

## PEREKAYASAAN RENOGRAF IR8

Joko Sumanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir –BATAN  
Kawasan Puspiptek Gd.71, Lt2. Serpong 15310

### ABSTRAK

*PEREKAYASAAN RENOGRAF IR8. Telah dilakukan perekayasa renograf IR8 yang digunakan sebagai sarana deteksi gangguan fungsi ginjal dengan teknik nuklir. Renograf IR8 merupakan pengembangan renograf hasil inovasi BATAN sebelumnya. Pengembangan dilakukan dengan penambahan estimasi dosis pasien pada sistem perangkat lunaknya dan merubah tampilan printout hasil pemeriksaan yang lebih interaktif serta merubah desain kolimator. Tujuannya adalah untuk mendapatkan jumlah cacah yang standar sesuai dosis yang diberikan, sehingga kurva yang dihasilkan lebih halus. Hasil uji menunjukkan bahwa untuk dosis pasien 50 mikroCurrie I-131 Hippuran setara dengan 10.000 cps, hal ini telah sesuai yang diharapkan.*

*Kata kunci: perekayasa, renograf, fungsi ginjal*

### ABSTRACT

*AN ENGINEERING DEVELOPMENT OF RENOGRAF IR8. IR8 renograph engineering development has been done which is used as a means of detecting impaired renal function with nuclear techniques. Renograph IR8 is the development of innovation BATAN renograph previous results. Development is done by adding the estimated dose of patients in its software system and change the display printout results of a more interactive and changed the collimator design. The goal is to get the appropriate standard of counting the number of doses administered, so that the resulting curve is more subtle. Test results showed that for patients 50 mikro Currie dose I-131 Hippuran equivalent to 10,000 cps, this has been as expected.*

*Key word: Engineering, Renograf, Renal fuction.*

### 1. PENDAHULUAN

Dalam rangka pelaksanaan misi BATAN untuk memasyarakatkan aplikasi teknologi nuklir untuk maksud damai di Bidang kesehatan, BATAN telah ikut membidani lahirnya Bidang Kedokteran Nuklir di Indonesia. BATAN melakukan pengembangan rekayasa peralatan kedokteran seperti, renografi, pencacah up-take kelenjar gondok, kamera gamma dan pesawat sinar-X.

Khususnya peralatan kesehatan seperti renograf. Dimulai pada era komputer jenis Apple II, telah dikembangkan oleh Puslit BATAN di Bandung. Pada Era Komputer IBM PC tipe 486, dikembangkan renograf oleh PPNY Yogyakarta dengan model konsul. Beberapa renograf jenis ini telah terpasang di beberapa rumah sakit

sebagai sarana uji klinis. Pada era komputer pentium III telah dikembangkan renograf tipe Add-On Card, yang tidak memerlukan konsul sehingga menekan biaya produksi maupun transportasi ke tempat penginstallan. Tipe ini telah tervalidasi dalam workshop yang dibiayai IAEA di Yangoon. Satu prototip renograf tipe Add-on Card terpasang di Yangoon General Hospital, Myanmar. Dengan berkembangnya teknologi komputer pada era pentium IV, sistem Add-on Card sudah digantikan lagi dengan sistem antarmuka Universal serial Bus-USB. Sehingga dikembangkanlan satu prototip renograf IR2 tipe USB yang terpasang di RSPAD Gatot Soebroto Jakarta dan prototip tipe renograf IR3 terpasang di RS Bethesda Yogyakarta.

Cara kerja alat ini relatif sederhana

yaitu memonitor kedatangan, sekresi, ekskresi (*arrival, Uptake, transit and elimination*) dari radiofarmaka pada ginjal sesaat setelah injeksi intravena. Pemonitoran dari luar tubuh ini dimungkinkan karena radiofarmaka yang digunakan mengandung isotop yang memancarkan radiasi gamma. Hasil pengukuran adalah berupa kurva renogram yang mengindikasikan fungsi ginjal pasien.

Perangkat renograf untuk mendeteksi kelainan fungsi ginjal sampai saat ini masih diperlukan. Rekayasa renograf ini perlu dilakukan dengan kualitas yang senantiasa ditingkatkan terus agar daya saingnya makin kuat sehingga mampu ikut menegakkan bangsa ini di era globalisasi yang sangat kompetitif.

Saat ini hasil inovasi renograf merupakan alat yang telah baku yang mengikuti trend teknologi Universal Serial Bus-USB dan telah bersertifikat. Pada penelitian ini dilakukan perekrayaan renograf IR8 yang merupakan penyempurnaan dari renograf IR3. Penyempurnaan dilakukan dengan penambahan fasilitas estimasi dose kalibrator dan mengubah desain kolimator. Tujuannya adalah untuk mendapatkan jumlah cacah yang standar sesuai dosis yang diberikan. Diharapkan estimasi dose kalibrator menunjukkan untuk jumlah cacah 10000 cps I-131 Hippuran setara dengan 50 mikro Currie. Disamping itu dapat mengurangi biaya penyediaan alat pendukung dose kalibrator.

## 2. TEORI RENOGRAFI

Pada dasarnya tehnik renografi adalah memonitor kedatangan (*arrival*) sekresi (*uptake*), eksresi (*transit and elimination*) dari radiofarmaka pada ginjal sesaat setelah injeksi intravena. Pemonitoran dari luar tubuh ini dimungkinkan karena radiofarmaka mengandung isotop yang memancarkan radiasi gamma. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk kurva renogram.

Fisiologis renogram normal terdiri atas 3 fase :

Fase I :

Memberikan informasi tentang kapasitas respon renovaskuler. Kurva memiliki *up slope* yang tajam dan berlangsung cepat lebih kurang 30 detik.

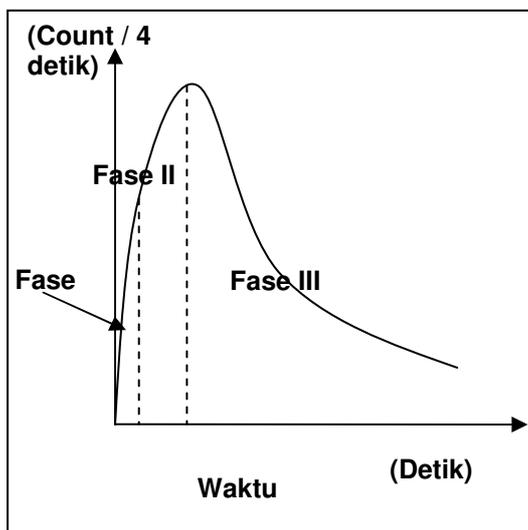
Fase II :

Memberikan informasi tentang kapasitas *uptake*, konsentrasi dan sekresi jaringan parenchima ginjal (nephron). Kurva memiliki upslope yang lebih landai dan berlangsung kurang dari 5 menit.

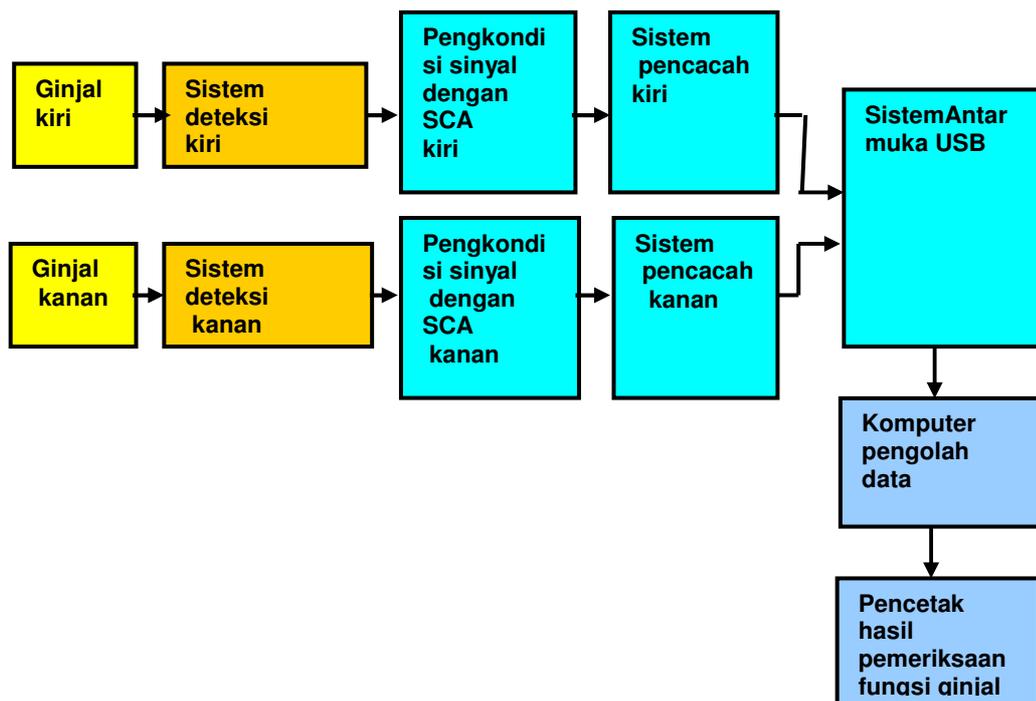
Fase III :

Memberikan informasi tentang kapasitas ekskresi atau eliminasi kedua ginjal. Kurva menurun (*down slope*) dimulai dari puncak fase II sampai akhir pemeriksaan.

Ketiga fase merupakan refleksi keadaan urodinamik kedua ginjal. Gangguan pada masing-masing fase memiliki makna klinis yang berbeda. Tipikal kurva renogram normal diperlihatkan pada gambar 1. Sedangkan blok diagram rancangan prototip perangkat renograf IR8 diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 1. Kurva Renogram



Gambar 2. Blok diagram prototip renograf IR8

### Cara kerja Prototip perangkat renograf IR8

Diagnosis fungsi ginjal menggunakan renograf type IR8 dilakukan dengan menyuntikan radioisotop Hipuran I-131 atau TC-99m DTPA ke dalam tubuh pasien dengan dosis tertentu. Radiasi yang masuk dan keluar dari ginjal disensor oleh sistem deteksi yang diletakkan di belakang tubuh tepat pada posisi ginjal. Sistem deteksi akan mengubah radiasi yang diterima menjadi pulsa listrik. Detektor yang digunakan dalam sistem deteksi adalah detektor NaI(Tl), dimana tinggi pulsa sebanding dengan energi radiasi dan intensitasnya sebanding dengan aktivitas radiasinya. Pada modul pengkondisi sinyal, pulsa keluaran detektor dibentuk dan dikondisikan sebagai masukan penganalisa kanal tunggal (SCA) serta diseleksi sesuai energi isotop yang digunakan. Seleksi energi dilakukan menggunakan jendela energi E dan dE yang diatur menggunakan modul I2C\_ADDA secara terprogram. Pulsa terseleksi yang berupa TTL, selanjutnya dicacah pada sistem pencacah. Hasil cacahan

kemudian dikirim ke komputer melalui antar muka komunikasi serial USB dari devasys USB\_I2C I/O. Lama pemeriksaan 15 menit sampai 20 menit dengan waktu cuplik 4 detik. Hasil cacah yang diterima komputer kemudian diproses dan ditampilkan dalam bentuk grafik maupun numerik. Perangkat lunak (software) yang digunakan RenoXp\_USB. Hasil pemeriksaan berupa grafik renogram yang mencerminkan fungsi ginjal kanan dan ginjal kiri pasien.

### 3. METODOLOGI

Melakukan dokumentasi rancangan modul-modul elektronik dan mekanik renograf IR8 yang mengacu pada renograf IR3. Melakukan evaluasi rancangan dengan menambah fasilitas estimasi dosis pasien pada perangkat lunaknya dan merubah tampilan printout hasil pemeriksaan yang lebih interaktif serta merubah desain kolimator. Tujuannya adalah untuk mendapatkan jumlah cacah yang standar sesuai dosis yang diberikan sehingga mengurangi peralatan pendukung dose kalibrator.

Pada tahap konstruksi kegiatan yang dilakukan antara lain:

- a. Evaluasi rancangan serta melakukan pengadaan bahan: menyusun spek, persetujuan spek, proses pengadaan, supervisi bahan dan mutu, dokumentasi.
- b. Pembuatan modul Elektronik: Modul Catu daya (LV dan HV), Modul pengkondisi sinyal dengan SCA, Modul pengatur jendela Energi, modul Pencacah, modul antar muka USB.
- c. Pengujian dan perbaikan fungsi setiap modul.
- d. Perakitan dan integrasi sistem elektronik renograf
- e. Pembuatan Mekanik meliputi: Casing modul elektronik, kursi periksa pasien, kolimator, meja operator dan statip detektor.
- f. Mengembangkan perangkat lunak dengan menambah fasilitas estimasi dose kalibrator dan merubah tampilan printout hasil pemeriksaan.
- g. Pembuatan manual perangkat lunak renograf IR8
- h. Melakukan uji sistem perangkat renograf IR8.

Dalam pembuatan kolimator, diberikan toleransi untuk mengatur jarak detektor dengan ujung kolimator sekitar 6 cm sampai 10 cm. Untuk melakukan uji kualitas, telah dirancang secara software. Pengujian tersebut diantaranya uji spektrum, uji chi test. Uji spektrum digunakan untuk menentukan jendela energi isotop yang digunakan. Sedangkan uji chi test digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan pencacahan secara statistik. Pengujian ini dirancang sesuai TECDOC- IAEA 602 tentang uji kualitas peralatan kedokteran nuklir. Nilai chi test yang diijinkan pada tingkat kepercayaan 95% dengan 20 data pengukuran yaitu  $10,117 < \text{Chi} < 30,144$ . Kemudian juga dibuat prosedur uji lapangan yaitu alat diuji untuk periksa fungsi ginjal pasien. Untuk melakukan pemeriksaan pasien ini diharapkan dapat mengikuti prosedur pemeriksaan pasien tersebut.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh berupa sebuah prototip perangkat renograf IR8 yang diperlihatkan pada Gambar 3. Spesifikasi perangkat renograf IR8 diperlihatkan pada Lampiran1, Tabel1.

Pada sistem elektronik Renograf IR8 berisi modul-modul antara lain:

- a. Modul Modul Catu daya LV: input PLN 220 volt AC, output: +5, +12, -12, ground.
- b. Modul catu daya HV: output dapat diatur secara manual sesuai tegangan kerja detektor antara 800 volt dc sampai 1000 volt dc.
- c. Modul pengkondisi sinyal dengan SCA: sinyal input positif dari preamp PA-14 bicron, bentuk sinyal output positif semigaussian, amplitudo maksimum 5 volt, lebar 5 sampai 8 mikrosekon, dua buah input pengatur jendela energi(E dan dE).
- d. Modul pengatur jendela Energi: 2x 8 bit dengan output 0 sampai 2,5 volt, input dihubungkan dengan port I2C I/O modul USB
- e. Modul Pencacah: 2x 24bit yang dapat dihubungkan dengan port I/O modul USB
- f. Modul antar muka USB: menggunakan modul USB tipe devasys USB\_I2C I/O REV. B2 yang mempunyai 24 port I/O dan port I2C I/O
- g. Kabel detektor yang terdiri dari: dua buah kabel HV coaxial RG58 dengan konektor SHV, dua buah kabel sinyal coaxial RG58 dengan konektor BNC, dua buah kabel power -12 volt coaxial RG58 dengan konektor DB9.



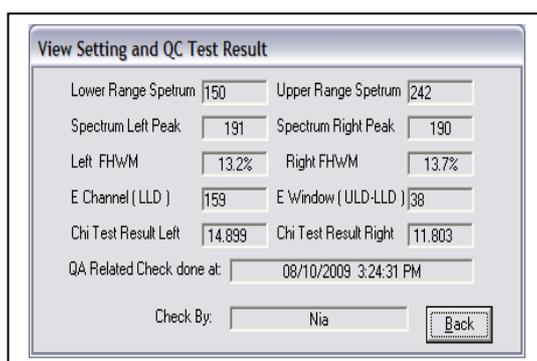
Gambar 3. Photo Prototip Renograf IR8

Pada kolimator telah diberikan fasilitas pengaturan jarak detektor dengan ujung kolimator sekitar 6 cm sampai 10 cm. Pengaturan jarak ini diperlukan untuk mendapatkan jumlah cacah sesuai dosis yang diinginkan yaitu untuk jumlah cacah 5000 cps setara dengan 25 mikro curie dan 10000 cps setara dengan 50 mikro curie. Perangkat lunak renoXp-USB yang telah ditambah dengan fasilitas estimasi dose kalibrator yang diperlihatkan pada Gambar 6.

Sistem elektronik renograf diperlihatkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa sistem elektronik telah disusun dengan kompak dan praktis. Pengujian dilakukan dengan mengikuti manual QC renograf IR8 yang menyatu dalam perangkat lunaknya. Hasil QC dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Instalasi Modul Elektronik Renograf IR8



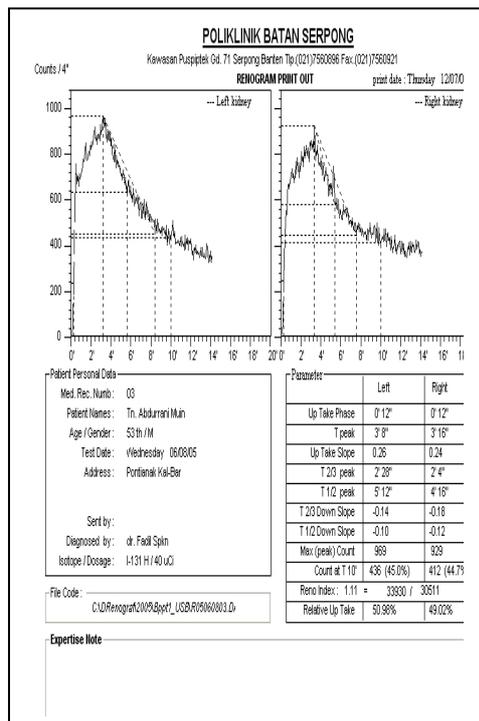
Gambar 5. Tampilan hasil setting dan QC



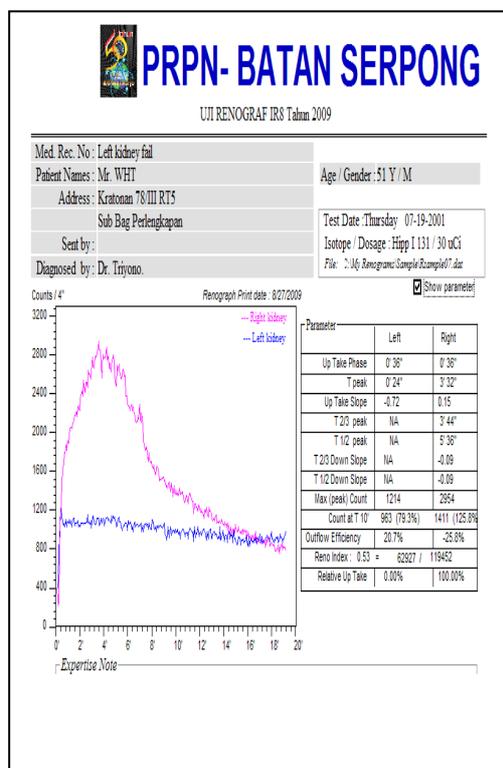
Gambar 6. Tampilan Estimasi dose kalibrator hasil setting dan QC

Print out hasil pemeriksaan menggunakan renograf IR3 dan renograf IR8 diperlihatkan masing-masing pada Gambar 7 dan Gambar 8. Dari gambar tersebut terlihat bahwa print out hasil pemeriksaan dengan renograf relatif lebih interaktif. Hasil print out dapat dipilih dengan mode renogram menyatu dimana renogram ginjal kiri dan ginjal kanan dibedakan dengan warna biru dan warna merah, atau dengan mode terpisah antara renogram ginjal kiri dan renogram ginjal kanan.

Rekam jejak pengembangan renograf hasil litbangsaya BATAN diperlihatkan pada Lampiran 1, Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa perkembangan renograf hasil litbang BATAN telah mengikuti arah sesuai perkembangan teknologi komputer untuk akuisisi dan pengolahan data serta memudahkan pengguna dalam penoperasiannya. Dalam operasionalnya Renograf IR8 telah dilengkapi estimasi dose kalibrator, sehingga dapat mengurangi biaya penyediaan alat pendukung dose kalibrator.



Gambar 7. Hasil print out Pemeriksaan dengan Renograf IR3



Gambar 8. Hasil print out Pemeriksaan dengan Renograf IR8

## 5. KESIMPULAN

Telah dilakukan perekrayasaan renograf IR8 yang mempunyai unjuk kerja yang sama dengan renograf IR3. Namun dalam operasionalnya Renograf IR8 telah dilengkapi estimasi dose kalibrator, sehingga dapat mengurangi biaya penyediaan alat pendukung dose kalibrator. Hasil uji menunjukkan bahwa untuk dosis pasien maksimum 50 mikroCurrie I-131 Hippuran setara dengan jumlah cacah 10.000 cps, dan dosis minimum 25 mikroCurrie setara dengan jumlah cacah 5.000 cps. Hasil tersebut telah sesuai dengan yang diharapkan. Disamping itu tampilan hasil print out memeriksa telah diubah sehingga lebih interaktif.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. DEVASYS, "API User's Guide for the USB I2C/IO Universal Serial Bus Interface Modul", Devasys, 2002, [www.Devasys.com](http://www.Devasys.com).
- [2]. Manual book, "Analog Input Output DT-51 I2C ADDA", Innovative Electronics, [www.Innovativeelectronics.com](http://www.Innovativeelectronics.com).
- [3]. CATALOG, "National Semiconductor", edisi June 1999, [www.National.com](http://www.National.com).
- [4]. CATALOG, "Harris Semiconductor", Harris co, 1996, [www.Harris.com](http://www.Harris.com).
- [5]. BR. BAIRI, etc. "Hand book of Nuclear Medical Instrument", Tata Mc Growhill Co, New Delhi, 1994.
- [6]. GOGOT SUYITNO M. D., 2001, Hand Out IAEA workshop RAS/4/017-005, Yangoon-Myanmar, 2001.
- [7]. Joko Sumanto, "Laporan teknis Perekrayasaan Renograf IR3", PRPN BATAN, Serpong, 2007.
- [8]. Joko Sumanto, "Laporan teknis Perekrayasaan Renograf IR8 –Tahap Pertama Rancangan dan dokumentasi", PRPN BATAN, Serpong, 2008.
- [9]. Joko Sumanto, "Laporan teknis Perekrayasaan Renograf IR8, PRPN BATAN, Serpong, 2009.

7. LAMPIRAN

Tabel 1. Spesifikasi Teknis

1	Konsumsi daya	220 Vac/450 Watt
2	Catu daya Tegangan tinggi	Dapat diatur 0-1000 Vdc
3	Catu daya Tegangan rendah	+5 Vdc; ±12 Vdc; Ground
4	Tegangan kerja detektor	Positip 800 s/d 1000 Vdc
5	Detektor	Dua buah NaI(Tl) 2"x2"
6	Keluaran preamp	Pulsa positip
7	Keluaran Amplifier	Semigaussian positip lebar 6-8 µs
8	Pencacah	16 bit
9	Perangkat lunak	RenoXp-USB dilengkapi dengan Estimasi dose kalibrator.
10	Isotop	Dapat menggunakan I-131 Hipuran atau Tc-99
11	Lama pemeriksaan	15-20 menit
12	Hasil pemeriksaan	Kurva renogram dan parameter: Uptake, Tpeak, uptake slope, T2/3 peak, T1/2 peak, T2/3 down slope, T1/2 down slope, max count, Count at 10 s, Reno index, Relatif Uptake

Tabel2. Rekam Jejak Pengembangan Renograf Hasil Litbangyasa BATAN

Tipe	Bagian			Keterangan
	Mekanik	Elektronik	Perangkat Lunak	
1	2	3	4	5
Sebelum IR2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kursi</li> <li>Sistem Deteksi melekat pada kursi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modul elektronik diletakkan pada konsol besar</li> <li>Komputer XT</li> <li>Antarmuka Add-on Card ISA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Operasi DOS</li> <li>Perangkat lunak operasi: Reno</li> <li>Setting LLD, ULD secara manual</li> </ul>	PPNY – BATAN terpasang di: <ul style="list-style-type: none"> <li>RS. Polri Sukanto Jakarta</li> <li>RS. Garut</li> <li>RS. Sutomo Surabaya</li> <li>RS. Padang</li> <li>RS. Mataram NTB</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kursi</li> <li>Sistem Deteksi melekat pada kursi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modul elektronik berupa <i>card</i> dalam komputer</li> <li>Komputer 486, Pentium I &amp; II</li> <li>Antarmuka Add-on Card ISA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Operasi Windows versi 98</li> <li>Perangkat lunak operasi: Reno98, Reno 2000 &amp; Reno2003</li> <li>Setting LLD, ULD dengan spektrum isotop</li> </ul>	PPNR - BATAN Terpasang di: <ul style="list-style-type: none"> <li>Yangoon General Hospital, Myanmar (2001)</li> <li>RS Bethesda, Yogyakarta (2003 s/d 2007)</li> </ul>
IR2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat tidur (kerangka C)</li> <li>Kursi reclining</li> <li>Sistem Deteksi terpasang pada penyangga detektor yang terpisah dari kursi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modul elektronik diletakkan pada konsol tipis terpisah</li> <li>Komputer Pentium IV</li> <li>Antarmuka USB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Operasi Windows XP</li> <li>Perangkat lunak operasi: RenoXP-USB</li> <li>Setting LLD ULD dengan spektrum isotop</li> </ul>	PPNR - BATAN Terpasang di: <ul style="list-style-type: none"> <li>RSPAD Gatot Soebroto (2006)</li> <li>Posisi periksa pasien tidur</li> </ul>
IR3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat tidur (kerangka 4 kaki)</li> <li>Kursi</li> <li>Sistem Deteksi terpasang pada penyangga detektor terpisah dari kursi</li> </ul>	Seperti IR2, dengan modifikasi: <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengaturan pemilihan window energi yang lebih akurat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Operasi Windows XP</li> <li>Perangkat lunak operasi: RenoXP-USB</li> <li>Modifikasi:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Tata letak window</li> <li>Perbesaran font</li> <li>parameter Output Efficiency</li> </ul> </li> </ul>	PPNR - BATAN Terpasang di: <ul style="list-style-type: none"> <li>RS Bethesda (2008)</li> <li>Posisi periksa pasien tidur</li> <li>Untuk pameran keliling Posisi periksa pasien duduk</li> </ul>
IR8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat tidur (kerangka 4 kaki)</li> <li>Kursi</li> <li>Dimensi kolimator yang optimal dan terstandarisasi</li> </ul>	Seperti IR3, dengan modifikasi: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrasi dosis</li> <li>Penyesuaian pengkabelan pre-amp dengan komponen SMD standart Bicron/Nim modul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Operasi Windows XP dan Vista</li> <li>Perangkat lunak operasi: RenoXP-USB &amp; RenoVista-USB</li> <li>Modifikasi:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Tata letak window</li> <li>Estimasi dosis pasien</li> <li>Perubahan print out</li> </ul> </li> </ul>	PRPN - BATAN <ul style="list-style-type: none"> <li>Posisi periksa pasien tidur</li> <li>Mekanik hanya dibuat kolimator saja</li> <li>Modul sistem elektronik lengkap</li> </ul>