

APLIKASI MIKROKONTROLER AVR SEBAGAI ANTAR MUKA DETEKSI FUNGSI GINJAL

Riswal Hanafi Siregar
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN,
Email: riswalsfs@gmail.com

ABSTRAK

APLIKASI MIKROKONTROLER AVR SEBAGAI ANTAR MUKA DETEKSI FUNGSI GINJAL. Telah dikembangkan aplikasi mikrokontroler sebagai antar muka untuk deteksi fungsi ginjal. Keluaran aplikasi ini menampilkan grafik standar sebagai acuan dalam menentukan fungsi ginjal seorang pasien. Fungsi ginjal dapat ditentukan berdasarkan kadar albumin pada urin seorang pasien. Penentuan kadar albumin dalam sampel dapat diketahui dengan cara interpolasi pada kurva standar. Kurva standar hanya digunakan pada waktu assay yang sama antara sampel dengan standar. Pengolahan data digunakan untuk menghitung persentase non spesifik binding (% NSB) dan persentase maximum binding (% B/T). Dari setiap seri variasi komposisi dan kondisi dipilih % B/T tertinggi dan % NSB terendah yang selanjutnya digunakan dalam seri variasi komposisi untuk kondisi berikutnya. Untuk akuisisi data dan antar muka digunakan mikrokontroler AVR ATmega 8533. Perangkat lunak aplikasi menggunakan bahasa C CodeVision AVR yang merupakan kompilator bahasa C untuk mikrokontroler AVR. Output rangkaian ini berupa grafik yang ditampilkan pada LCD grafik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem memenuhi kebutuhan klinis dimana %NSB=7,72% dan B/T % =39,84%.

Kata kunci: Mikrokontroler AVR, Pendeteksi Fungsi Ginjal, %NSB, B/T %

ABSTRACT

APPLICATION OF AVR MICROCONTROLLER AS AN INTERFACE FOR DETECTION OF KIDNEY FUNCTION. An application of microcontroller as an interface for detection of kidney function has been developed. The application displays a graph output as a reference standard in determining a patient's renal function. Kidney function can be determined based on the albumin concentration in the urine of a patient. Concentration of albumin in the sample can be determined by interpolation method on a standard curve. The standard curve was only be used in the same assay time between the samples and the standard. Data processing has been utilized to calculate the percentage of non-specific binding (NSB %) and the percentage of maximum binding (% B/T). On each series variation of both the composition and condition. The selected highest selected % B/T and lowest NSB % will be used further in the series variation of composition of the next condition. An AVR ATmega 8535 is utilized for data acquisition and interface. The ATmega microcontroller application software using C Code Vision AVR language which is the C language compiler for AVR microcontrollers. Output of this circuit is a graphic that is displayed on an LCD graphics. Results of this experiment showed that the system has a good performance where NSB % = 7.72 % and B/T % = 39.84 %.

Keywords : Microcontroller AVR , detection of kidney functions , NSB%, B/T %

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendeteksi fungsi ginjal di rumah sakit-rumah sakit kedokteran nuklir pada umumnya berbasis PC. Peralatan-peralatan tersebut memiliki ukuran fisik besar sehingga

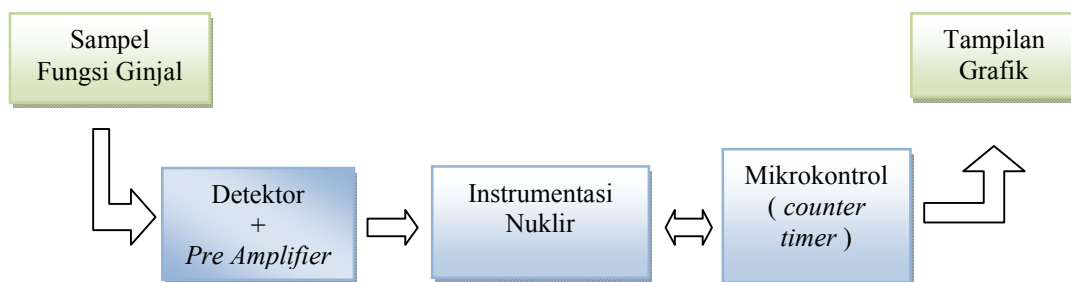
penempatannya membutuhkan ruangan yang luas^[1]. Peralatan tersebut seperti *Gamma Camera*, *SPECT(a Single Photon Emission Computed Tomography)*, *PET (Positron Emission Tomography)*, *Renograf*, *RIA (Radio Immunoassay)* dan *IRMA(Immunoradiometric Assay)*. Perangkat-perangkat *Gamma Camera*, *SPECT*, *PET* dan *Renograf* dalam mendiagnosa fungsi ginjal dilakukan secara *in-vivo*, yaitu memasukkan radioisotop kedalam tubuh pasien. Adapun *RIA* dan *IRMA* dalam mendiagnosis fungsi ginjal dengan cara *in-vitro*, yaitu mendiagnosis diluar tubuh manusia.

Perkembangan teknologi telah maju dengan pesat dalam dunia elektronika, khususnya dunia mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan salah satu piranti kontrol yang digunakan *embedded system* ^[2]. Sebagai piranti kontrol, mikrokontroler memiliki sifat yang dapat diprogram oleh pemakai, sehingga sebuah sistem perancangan dapat diwujudkan melalui program yang tertanam di dalam memori kontroler tersebut. Kelebihan mikrokontroler terletak pada fasilitas yang disediakan, misalnya mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*.

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam makalah ini akan dibahas aplikasi mikrokontroler untuk deteksi fungsi ginjal. Kerja sistem akan dilihat dari persentase spesifik binding dan persentase maksimum binding.

1.2. Metodologi

Dalam penelitian ini informasi fungsi ginjal dapat diperoleh dengan cara memanfaatkan pulsa keluaran dari instrumentasi nuklir . Pulsa keluaran dari instrumentasi nuklir di cacah oleh mikrokontroler sebagai antar muka dan akuisisi data. Keluaran akuisisi data tersebut dalam bentuk tampilan grafik pada LCD grafik. Tampilan grafik sebagai grafik standar untuk menentukan kadar albumin seorang pasien yang berfungsi sebagai fungsi ginjal. Adapun teknik yang digunakan dalam proses preparasi sampel adalah teknik *radioimmunoassay*. Teknik ini menggunakan analisis secara *in-vitro* dengan menggunakan perunut radioaktif yang di dasarkan pada prinsip *imunologi*^[3]. Pemeriksaannya dilakukan dengan bantuan detektor radiasi gamma yang dirangkai dengan suatu sistem instrumentasi nuklir. Blok diagram rancangan ini terdapat pada Gambar 1.1 di bawah :



Gambar 1.1 Blok Diagram Rancangan Sistem

2. TEORI DASAR

2.1. Prinsip Dasar *Radioimmunoassay*

Radioimmunoassay (RIA) berfungsi untuk menganalisis zat-zat yang ada didalam cairan tubuh diantaranya urin, hormon, dan lain-lain atau kultur media yang berkadar rendah dan matriksnya kompleks. Teknik pengukuran *RIA* merupakan teknik analisis secara *in-vitro* berdasarkan pada reaksi *imunologi* dengan menggunakan *radioisotope* sebagai perunutnya^[4].

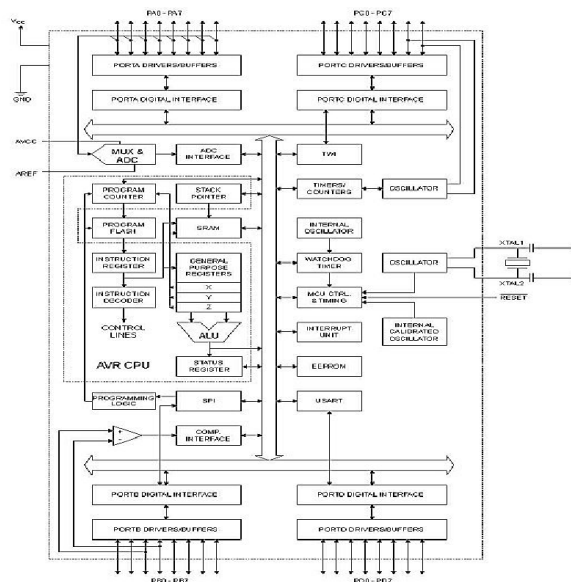
Prosedur *radioimmunoassay* merupakan pengembangan dari penyelidikan yang dilakukan oleh Baron dan Yallow mengenai penentuan konsentrasi rendah dari hormon antigen berdasarkan kemampuannya membentuk ikatan dengan antibodi tertentu. Untuk

melaksanakan reaksi antara antigen dan antibodi didalam teknik RIA^[5] diperlukan antigen dalam dua bentuk :

- a. antigen tidak bertanda (Ag) yang digunakan sebagai larutan standar
- b. antigen bertanda (dalam hal ini radioaktif *I-125*), disimbolkan dengan Ag* ; yang digunakan sebagai *tracer*

2.2. Mikrokontroler AVR ATmega 8535

Mikrokontroler dengan arsitektur RISC kini semakin berkembang pesat dan semakin banyak diminati dalam aplikasi sistem kendali. Salah satu jenis mikrokontroler RISC yang banyak beredar di pasaran adalah mikrokontroler jenis AVR dari Atmel. Mikrokontroler AVR memiliki konsep yang hampir sama dengan mikrokontroler PIC mikro dari Microchip Inc. yang memiliki arsitektur RISC 8-bit. Mikrokontroler AVR Atmel memiliki 118 macam instruksi assembler utama, namun terdapat beberapa instruksi yang bila dieksekusi menghasilkan kode yang sama. Sehingga instruksi assembler yang sebenarnya hanya 79 macam instruksi^[6]. Tipe AVR ini memiliki beberapa tambahan instruksi yang tidak terdapat pada tipe AVR yang lain. Blok sistem mikrokontroler AVR ATmega8535 adalah seperti pada Gambar 2.1. di bawah ini :



Gambar 2.1. Blok Sistem Mikrokontroler ATmega 8535^[1]

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega 8535 memiliki bagian sebagai berikut^[7] :

- 1. Saluran I/O sebanyak 32 saluran, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- 2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran dan tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan
- 3. CPU yang terdiri atas 32 buah register dan *Watchdog Timer* dengan osilator internal
- 4. SRAM sebesar 512 byte dan memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *Read While Write*
- 5. Unit interupsi internal dan eksternal, port antarmuka SPI dan port USART untuk komunikasi serial
- 6. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi dan antarmuka komparator analog

3. PERANCANGAN SISTEM

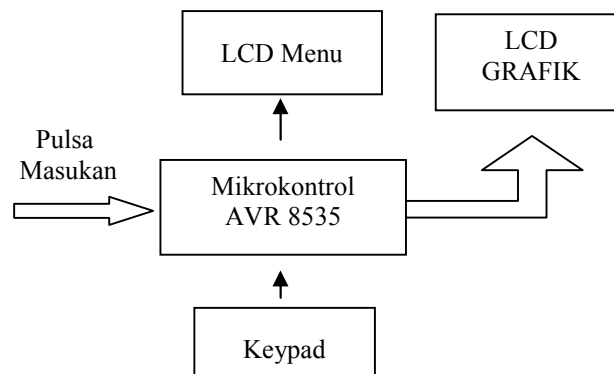
3.1. Radioimmunoassay Sebagai Pendeteksi Fungsi Ginjal

Mikroalbuminuria adalah keadaan fisiologis seseorang dimana kadar *albumin* yang diekskresi ke dalam urin sebesar 20 – 200 $\mu\text{g}/\text{menit}$ atau 30 – 300 mg/hari . Konsentrasi di atas nilai tersebut disebut proteinuri dan dinyatakan *nephropathy* atau gagal ginjal^[8]. Penentuan kadar *albumin* dalam jumlah mikro ($<200 \mu\text{g}/\text{menit}$) pada pasien sangat penting untuk deteksi dini *mikroalbumin* sebelum menjadi *nephropathy* agar dapat dilakukan pencegahan penyakit lebih awal^[9]. Dalam penentuan dengan teknik RIA diperlukan beberapa pereaksi yang umumnya dibuat dalam suatu bentuk kit RIA yang kini banyak beredar secara komersial.. Radioisotop yang sering digunakan dalam RIA adalah *Iodine-125*.

Sampel fungsi ginjal yang disebut dengan *mikroalbuminuria* adalah percampuran antara larutan *Tracer Iodine-125* dengan urin. Hasil percampuran ini merupakan larutan standar untuk menentukan persentase kadar *albumin* seorang pasien.. Konsentrasi larutan standar yang dibuat adalah antara 0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ – 230 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dan diberi label sebagai *NSB (Non Spesifik Bending)* = 0 $\mu\text{g}/\text{ml}$, standar 1 = 8.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$, standar 2 = 29 $\mu\text{g}/\text{ml}$, standar 3 = 58 $\mu\text{g}/\text{ml}$, standar 4 = 110 $\mu\text{g}/\text{ml}$, standar 5 = 230 $\mu\text{g}/\text{ml}$.

3.2. Minimum System Mikrokontroler AVR 8535

Sistem minimum (sismin) mikrokontroler adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AVR seri 8535. Sistem minimum ini kemudian bisa dihubungkan dengan rangkaian lain untuk menjalankan fungsi tertentu. Fungsi sistem minimum ini sebagai pengolah data dengan cara menghitung pulsa masukan dari pengolah sinyal. Pulsa masukan tersebut sudah berupa pulsa digital. Hasil pengolahan data dari sistem minimum mikrokontroler ini merupakan pola grafik sebagai fungsi ginjal. Grafik tersebut ditampilkan pada LCD grafik. Sebagai inputan pada sistem minimum ini juga digunakan *keypad*. Sedangkan menu-menu yang tersedia pada pengolahan data di tampilkan pada LCD *text*. Adapun blok diagramnya dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini :



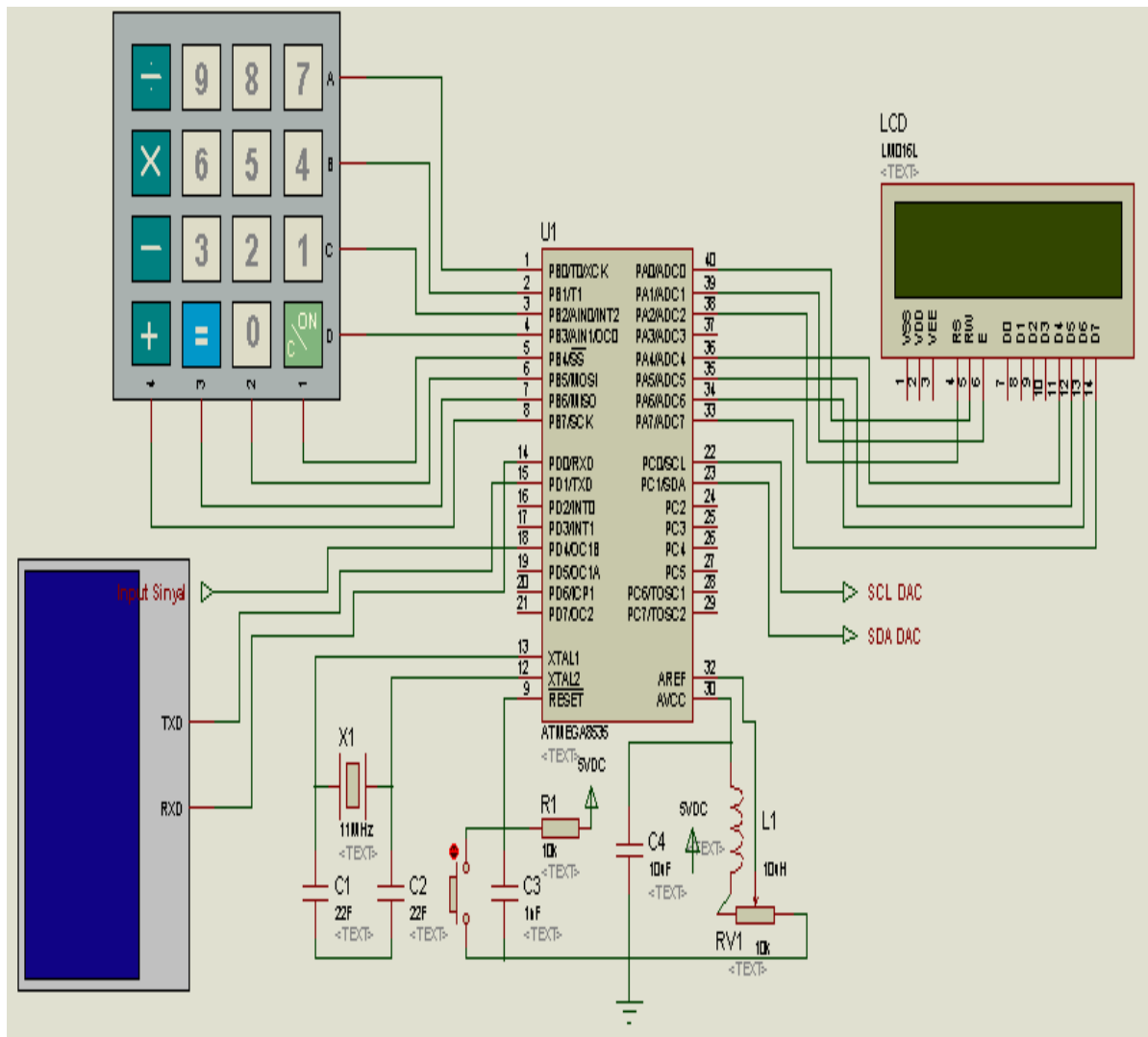
Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem minimum Mikrokontroler AVR 8535

Sumber *clock* diperoleh dengan memasang penghasil detak yaitu kristal dengan frekwensi detak sebesar 11,0592 MHz dan kapasitor sebesar 22 pF yang dihubungkan dengan pin XTAL1 dan XTAL2 dari mikrokontroler, yaitu pin 12 dan pin 13. Frekwensi XTAL ini merupakan sumber *clock eksternal* yang sangat mempengaruhi kecepatan mikrokontroler dalam melakukan eksekusi program. Dengan frekwensi kristal tersebut, maka kristal mengeluarkan $11,0592 \times 10^6$ pulsa per detik. Hal ini berarti dalam 1 detik ada 921600 ($11,0592 \times 10^6 / 12$) *machine cycle*, dengan kata lain satu *machine cycle* memakan waktu 0,92 mikrodetik. Dengan demikian setiap 1 *machine cycle* membutuhkan waktu 0,92 μs . Besarnya frekwensi XTAL ini diinsialisasi melalui program dengan frekwensi 11.0592 MHz dengan *baudrate* 9600.

Rangkaian reset yang berfungsi untuk mereset program dalam mikrokontroler diperoleh dengan prinsip menghubungkan pin reset dari mikrokontroler (pin 9) dengan

logika 1 atau 5 Volt. Adapun resetnya dihubungkan pada pin 9. Reset ini merupakan aktif rendah dan mengembalikan seluruh nilai melalui *default* pada memori.

Adapun sinyal masukan dari pengolah sinyal berupa pulsa digital melalui port B1, yaitu pin 2. Untuk itu port B diinisialisasi sebagai *input*. Keypad sebagai masukan pengendali dihubungkan secara parallel dengan port B mikrokontroler yaitu pin 1 sampai pin 8. Port B0 - B3 sebagai *output* dan port B4 – B7 sebagai *input*. Sehingga inisialisasi diprogram code vision port C sebagai *input* dan *output*. LCD text sebagai menu program dihubungkan dengan port A. Port A inisialisasinya sebagai *output* di program code vision. Rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AVR ATmega 8535



Gambar 3.3. Prototipe Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 8535 Deteksi Fungsi Ginjal

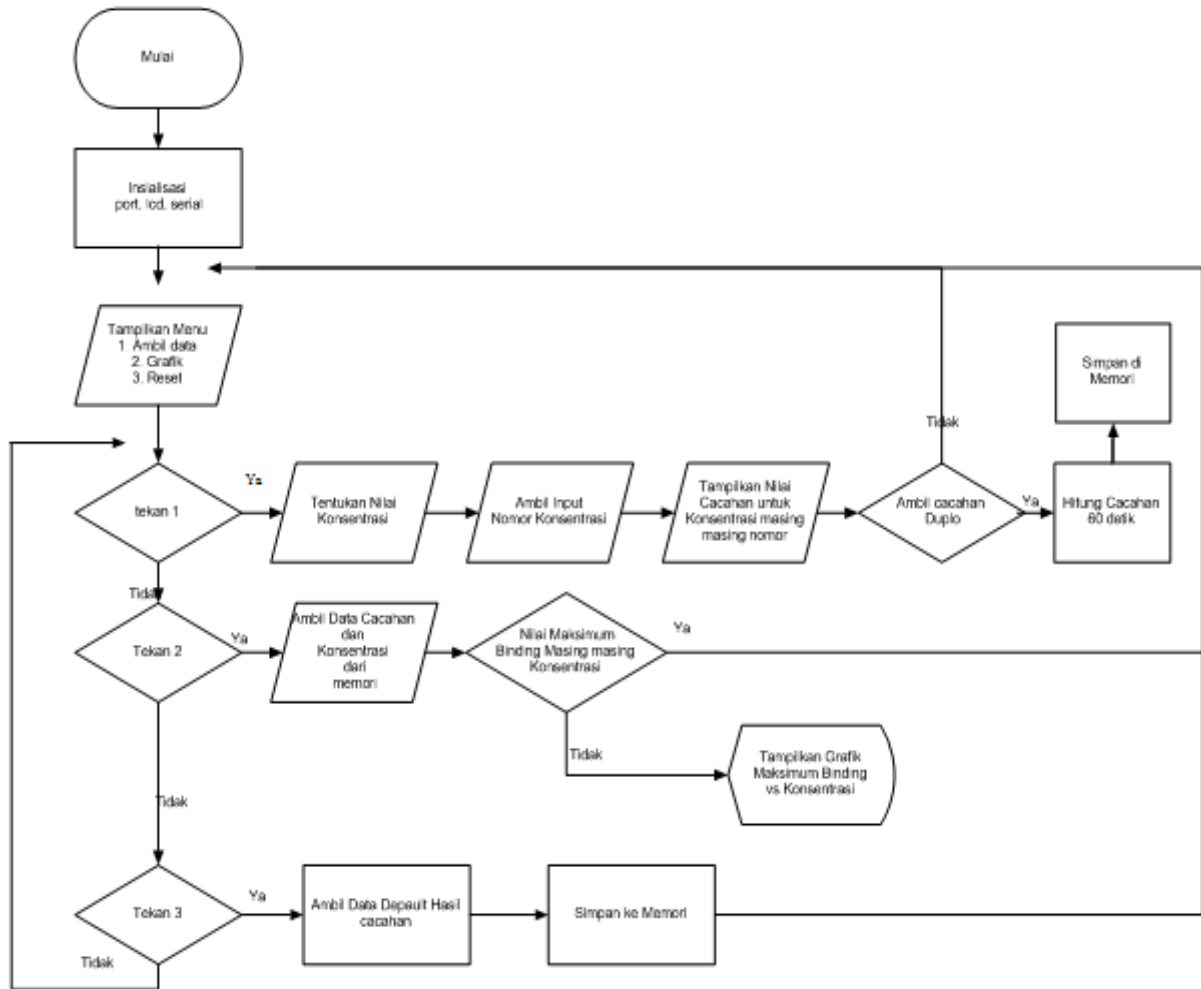
Rangkaian minimum sistem mikrokontroler AVR ATmega 8535 di atas menghasilkan sebuah prototipe minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535 deteksi fungsi ginjal beserta tampilan LCD grafiknya terdapat pada Gambar 3.3.

Adapun *output* tampilan pada rangkaian ini adalah berupa grafik yang ditampilkan pada LCD grafik. LCD grafik ini dihubungkan secara serial UART dengan RXD dan TXD yaitu pin 14 dan pin 15. Inisialisasinya dilakukan melalui serial UART dengan *transmitter* dan *receiver*. Rangkaian DAC dihubungkan dengan port C sebagai sinyal *clock* pada pin 22 dan port C1 sebagai *input output* dengan pin 23. Inisialisasinya dilakukan sebagai *output*.

3.3. Perangkat Lunak Pendeteksi Fungsi Ginjal

Perangkat lunak pada pendeteksi fungsi ginjal ini menggunakan bahasa C. Program bahasa C yang digunakan adalah *Software C Codevision* sebagai *Compiler* pada mikrokontroler AVR ATmega 8535. Keluaran perangkat lunak ini berupa tampilan menu di LCD *text* dan tampilan utama berupa grafik di LCD grafik. Perangkat lunak dirancang dari pemrosesan pulsa sebagai data. *input* pulsa berasal dari sumber *Iodine-125* berupa kit *RIA mikroalbumiria* yang ditangkap oleh detektor *NaI(Tl)* dengan mengubah pulsa listrik menjadi pulsa cahaya oleh *PMT* detektor tersebut. Pulsa tersebut dikuatkan oleh penguat linear dan dipilah oleh pengolah sinyal. Pemilihan dari pengolah sinyal berupa pulsa *TTL* yang menjadi *inputan* bagi mikrokontroler. Mikrokontroler dalam hal ini berfungsi pengolah data yaitu sebagai penghitung pulsa. Hitungan pulsa tersebut ditampilkan berupa grafik pada LCD grafik.

Diagram alir pendeteksi fungsi ginjal dilakukan dengan melakukan inialisasi parameter-parameter yang berlaku pada program tersebut. Diagram alir pendeteksi fungsi ginjal dapat dilihat pada Gambar 3.4 :



Gambar 3.4. Diagram Alir

4. HASIL DAN ANALISA

Setelah diperoleh data cacahan, maka untuk mendapatkan nilai kadar zat yang ingin ditentukan, yaitu kadar *albumin*, serta untuk mengetahui keandalan hasil, maka data harus diolah sehingga didapatkan kurva standar. Penentuan kadar albumin dalam sampel dapat diketahui dengan cara interpolasi pada kurva standar. Kurva standar hanya digunakan pada waktu *assay* yang sama antara sampel dengan standar. Pengolahan data diatas digunakan untuk menghitung *percentage non spesifik binding (% NSB)* dan *percentage maximum binding (% B/T)*. Dari setiap seri variasi komposisi dan kondisi dipilih *% B/T* tertinggi dan *% NSB* terendah yang selanjutnya digunakan dalam seri variasi komposisi untuk kondisi berikutnya. Dari hasil pengujian diperoleh data seperti Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1.Data Hasil Pengujian

NO	Tabung	Cacah (/60detik)	Konsentrasi (ug/ml)	NO	Tabung	Cacah (/60detik)	Konsentrasi (ug/ml)
1	BGND	15	-	14	STD4	500	110
2	BGND	14	-	15	STD5	355	230
3	TRA	31832	-	16	STD5	350	230
4	TRA	31568	-	17	SAMPEL1	317	-
5	NSB	355	0	18	SAMPEL1	316	-
6	NSB	334	0	19	SAMPEL2	468	-
7	STD1	1972	8.2	20	SAMPEL2	464	-
8	STD1	1970	8.2	21	SAMPEL3	768	-
9	STD2	1135	29	22	SAMPEL3	765	-
10	STD2	1130	29	23	SAMPEL4	1004	-
11	STD3	970	58	24	SAMPEL4	993	-
12	STD3	975	58	25	SAMPEL5	1148	-
13	STD4	493	110	26	SAMPEL5	1140	-

Penentuan *Non Specific Binding* (% NSB) dan *Maximum Binding* (% B/T) dilakukan dengan rumus persamaan. 1 dan persamaan 2 sebagai berikut^[7] :

$$\%NSB = \frac{CacahanNSB - BG}{Cacahantotal - BG} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

dan

$$\%B/T = \frac{Cacahan - BG}{Cacahantotal - BG} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dari data hasil pengujian, nilai %NSB terdapat pada konsentrasi cacahan 0, maka besar % NSB ditentukan dengan persamaan diatas, yaitu :

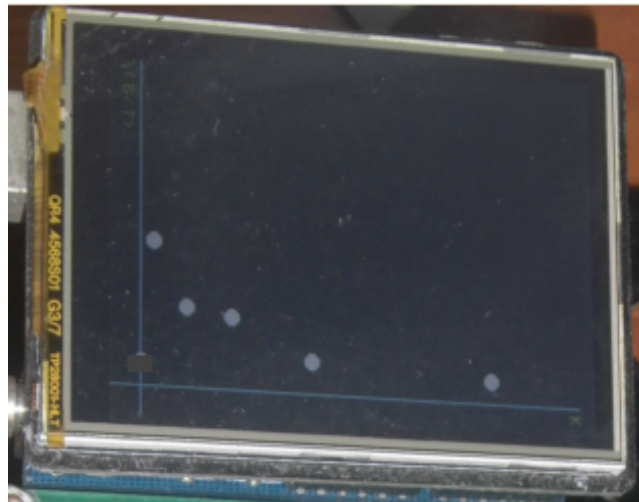
BG = (15+14)/2 = 14,5, untuk cacahan NSB 1 = 355, cacahan NSB 2 = 354 maka Crata-rata NSB = 344,5. Sedang dari keseluruhan cacahan standar didapatkan : Ctot = 4925 sehingga % NSB = 6,72 %. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai NSB sebesar 6,72% maka hasil ini sudah memenuhi syarat pemenuhan cacahan pada kit RIA, karena syarat cacahan kit RIA yang baik nilai NSB nya ≤ 10 %. Adapun kurva standarnya dapat diketahui dengan menyelesaikan persamaan % B/T, yaitu : BG = (15+14)/2 = 14,5. Untuk cacahan standar 1 yang pertama = 1972, cacahan standar 1 yang kedua = 1970, maka Cacahan rata-rata standar 1 = 1971.

Sedang dari keseluruhan cacahan standar didapatkan Ctot = 4925 sehingga % B/T = 39,84%. Dengan cara yang sama maka diperoleh % B/T masing-masing cacahan standar . Adapun % B/T masing-masing standar dan konsentrasinya dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

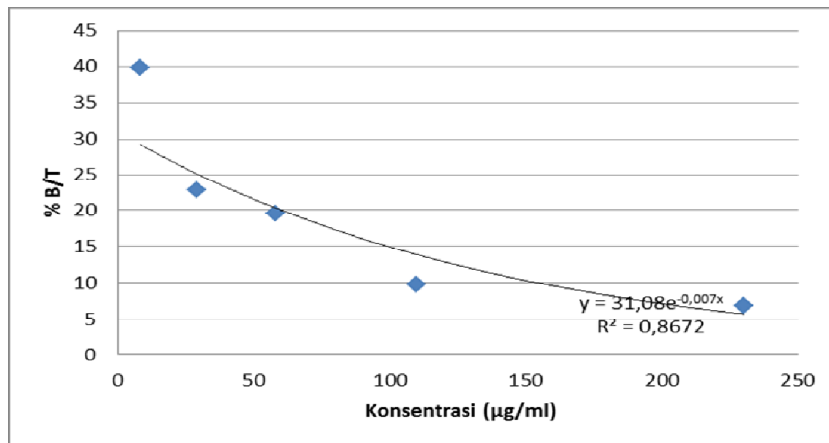
Tabel 4.2. Data Pengolahan % B/T

NO	KONSENTRASI ($\mu\text{g/ml}$)	%B/T
1	8,2	39,84
2	29	22,77
3	58	19,51
4	110	9,815
5	230	6,88

Dari tabel diatas diperoleh kurva grafik standar sebagai acuan assay dalam menentukan kadar albumin pada urin seorang pasien. Kurva standar ini hanya digunakan pada waktu assay yang sama antara standar dengan sampel. Dari grafik kurva kalibrasi standar di atas hubungan konsentrasi standar ($\mu\text{g/ml}$) dengan *maximum binding* (% B/T), menunjukkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi standar semakin kecil nilai *maximum binding* (% B/T) yang dihasilkan pencacahan. Hasil grafik menunjukkan bahwa semakin menurun kurva grafik standar, maka kalibrasi standar yang didapat adalah baik. Adapun grafik kurva standar dapat dilihat pada Gambar 4.1.a dan 4.1.b di bawah ini :



Gambar 4.1.a. Kurva Standar Hasil Percobaan



Gambar 4.1.b. Kurva Standar Hasil Olahan Data

Setelah kurva standar didapatkan, selanjutnya diolah masing-masing data sampel untuk *maximum binding* (% B/T). Syarat pengolahan datanya memenuhi kebutuhan klinis apabila nilai *maximum binding* %B/T \geq 30 %. Dalam hal ini nilai *maximum binding* (% B/T) maksimum mencapai 39%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi fungsi ginjal menggunakan mikrokontroler telah dapat memberikan kinerja seperti yang diharapkan. Hasil cacahan dan pengolahan datanya memenuhi syarat assay grafik standar yang menghasilkan % NSB 6,72 % dan % B/T 39, 84. Hal ini dikarenakan syarat cacahan suatu assay dikatakan baik apabila % NSB \leq 1 dan % B/T \geq 30 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rollo F David . 1977 . *Nuclear Medicine Physics, Instrumentation, and Agents*. The C.V. Mosby Company. Saint Louis
- [2]. Barnett. 2007. *Embedded C Programming and the Atmel AVR*. Delmar Cengage Learning. USA
- [3]. Sudiyati, S., Darwati, G., (2002). "*Pendahuluan Pembuatan Kit Ria Mikroalbuminuria Untuk Pemeriksaan Albuminuria*". PATIR, Batan : Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi
- [4]. Edwards, R. 1985 . *Immunoassay an Introduction*. William Heinemann Medical Books, London
- [5]. W. Rediatning. 2004 *Prinsip Dasar Radioimmunoassay* . Diklat Pelatihan Radio farmasi untuk Staf Pengajar Farmasi Perguruan Tinggi Indonesia. P2RR – BATAN. Serpong
- [6]. Rangkuti Syahban. 2011 . *Mikrokontrol Atmel AVR*. Informatika Bandung
- [7]. Widodo R Budhy. 2009. *Embedded System Menggunakan Mikrokontrol dan Pemrograman C*. Andi Yogya
- [8]. Parving, H.H, Lewis, J.B, Ravid, M. 2006 . *Prevalence and risk factors for microalbuminuria in a referred cohort of type II diabetic patients : a global perspective*. *Kidney Int*, 69:2057
- [9]. Rajan, M.G.R. (2003). "*Radioimmunoassay Kit for Urinary Albumin for The Detection and Quantitative Determination of Microalbuminuria*". IAEA : participant of RAS/6/208