.00	947,11
15	10.50	949,12	35	14.10	947,00
16	11.00	948,58	36	14.20	947,60
17	11.10	949,10	37	14.30	948,13
18	11.20	949,39	38	14.40	947,85
19	11.30	949,70	39	14.50	948,20
20	11.40	949,85	40	15.00	948,74

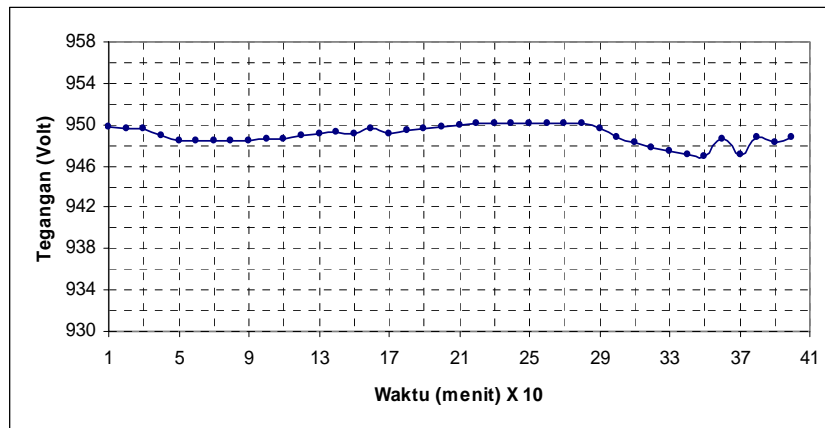
Ketidakstabilan (K) tegangan menurut persamaan (2) sebagai berikut :

$$K = \frac{V_t - V_r}{V_L} \times 100\% = \frac{950,2 V - 947 V}{950 V} \times 100\% = 0,34\%$$

Ketidakstabilan tegangan = 0,34 %

Stabilitas tegangan = 100 %-0,34% = 99,66%

Di bawah ini adalah grafik stabilitas Tegangan Tinggi.



Gambar 5. Grafik Stabilitas Tegangan Tinggi

Gambar 5 dan Tabel 4 adalah hasil pengujian Amplifier dengan sumber radiasi I^{131} .

Tabel 4. Hasil Pengujian Amplifier.

No	Bagian yang diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengukuran	
			Kanan	Kiri
1	Tinggi pulsa keluaran	2 – 10 V	8 V	8 V
2	Lebar pulsa keluaran	$\leq 10 \mu\text{S}$	$10 \mu\text{S}$	$10 \mu\text{S}$
3	Noise	$\leq 500 \text{ mV}$	400 mV	400 mV

Tabel 5 adalah hasil pengujian TSCA dengan masukan pulsa keluaran dari amplifier menggunakan sumber radiasi I^{131} .

Tabel 5. Hasil Pengujian TSCA.

No	Bagian yang diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengukuran	
			Kanan	Kiri
1	Tinggi pulsa masukan	$\leq 10 \text{ V}$	8 V	8 V
2	Tinggi pulsa keluaran	4 – 5 V	5 V	5 V
3	Lebar pulsa keluaran	0,5 – 3 μS	2 μS	2 μS
4	Aras bawah I^{131}	3,6 V	3,6 V	3,6 V
5	Lebar jendela	0,8 V	0,8 V	0,8 V
6	Aras bawah Tc^{99}	1,4 V	1,4 V	1,4 V
7	Lebar jendela	0,3 V	0,3 V	0,3 V

Tabel 6 adalah hasil pengujian Counter / Timer dengan masukan pulsa keluaran dari osilator Timer.

Tabel 6. hasil pengujian Counter/Timer.

No	Bagian yang diuji	Hasil pengukuran (Hz)	
		Diharapkan	Terukur
1	Pulsa osilator Timer : 100.000 Hz	100.000	100.000
2	Frekuensi masukan Counter : 100.000 Hz	100.000	100.000

Pengujian Stabilitas pencacahan *Chi Square Test* (X^2) Renograf.

Tabel 7 adalah hasil pengujian stabilitas pencacahan (*Chi Square Test*) Renograf dua detektor type BI-756 menggunakan sumber radiasi I131, dengan menggunakan program yang telah disediakan.

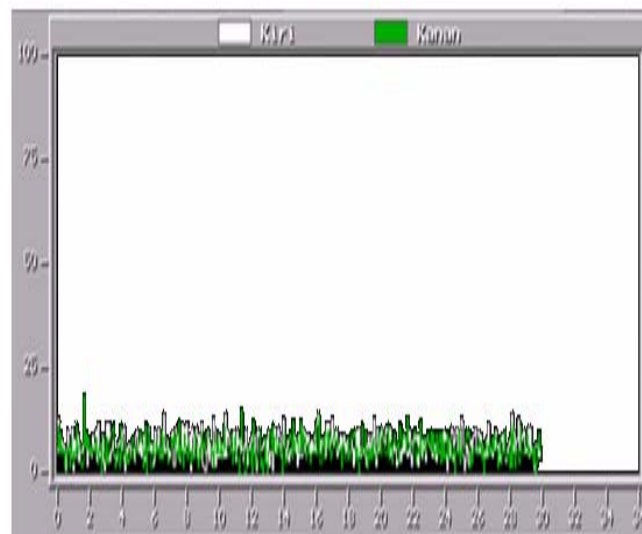
Tabel 7. Pengujian Stabilitas pencacahan (*Chi Square Test*) Renograf.

No	Bagian yang diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengukuran	
			kanan	kiri
1	Pengujian latar	$7,633 \leq X^2 \leq 36,191$	32,500	32,000
2	Pengujian dengan sumber I131	$7,633 \leq X^2 \leq 36,191$	19,716	17,880

Dengan melakukan pengujian stabilitas pencacahan (*chi square test*) seluruh sistem renograf untuk $n = 20$ dan $P = 0,99$ diperoleh hasil *chi square test* cacah latar, untuk sistem pencacah yang kanan $X^2 = 32,500$ dan yang kiri $X^2 = 32,000$. Sedangkan dengan sumber radiasi I^{131} pencacah yang kanan $X^2 = 19,716$ dan yang kiri $X^2 = 17,880$. Harga tersebut semuanya masuk pada daerah yang ditetapkan

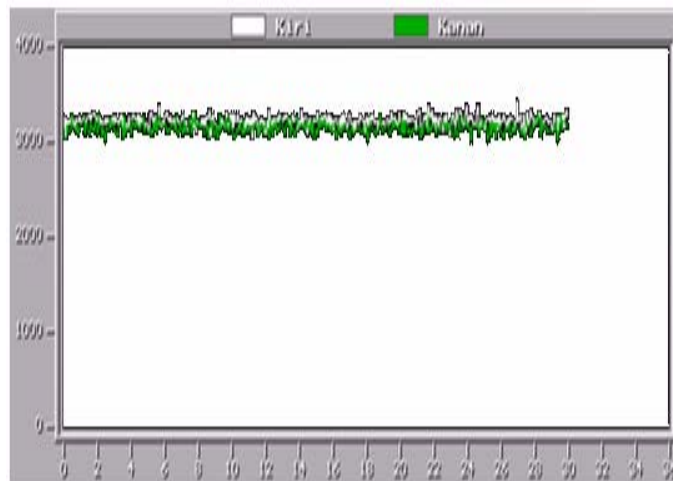
yaitu $7,633 \leq X^2 \leq 36,191$, harga X^2 ini merupakan informasi bahwa Renograf telah berfungsi dengan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Gambar 6 adalah grafik pengujian stabilitas pencacahan (*Chi Square Test*) Renograf dengan cacah latar, menggunakan program yang telah disediakan.



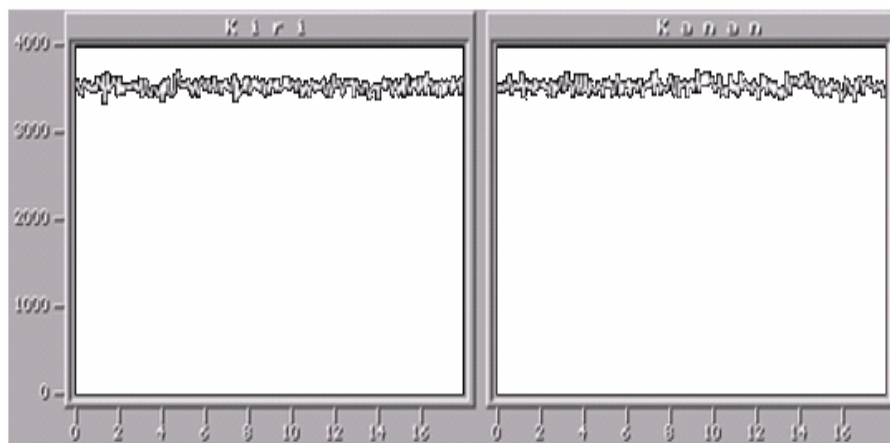
Gambar 6. Stabilitas pencacahan latar

Gambar 7 adalah grafik pengujian stabilitas pencacahan (*Chi Square Test*) Renograf dengan sumber radiasi I^{131} , menggunakan program yang telah disediakan.



Gambar 7. Stabilitas pencacahan dengan sumber radiasi I^{131}

Gambar 8 adalah grafik pengujian pencacahan pada kondisi posisi pemeriksaan pasien Renograf dengan sumber radiasi I^{131} , menggunakan program yang telah disediakan.



Gambar 8. Pencacahan Renograf BI-756 dengan sumber radiasi I^{131}

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian penyedia tegangan rendah DC dapat diketahui bahwa pada saat pengujian dengan beban, mengalami penurunan tegangan yang besarnya masih dalam batas yang ditetapkan, tegangan ripple yang terjadi sebesar 15 mV. Pada tabel pengujian penyedia tegangan tinggi DC diperoleh bahwa pada beban detektor NaI(Tl) tegangan keluaran mengalami penurunan terendah sebesar 1,64 V yakni dari 950 V turun menjadi 948,36 V, diperoleh faktor regulasi 0,18 %, dan tegangan ripple terukur 8 mV. Harga-harga tersebut sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian penguat utama yang kanan dan yang kiri diperoleh hasil bentuk pulsa gaussian,

lebar pulsa 10 μ S, noise 400 mV, bentuk dan harga tersebut sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian TSCA telah berfungsi dengan baik yaitu telah dapat dipakai untuk menganalisa tinggi pulsa yang diinginkan. Pada saat masukan TSCA menerima pulsa keluaran dari penguat utama, tinggi pulsa untuk Tc^{99} antara 2,7 V - 3,3 V sedangkan untuk I^{131} antara 7,2 V - 8,8 V, maka pada pulsa keluaran TSCA telah berbentuk pulsa logic yang berada pada batasan *windows* yang ditetapkan, untuk Tc^{99} aras bawah 1,4 V dan lebar jendela 0,3 V sedangkan untuk I^{131} aras bawah 3,6 V dan lebar jendela 0,8 V.

Dari data pengujian *counter/timer* dapat diketahui bahwa telah berfungsi dengan baik, pada saat saklar uji pada posisi uji/*test* dan waktu cacah diset pada 1 detik maka counter

telah mencacah pulsa yang sama besarnya dengan frekuensi pulsa masukan dari pulsa osilator timer, yakni frekuensi osilator timer sebesar 100.000 Hz penampil counter juga menunjukkan 100.000 Hz.

Dengan melakukan pengujian stabilitas pencacahan (*chi square test*) seluruh sistem renograf untuk $n = 20$ dan $P = 0,99$ diperoleh hasil *chi square test* cacah latar, untuk sistem pencacah yang kanan $X^2 = 19,000$ dan yang kiri $X^2 = 14,857$. Sedangkan dengan sumber radiasi I^{131} pencacah yang kanan $X^2 = 19,716$ dan yang kiri $X^2 = 17,880$. Harga tersebut semuanya masuk pada daerah yang ditetapkan yaitu $7,633 \leq X^2 \leq 36,191$, harga X^2 ini merupakan informasi bahwa Renograf telah berfungsi dengan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan dan siap untuk digunakan uji pasien.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Sistem penyedia daya tegangan rendah berfungsi dengan baik dan stabilitas tegangan tinggi DC menunjukkan hasil sesuai dengan yang diharapkan yaitu faktor regulasi (FR), dan tegangan ripel masih dalam batas yang ditetapkan.
- Dari hasil pengujian dan kalibrasi sistem pengolah pulsa radiasi yang terdiri dari penguat awal, penguat utama, TSCA, counter/timer, interface dan sistem komputer telah menunjukkan hasil sesuai yang ditetapkan.
- Pada pengujian stabilitas pencacahan sistem elektronik Renograf, diperoleh harga *chi square test* (X^2) memenuhi standar yang ditetapkan, hal ini menunjukkan bahwa Renograf di Balai Elektromekanik telah berfungsi kembali dengan baik dan siap digunakan untuk uji pasien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Bapak Pejabat Struktural Balai Elektromekanik yang telah memberikan fasilitas dan rekan-rekan Balai Elektromekanik yang telah membantu kegiatan ini, sehingga makalah ini dapat dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- SETYADI WS, dkk., 1998, "Detektor CsI(Tl)-PIN PHOTODIODE Untuk Renograf Jinjing" Prosiding Temu Ilmiah Dua Tahunan Perhimpunan Kedokteran & Biologi Nuklir Indonesia, Semarang, 12 Desember.
- SORENSEN, J., MICHAEL, E.P., 1989, *Physics in Nuclear Medicine*, Grune and Stratton Inc., New York, USA.
- GOGOT SUYITNO, 1996, "Peranan Renografi Dual Detektor Dalam Penanganan Penderita Penyakit Ginjal", Simposium Ginjal RSUP DR Sarjito/FK Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 21 Desember.
- BAMBANG SUPARDIYONO, 1992, "Pembuatan Alat Uji Fungsi Ginjal", Fakultas Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta,.
- GLENN F. KNOLL, 1979, *Radiation Detection and Measurement*, Jhon Wiley and Son, New York, Brisbane, Toronto, Singapore,.
- JUMARI dkk., 1999, "Uji Kualitas Elektronik Renograf BI-756M", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Pranata Nuklir, 24-25 Nopember.
- "Quality Manual (Pedoman Mutu) ISO 9003 BATAN – Serpong", 1995.

LEMBAR TANYA-JAWAB

Pertanyaan

- Apa saja yang mempengaruhi unjuk kerja Renograf ? (Sajima)
- Apa yang sering ditemukan bagian yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja dari Renograf ? (Ferry Suyatno)
- Mengapa alat Renograf harus dikalibrasi ? (Subari Santoso)
- Mengapa harus dilakukan secara berkala, berapa rentang waktu kalibrasi ? (Subari Santoso)
- Apa langkah yang harus dipersiapkan untuk uji pasien ? (Subari Santoso)

Jawaban

- Beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja Renograf adalah stabilitas tegangan tinggi, stabilitas *amplifier*, *Chi Square Test* (X^2) dan suhu ruang.
- Bagian tegangan tinggi yang digunakan sebagai catu daya detektor NaI(Tl) dan

bagian *amplifier* yang berfungsi sebagai spektrometer.

3. Supaya alat Renograf berada pada kondisi optimal dan siap digunakan untuk menguji pasien apabila diperlukan.
4. Rekalibrasi dilakukan secara berkala disebabkan karakteristik komponen aktif/pasif semakin lama kualitasnya semakin turun, rentang waktu paling ideal satu tahun.
5. Langkah yang harus dilakukan adalah melakukan pengujian stabilitas sistem pencacahan Renograf dengan teknik *Chi Square Test* (X^2).

