

PERANCANGAN PERANGKAT KEDOKTERAN NUKLIR UNTUK DIAGNOSIS FUNGSI KELENJAR GONDOK BERBASIS PROBE

THE NUCLEAR MEDICINE DEVICE DESIGN FOR PROBE-BASED THYROID GLAND FUNCTION DIAGNOSIS

Riswal Nafi Siregar¹, Sukandar², Gina Kusuma², Elfi Fauziah³, Hyundianto Arif Gunawan⁴

¹Pusat Riset Kedokteran Klinis dan Pre Klinis, BRIN, Cibinong, Bogor

²Pusat Riset Teknologi Deteksi Radiasi dan Analisis Nuklir, BRIN, Serpong, Tangerang Selatan

³Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Pamulang, Tangerang Selatan

⁴Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir

Email : risw001@brin.go.id

ABSTRAK

Perancangan perangkat kedokteran nuklir berbasis probe berfungsi untuk mendiagnosis fungsi kelenjar gondok. Perangkat yang dirancang terdiri dari sistem instrumentasi nuklir, sistem mekanik dan sistem *software*. Sistem instrumentasi nuklir terdiri dari modul-modul deteksi dan modul-modul spektrometri. Modul-modul deteksi terdiri dari detektor NaITl 2M2 sebagai probe, *preamplifier*, *high voltage* dan *low voltage*. Modul-modul spektrometri terdiri dari *amplifier*, *single channel analyzer* dan *counter timer* dengan DAC nya. Perancangan sistem mekanik terdiri kolimator, pemegang kolimator, lengan pemegang kolimator, bodi utama, alas, boks sistem instrumentasi nuklir. Perancangan *software* menggunakan pemrograman visual net dengan *interfacing* devasys usb. Pengujian dilakukan dengan skala laboratorium dan menentukan persentase penangkapan sumber radioaktif. Pengujian skala laboratorium mengacu pada *technical document* IAEA 602 dan 363. Pengujian persentase penangkapan sumber radioaktif menggunakan I-131. Hasil pengujian memperlihatkan semakin rendah aktivitas sumber standard semakin kecil persentase penangkapan kelenjar gondok.

Kata Kunci: Fungsi Kelenjar Gondok, Instrumentasi Nuklir, Probe

ABSTRACT

The design of a probe-based nuclear medicine device serves to diagnose thyroid function. The device design comprises a nuclear instrumentation, mechanical, and software system. The nuclear instrumentation system consists of a detection module and a spectrometry module. The detection module consists of a 2M2 NaITl detector as a probe, preamplifier, high voltage and low voltage. The spectrometry module consists of an amplifier, a single-channel analyzer and a counter timer with its DAC. The design of the mechanical system consists of a collimator, collimator holder, collimator holder arm, main body, base, and nuclear instrumentation system box. Software design using visual net programming with interfacing devasys usb. Tests are

carried out on a laboratory scale and determine the percentage of capture of radioactive sources. Laboratory scale testing refers to the IAEA technical documents 602 and 363. The testing of the percentage of capture of radioactive sources was using I-131. The test results show that the lower the activity of the standard source, the smaller the percentage uptake of the thyroid gland.

Keywords: *Thyroid Gland Function, Nuclear Instrumentation, Probe*

1. PENDAHULUAN

Kelenjar gondok merupakan endokrin terbesar yang terdapat pada tubuh manusia. Kelenjar gondok terletak di leher bagian depan yang terdiri dari hormon tiroksin dan triiodotironin. Pembentukan hormon tiroid dipengaruhi oleh mekanisme umpan balik yang melibatkan hormon *Thyroid Stimulating Hormone*. Fungsi kelenjar gondok sebagai proses metabolisme dan aktivitas fisiologik sistem organ manusia. Efek dari kekurangan atau kelebihan hormon kelenjar tersebut mempengaruhi berbagai jaringan tubuh manusia. (Tamer, dkk. 2018)

Penyakit atau kelainan tiroid adalah suatu kondisi kelainan pada seseorang akibat adanya gangguan kelenjar tiroid, baik berupa perubahan bentuk maupun perubahan fungsi. (Tamer, dkk. 2018). Kelainan pada kelenjar tiroid ini merupakan kelainan endokrin terbanyak kedua di dunia setelah diabetes. Di Amerika, *prevalensi hipertiroid* sekitar 1,2% (lebih dari 0,5% dan 0,7% subklinis); sering disebabkan oleh *Graves' disease*, *goiter multinodular*

toksik, dan *adenoma toksik*. (Markus, dkk. 2019)

Perangkat pendeteksi fungsi kelenjar gondok di rumah sakit-rumah sakit kedokteran nuklir secara diagnosa terdiri atas perangkat pencitraan dan non pencitraan. (Majid, dkk. 2019). Perangkat pencitraan diantaranya adalah *Gamma Camera*, *SPECT (a Single Photon Emission Computed Tomography)* dan *PET (Positron Emission Tomography)*. Adapun perangkat non pencitraan diantaranya adalah *thyroid uptake*, pencacah *Radioimmunoassay* atau *Immunoradiometric Assay*. Perangkat-perangkat *Gamma Camera*, *SPECT*, *PET* dan *thyroid uptake* dalam mendiagnosa fungsi kelenjar gondok dilakukan secara *in-vivo*. yaitu memasukkan radioisotop kedalam tubuh pasien. Adapun pencacah *radioimmunoassay* atau *immunoradiometric assay* dalam mendiagnosis fungsi kelenjar gondok dengan cara *in-vitro*, yaitu mendiagnosis diluar tubuh manusia.

Pemenuhan pelaksanaan misi BRIN dalam memasyarakatkan aplikasi teknologi

nuklir untuk maksud damai di Bidang Kedokteran dalam hal ini membantu Departemen Kesehatan untuk meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat, BRIN ikut membidani lahirnya Bidang Kedokteran Nuklir di Indonesia. Aktifitas BRIN tersebut berupa mengadakan berbagai peralatan yang dibutuhkan dan melakukan pengembangan rekayasa peralatan kedokteran seperti, renografi, pencacah kelenjar gondok, kamera gama, dan pesawat sinar-X. Melalui kegiatan yang telah dilakukan tersebut kini telah terakumulasi pengetahuan dan pengalaman sebagai sumber daya manusia yang tidak bisa diabaikan nilainya, semuanya sangat potensial untuk didayagunakan untuk keperluan yang berkaitan dan saling menopang.

Perancangan perangkat di dalam negeri oleh peneliti Indonesia adalah satu diantara pendayagunaan potensi yang dapat dilaksanakan untuk dimanfaatkan dalam berbagai disiplin ilmu kedokteran. Mengingat jumlah penduduk Indonesia yang jumlahnya lebih dari 200 juta, maka dipastikan potensi pengguna peralatan hasil rekayasa ini juga akan besar. Sampai saat ini ketergantungan dari luar negeri sangat besar, bila ketergantungan terhadap luar negeri ini tidak dihentikan akhirnya akan menguras devisa negara dalam jumlah yang cukup besar. Tentunya ini kurang menguntungkan, apalagi dalam situasi

krisis moneter seperti yang dialami saat ini, akibatnya akan lebih buruk lagi.

Berdasarkan dari pemikiran tersebut maka dilakukan perancangan perangkat diagnosis fungsi kelenjar gondok. Perancangan perangkat ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang dipersyaratkan oleh Departemen Kesehatan.

2. TEORI

2.A. Kelenjar Gondok

Kelenjar gondok adalah penumpukan jaringan limfa yang membantu tubuh untuk melawan infeksi. Kelenjar gondok ditempatkan lebih atas dan jauh di belakang, dimana saluran hidung terhubung dengan tenggorokan, dan tidak bisa dilihat melalui mulut (Tamer, dkk. 2018; Markus, dkk. 2019). Meskipun begitu, kelenjar gondok bisa membesar. Misalnya ketika terinfeksi dengan bakteri yang menyebabkan penyakit radang tekak. Ketika hal ini terjadi, amandel tersebut menjadi lebih menonjol dan kelenjar gondok bisa menyumbat hidung. Biasanya, kelenjar gondok kembali ke ukuran normal ketika infeksi berakhir. Kadangkala mereka tetap membesar, terutama sekali pada anak-anak yang sering mengalami infeksi kronis. Meskipun sangat jarang, kanker kadangkala menyebabkan pembesaran kelenjar gondok pada anak.

Kebanyakan pembesaran kelenjar gondok tidak menyebabkan gejala-gejala; beberapa tahap pada pembesaran *tonsillar* bahkan dipertimbangkan normal pada anak yang belum sekolah dan anak remaja. Meskipun begitu, anak dengan kelenjar gondok membesar bisa mengalami tenggorokan luka dan tidak nyaman atau rasa sakit ketika menelan. Kelenjar gondok yang membesar bisa mengeluarkan kualitas suara ‘hidung kurus’ dan menyebabkan perubahan bentuk langit-langit mulut anak tersebut dan letak pada gigi. Kelenjar gondok yang membesar dipertimbangkan sebagai masalah ketika mereka menyebabkan akibat serius. Hal ini bisa menyebabkan kadar oksigen rendah pada darah, sering terbangun, dan tidur di siang hari selanjutnya bisa menyebabkan komplikasi serius, seperti tekanan darah tinggi pada paru-paru dan perubahan pada jantung yang diakibatkan dari hipertensi paru-paru. (Frank. 2017)

Diagnosis dan analisis fungsi kelenjar gondok dapat ditentukan dengan pengukuran penangkapan kelenjar gondok. Pengukuran yang dilakukan adalah untuk mengetahui berapa persen dari dosis yang diserap terhadap dosis yang ditelan. Karena ada peluruhan (*decay*) maka harus ada koreksi pengaruh waktu paruh (*half life*) tersebut. *Percentace uptake* dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Kharisma. 2018):

$$PcntUptk = (Thy(I) - BBGRnd(I) - RBgrnd(I)) / CalcRemActvty.....[1]$$

Sedangkan persamaan *CalcRemActvty* adalah :

$$CalcRemActvty = (Std(I) - RBgrnd(I)) * Thy(0) / Std(0).....[2]$$

dengan,

Thy(0) adalah A0 Kapsul yg mau ditelan

Std(0) adalah A0 Kapsul Standar

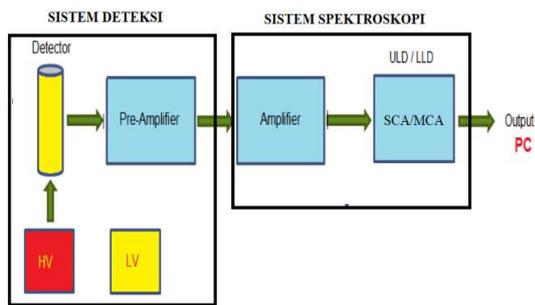
RBgrnd adalah Room Back Ground

BBGRnd adalah Body Back Ground

PcntUptk adalah % Uptake

2.B. Instrumentasi Nuklir

Sistem instrumentasi nuklir berfungsi menganalisis sumber radiasi gamma yang ditangkap oleh detektor dengan mengukur distribusi energinya dan aktivitasnya. Energi sumber radioaktif berupa energi foton. Energi yang dianalisis sebanding dengan tinggi pulsa dan aktivitasnya sebanding dengan intensitas pulsa jika dilihat dengan osiloskop (David. 1977). Energi foton yang dihasilkan oleh sumber radioaktif diubah oleh detektor menjadi pulsa listrik dengan frekuensi dan amplitude tertentu. Tinggi pulsa tersebut berbentuk eksponensial dengan frekuensi dan amplitude yang kecil. Sistem instrumentasi nuklir mengubah pulsa listrik analog tersebut menjadi pulsa digital dengan frekwensi dan amplitudo yang dapat dibaca oleh komputer (Noboru, Kouhei. 2018).



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Instrumentasi Nuklir

Instrumentasi nuklir terdiri dari sistem deteksi dan sistem spektroskopi. Sistem deteksi terdiri dari detektor, *preamplifier* dan sumber tegangan *highvoltage*. Sistem spektroskopi terdiri dari *amplifier* dan *single channel analyzer* atau *multi channel analyzer*. Blok diagram instrumentasi nuklir pada Gambar 1 (Knoll, 2010).

Pulsa listrik keluaran *preamplifier* berbentuk eksponensial dengan ekor panjang. Pulsa tersebut memiliki frekuensi sekitar 16 – 20 Hz dan amplitude 200 mV. Modul *amplifier* berfungsi mengembalikan pulsa ekor panjang sejajar dengan horizontal, membentuk pulsa eksponensial menjadi pulsa *gaussian* dan juga sebagai penguat pulsa. Modul *single channel analyzer* meneruskan pulsa diantara *low level discriminator* dan *ultra level discriminator* dan mengubahnya menjadi pulsa digital. (Bairi, 1994) Pulsa digital tersebut di cacah dan dibaca oleh komputer untuk menjadi fungsi kelenjar gondok.

3. METODOLOGI

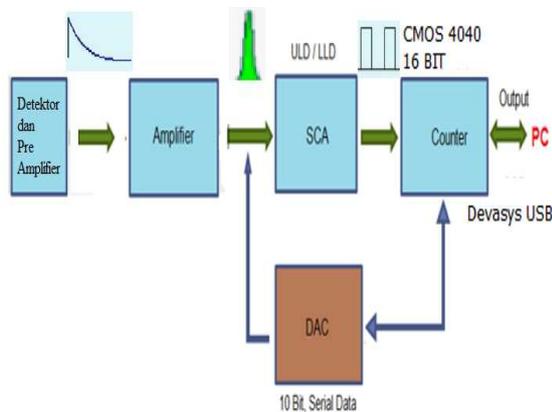
Perancangan ini adalah pengembangan perangkat *thyroid uptake* impor dan analisis terhadap fungsi kelenjar gondok pada perangkat gamma kamera. Perancangan ini meliputi perancangan sistem instrumentasi nuklir, perancangan mekanik dan perancangan *software* serta pengujian skala laboratorium.

Perancangan sistem instrumentasi nuklir terdiri dari modul-modul deteksi dan modul-modul spektroskopi. Modul-modul deteksi berupa detektor, *preamplifier*, *high voltage* dan *low voltage*. Modul-modul spektroskopi terdiri dari *amplifier*, *single channel analyzer* dan *counter timer* dengan *DAC* nya. Perancangan sistem mekanik terdiri kolimator, pemegang baut kolimator, bodi kolimator, pemegang bodi belakang detektor, silinder pemegang kolimator, rel pengarah, spi pengarah. Perancangan *software* menggunakan visual net dengan *interfacing* devasys usb.

Pengujian perancangan dilakukan dengan skala laboratorium menggunakan masukan pulsa dari *function generator* dan keluaran pulsa menggunakan osiloskop. Perancangan perangkat ini berupa satu sistem terintegratif yang kompak dan memberikan analisis pengukuran yang baik. Hasil uji akan membuktikan kelayakan dari rancangan secara teknis (*engineering feasibility*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.A. Perancangan Instrumentasi Nuklir



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Instrumentasi Nuklir Fungsi Kelenjar Gondok

Perancangan instrumentasi nuklir terdiri dari modul-modul deteksi dan spektrometri. Modul-modul tersebut adalah detektor, modul *preamplifier*, modul *high voltage*, modul *low voltage*, modul *amplifier*, modul *single channel analyzer*, modul *counter timer* dan modul *digital analog converter*. Perancangan instrumentasi nuklir mengubah pulsa eksponensial yang dikeluarkan detektor melalui *preamplifier* menjadi pulsa digital yang akan diakusisi menjadi fungsi diagnosa kelenjar gondok.

Modul *high voltage* dirancang menghasilkan tegangan regulasi sampai 2000 Vdc dengan tegangan input ± 5 Vdc, ± 12 Vdc, ground dan 0 Vdc. Modul *high voltage* berfungsi untuk memberikan tegangan agar detektor dapat beroperasi. Perancangan modul *high voltage* menggunakan komponen utama yaitu

EMCO dengan type CA20P. Modul *high voltage* yang dirancang disertai juga dengan sistem *delay* dan *converter DC to DC*.

Modul *preamplifier* yang digunakan disesuaikan dengan konektor detektor PA-14. Keluaran pulsanya berupa sinyal eksponensial dengan amplitudo 200 mV dan frekuensi 16 – 20 Hz. Komponen utama modul ini adalah transistor dan rangkaian resistor sebagai *divider*.

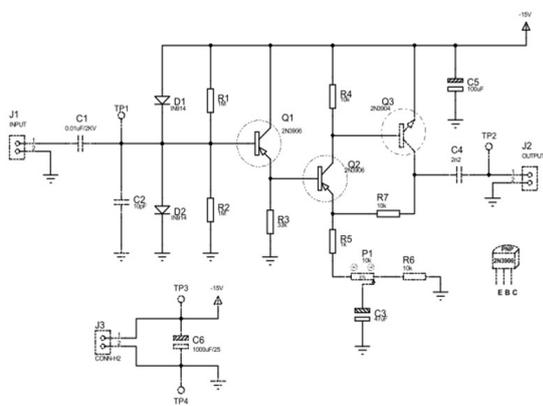
Modul *amplifier* terdiri dari rangkaian *integrator*, *differensiator* dan penguat pulsa. Rangkaian tersebut membentuk pulsa eksponensial keluaran *preamplifier* menjadi pulsa gaussian dengan amplitudo 3-5 Vdc dan frekuensi 6 – 8 Hz. Komponen utama dari modul *amplifier* adalah op-Amp LM 318.

Modul SCA terdiri dari rangkaian *discriminator* dan rangkaian *antikonsiden*. Rangkaian *discriminator* adalah rangkaian pembentuk jendela energi. Rangkaian *discriminator* IC utamanya adalah IC LM311. Rangkaian *antikonsiden* ini terdiri dari rangkaian *multivibrator* dan rangkaian *flipflop*. Rangkaian *multivibrator* dengan IC utamanya adalah IC 74LS122 dan rangkaian *flipflop* dengan IC utamanya gerbang NOR 7402. Rangkaian *antikonsiden* berfungsi melewatkan pulsa-pulsa di atas *low level discriminator* dan memblokir pulsa-pulsa yang lewat di atas *upper level discriminator*. Pulsa keluaran

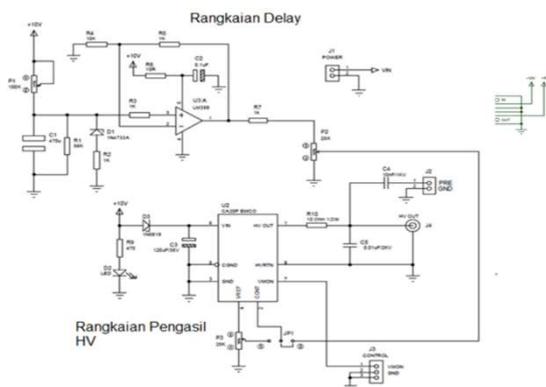
modul ini adalah pulsa digital dengan amplitudo 3 – 5 volt.

Rancangan *counter timer* berjumlah tiga buah yang di dalamnya terdiri dari dua buah *counter* 16 bit yang terbagi menjadi 8 bit *High Byte* dan 8 bit *Low Byte*. Rancangan *counter* ini menggunakan IC4040 sebagai *counter* (8 bit) dan IC 74244 sebagai gerbang data. Data yang akan dibaca dikirim melalui Port A pada Terminal USB (*Universal Serial Bus*). Proses pembacaan data dilakukan dengan pemilihan *Chipselect* (Cs) oleh suatu *decoder* (IC74138) melalui Port C (PC0, PC1, PC2, PC3). Adapun modul DAC menggunakan ADDA DT51.

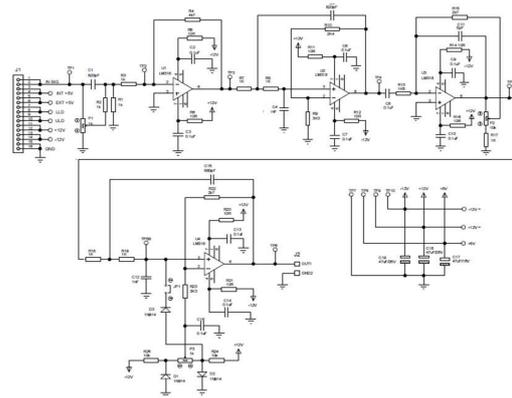
Rangkaian skematik instrumentasi nuklir pada Gambar 3:



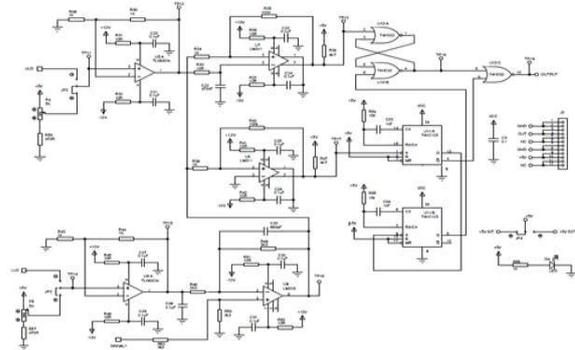
(a)



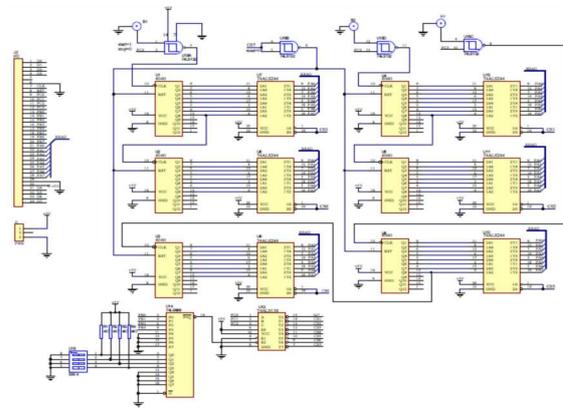
(b)



(c)

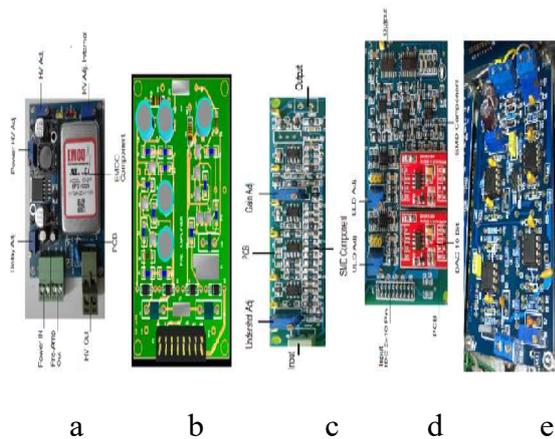


(d)



(e)

Gambar 3. Rangkaian Instrumentasi Nuklir, (a) PreAmplifier (b) High Voltage (c) Amplifier (d) Single Channel Analyzer (e) Counter Timer



Gambar 4. Modul Instrumentasi Nuklir

- a. High Voltage**
- b. Preamplifier**
- c. Amplifier**
- d. Single Channel Analyzer**
- e. Counter**

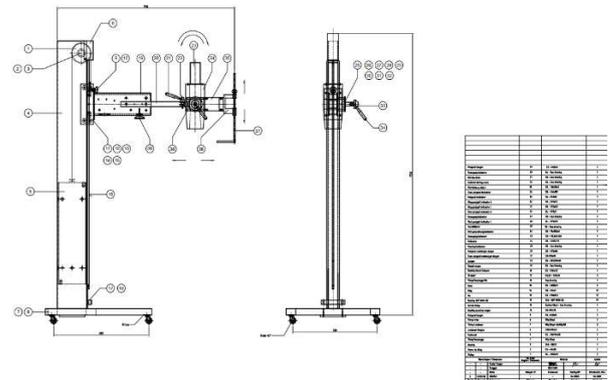
Berdasarkan rangkaian skematik diatas maka dibuat modul instrumentasi nuklir pada Gambar 4.

4.B. Perancangan Sistem Mekanik

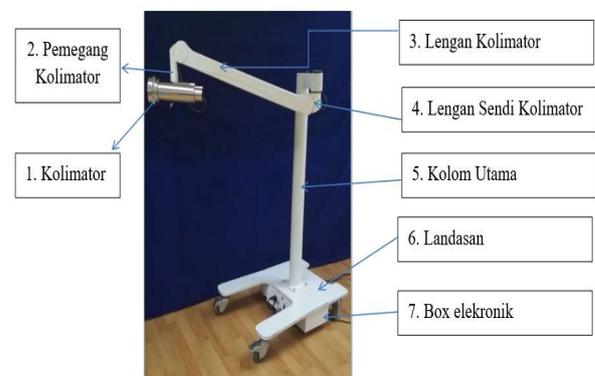
Perancangan sistem mekanik disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Lengan pemegang detektor dapat di gerakkan secara translasi dan rotasi sampai 270°. Kolom utama penyangga lengan pemegang detektor juga dirancang untuk dapat menahan beban kolimator dan lengan pemegang kolimator. Sistem mekanik juga dirancang untuk media modul instrumentasi nuklir dan diletakkan di bawah alas kolom utama.

Perancangan sistem mekanik terdiri dari kolimator, pemegang kolimator, lengan pemegang kolimator, kolom utama

penyangga lengan, alas dan casing untuk modul modul instrumentasi nuklir.



Perancangan dan sistem mekanik tersebut pada Gambar 5 di bawah ini:

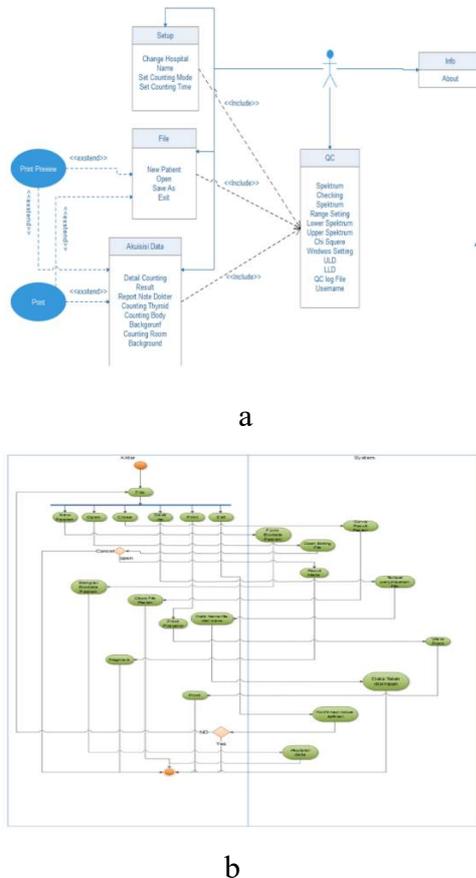


Gambar 5. Perancangan dan Sistem Mekanik Diagnosa Fungsi Tiroid

4.C. Perancangan Sistem Software

Perancangan *software* dilakukan permodelan berdasarkan hasil analisis. Perancangan menentukan bagaimana suatu aplikasi menyelesaikan kebutuhan pengguna. Perancangan *software* menggunakan proses *Unified Modeling Language (UML)* yang terdiri dari *Use case diagram*, *activity diagram*, dan perancangan antar muka. Perancangan *use case* dan *activity diagram* untuk

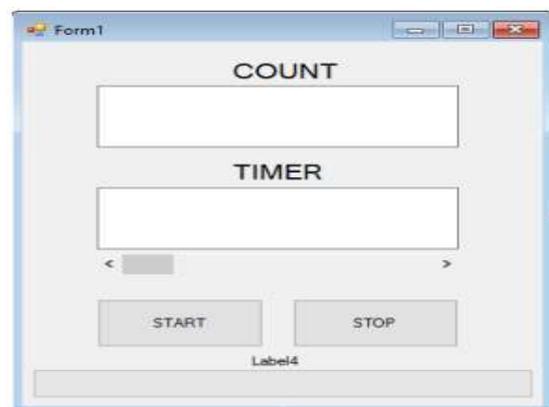
mendiagnosis kelenjar gondok pada Gambar 6 di bawah ini:



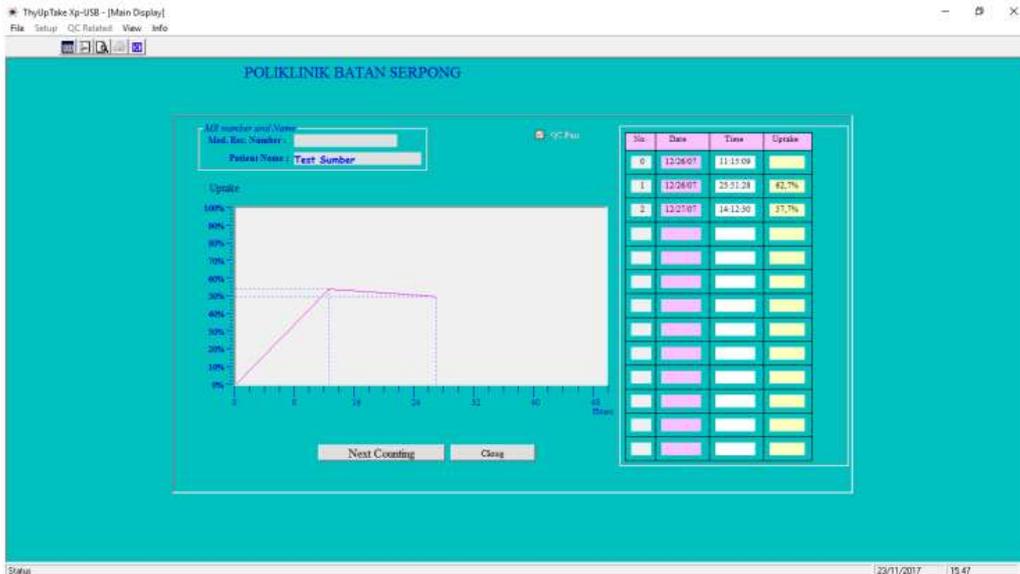
Gambar 6. Perancangan Software
a. Use Case b. Activity Diagram

Perancangan pemograman akusisi dilakukan dengan mengakses *interface* devasys usb dan menentukan lebar *window* pada modul *single channel analyzer* melalui modul DAC. Untuk mengatur nilai *window* E dan ΔE , digunakan perangkat DT-51 I2C ADDA. Perangkat DT-51 I2C ADDA adalah sebuah perangkat yang dapat digunakan sebagai konversi dari nilai analog 0 – 2.5 Volt ke nilai digital 8 bit maupun konversi dari nilai digital 8 bit ke nilai analog 0 – 2.5 Volt. Aplikasi DT-51

I2C ADDA pada perangkat SCA adalah sebagai pengkonversi nilai 8 bit data yang dikirimkan komputer melalui komunikasi I2C devasys. Sebagai perangkat *user*, komputer mengirimkan data melalui *port* USB kepada perangkat devasys melalui pemrograman yang dibuat pada visual studio 2015 dengan bahasa Vb .Net. Untuk dapat mengakses fasilitas I2C pada devasys, maka sama seperti cara akses fasilitas input output yang perlu dilakukan pertama kali adalah dengan mencantumkan program API yang mengakses library *usb2cio.dll*. Perancangan berikutnya adalah pemrograman pencacahan, digunakan fasilitas *backgroundworker* sebagai pewaktu yang berjalan pada level *background*. Perancangan ini terlebih dahulu memasukkan modul-modul devasys terlebih dahulu. Modul yang disertakan antara lain *usb2cio*, *WinAPI*, *Config_Devasys*, *Connect_Devasys* dan *Module 1*. Tampilan *form* pencacahan dan interface akusisi *diagnose* fungsi kelenjar gondok pada Gambar 7.



a



b

Gambar 7. a. Tampilan Pencacahan; b. Tampilan Akusisi

4.D. Pengujian

Pengujian terhadap perangkat dilakukan dalam skala laboratorium. Standard yang digunakan adalah *technical document* IAEA 602.4.3.4 dan 4.3.6 *manual and automatic counting systems for gamma radiation measurements in vivo* dan *technical document* IAEA 363 *selected topics in nuclear electronics*. Hasil pengujian pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Pengujian Skala laboratorium

PARAMETER	SPEKIFIKASI	HASIL
Catu daya tegangan rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Input AC :220V/450 watt • Output DC: +5V, ± 12 V, Ground 	<ul style="list-style-type: none"> • Input AC: 220V • Output DC: +5,023v; +11,66v; - 12,074v
Catu daya tegangan tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Input DC: 0-12v • Output DC: 0 V - 1000 V. 	<ul style="list-style-type: none"> • Input DC: 0- 12 volt, • Teg.kerja detektor: 764 vdc.

Jenis Detektor	Nal(Tl), 2"x2" , 1 buah	Nal(Tl), 2"x2" , 1 buah
Resolusi detektor	Max 20% untuk I-131 (364kev)	Resolusi: 11,5 %
Uji statistik	chitest	Nilai chitest:
Chi test	10,117 < Chi test < 30,144	20,512
Amplifier-SCA	<ul style="list-style-type: none"> • Input ampl: sinyal posi tip 1v(mak) • Output ampl: pulsa positipsemi gaussian, lebar pulsa 6-8 µs, 4v (mak) • Output SCA: TTL +5 V, lebar pulsa 0,5 µs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Input ampl : sinyal positip 1v (mak) • Output amp: pulsa positip semi gaussian, lebar pulsa 8 µs, 4v (mak) • Output SCA: TTL +5 V, lebar pulsa 0,5 µs.

Pengujian juga dilakukan untuk stabilisasi pencacahan. Pengujian ini menggunakan sumber standard Cs-137, hasil pengujian diperlihatkan pada tampilan

di monitor seperti Gambar 4.a diatas. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan waktu 10 detik, maka didapatkan hasil pengujian beserta rentang stabilisasi pencacahan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Stabilisasi Pencacahan

i	C (i)	(Ci-AvCi)	Sqr(Ci-AvCi)
1	25	-4,30	18,49
2	36	6,70	44,89
3	33	3,70	13,69
4	29	-0,30	0,09
5	34	4,70	22,09
6	25	-4,30	18,49
7	22	-7,30	53,29
8	22	-7,30	53,29
9	24	-5,30	28,09
10	36	6,70	44,89
11	27	-2,30	5,29
12	28	-1,30	1,69
13	31	1,70	2,89
14	20	-9,30	86,49
15	24	-5,30	28,09
16	35	5,70	32,49
17	35	5,70	32,49
18	31	1,70	2,89
19	35	5,70	32,49
20	34	4,70	22,09
ΣCi	586	$\Sigma Sqr(Ci-AvCi)$	544,20
		$AvCi = \frac{\Sigma Ci}{20}$	29,30

Pengujian berikutnya adalah pengujian keakuratan perangkat dan sumber radiaaktif sebagai fungsi tiroid pasien pada skala laboratorium. Pengujian keakuratan perangkat dengan mencari ralat persentase antara pengukuran tiroid terhadap pengukuran standard. Pengukuran tiroid dalam hal ini adalah pengukuran cacahan terhadap sumber radioaktif I-131 sedangkan pengukuran

stabilitas kemampuan perangkat menangkap informasi kelenjar tiroid (*percentage uptake*) terhadap peluruhan sedangkan pengukuran standard adalah cacahan ter hadap *phantom*.

Demikian juga pengujian stabilitas menggunakan pengukuran cacahan terhadap sumber radioaktif sebagai tiroid dan pengukuran cacahan standard dengan menggunakan *phantom*. Pengujian keduanya dilakukan secara variasi waktu setiap 8 hari. Adapun pengukuran *body background* dan *room background* dianggap 0, maka didapatkan masing masing cacahan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Menggunakan Sumber Radioaktif dan *Panthom*

WAKTU	CACAHAN TIROID	CACAHAN STANDARD	% UPTAKE
01 Juli 2018	682994	677228	100,9%
09 Juli 2018	342619	339229	101 %
17 Juli 2018	167285	169923	98,4 %
25 Juli 2018	87560	85116	102,9%
02 Agt 2018	41017	42635	96,2 %

Dari Tabel 3 didapatkan stabilitas *percentase uptake* terhadap peluruhan sumber radioaktif. Adapun untuk mendapatkan nilai *percentage uptake* menggunakan persamaan [1] dan [2] . Hasil cacahan pada gambar di atas didapatkan cacahan rerata pada sumber I-131 yaitu 264291 dan cacahan rerata pada phantom sebesar 262227,6 sehingga ralat persentase keakuratan perangkat sebesar 0.79%.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian skala laboratorium dengan menggunakan sumber standard Cs-137 memperlihatkan bahwa perangkat memenuhi persyaratan *technical document* standard IAEA 602 dan 363. Pengujian ini menjadi acuan dalam melakukan pengujian sebenarnya menggunakan sumber radioaktif untuk *diagnose* fungsi kelenjar gondok.

Hasil pengujian menggunakan sumber radioaktif dan phantom memperlihatkan keakuratan perangkat dengan ralat kesalahan sebesar 0.79% dan perangkat stabil menangkap informasi dari sumber tersebut (*percentage uptake*) walaupun sumber radioaktif meluruh menurut waktu.

Pengujian ini dilakukan sebagai kalibrasi sebelum dilakukan pengujian klinis pada pasien

6. DAFTAR PUSTAKA

- Assadi Majid, Ahmadzadehfar Hojjat, Juegen Biersack Hans. 2018. Principles of Nuclear Medicine: Self-Assessment and Board Review, Newyork; Springer
- BAIRI. B.R. etc., "Handbook of Nuclear Medical Instruments", Tata McGraw Hill Co., New Delhi, 1994
- G.F. Knoll. 2010. "Radiation Detection and Measurement", Fourth Edition, John Wiley, Toronto.
- Luster Markus, Duntas Leonidas H, Wartofsky Leonardo. 2019. "The Thyroid and Its Diseases: A Comprehensive Guide for the Clinician, New York; Springer.
- Netter Frank H. 2018. "Atlas of Human Anatomy", Saunders Elsevier,
- Ozulker Tamer, Adas Mine, Gunay Semra. 2018. "Thyroid and Parathyroid Diseases: A Case-Based Guide", New York; Springer.
- Perdani Kharisma. 2018. "Kesesuaian Hasil Uji Tangkap Tiroid Gamma Probe BATAN dengan Gamma kamera", Universitas Padjadjaran, Bandung,
- Rollo F David. 1977. Nuclear Medicine Physics, Instrumentation, and Agents, The C.V. Mosby Company. Saint Louis.
- Takigawa Noboru, Washiyama Kouhei. 2018. "Fundamentals of nuclear physics", New York; Springer.