

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat, terutama dalam bidang elektronika. Peranan elektronika dalam kehidupan sehari-hari cukup besar, salah satunya adalah penerapan dan penggunaan sistem elektronika sebagai alat ukur.

Penerapan elektronika sebagai alat ukur juga sangat berguna dalam dunia kesehatan, yaitu sebagai alat ukur kadar glukosa dalam darah. Pengukuran kadar glukosa dalam darah ini bertujuan untuk mengetahui apakah seseorang menderita penyakit diabetes atau tidak. Selain itu juga dapat memberikan acuan bagi seorang pasien yang telah menderita penyakit diabetes agar dapat mengetahui perkembangan dan tindakan selanjutnya terhadap penyakit tersebut.

Biasanya pengukuran kadar glukosa dalam darah ini dilakukan di rumah sakit. Peralatan yang digunakan di rumah sakit memang canggih, namun peralatan tersebut tidak mudah dibawa kemana-mana.

Oleh karena itu dibutuhkan alat alternatif yang memanfaatkan sistem elektronika, yaitu sistem digital dan mikrokontroler sebagai pengolah datanya sehingga akan dapat menghasilkan pengukuran yang lebih cepat dan mempunyai tingkat keakuratan yang cukup tinggi. Selain itu hasil pengukuran dapat langsung dilihat pada tampilan LCD.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Ainuzakki dkk (2006). Dalam penelitian itu, peneliti menggunakan mikrokontroler Atmega 8535 sebagai kontrol utama dan sensor glukosa yang digunakan adalah Optium dengan sensitivitas sebesar 0,1 mV/(mg/dl). Alat yang dibuat mampu mengukur kadar glukosa darah sebesar 50 mg/dl sampai 500 mg/dl, dengan penyimpangan sebesar 2,68%. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/Tiny dan sensor *Blood Glucose Test Strips* yang digunakan adalah Gluco Dr.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dalam perancangan ini rumusan masalah ditekankan pada:

- Bagaimana memanfaatkan sensor *Blood Glucose Test Strips* sebagai pengukur kadar glukosa dalam darah

- b. Bagaimana merancang sistem antarmuka antara mikrokontroler Renesas R8C/Tiny dengan sensor *Blood Glucose Test Strips*, LCD (*Liquid Crystal Display*), dan sensor suhu LM35
- c. Bagaimana merancang program pada mikrokontroler Renesas R8C/Tiny untuk menangani sensor *Blood Glucose Test Strips*, LCD, dan sensor suhu LM35

### 1.3 Ruang Lingkup

Mengacu pada permasalahan yang ada maka dalam skripsi ini pembahasan hanya dibatasi pada :

- a. Alat yang dibuat hanya digunakan untuk mengukur kadar glukosa dalam darah.
- b. Sensor *Blood Glucose Test Strips* hanya digunakan untuk satu kali pemakaian.
- c. Pembahasan penyakit Diabetes Mellitus hanya sebatas pada penyebab penyakit, nilai referensi kadar glukosa darah, dan metode penentuan kadar glukosa darah.
- d. Catu daya yang digunakan dalam rangkaian ini berasal dari adaptor.

### 1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kadar glukosa dalam darah sehingga dapat digunakan sebagai acuan bagi seseorang untuk melakukan tindakan selanjutnya terhadap penyakitnya.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

#### BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

#### BAB II Teori Penunjang

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.



**BAB III Metodologi Penelitian**

Berisi tentang metode penelitian yang digunakan dalam perencanaan dan pengujian alat.

**BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Perancangan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

**BAB V Pengujian Alat**

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

**BAB VI Kesimpulan dan Saran**

Memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari alat yang telah dibuat

**LAMPIRAN**

Berisi gambar rangkaian, foto alat, *listing program*, daftar komponen dan *datasheet*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merancang dan merealisasikan alat dalam skripsi ini dibutuhkan pemahaman mengenai berbagai hal yang mendukung, diantaranya adalah teori dasar mengenai Diabetes Mellitus yang meliputi penyakit Diabetes Mellitus, glukosa darah, serta pemeriksaan gula darah, pengertian mengenai sensor Diabetes Mellitus, pengertian mengenai sensor suhu, pengertian mengenai penguat operasional (*operation amplifier*) sebagai penguat *non-inverting*, pengertian mengenai shift register, teori dasar mengenai mikrokontroler Renesas R8C/Tiny, dan LCD.

#### 2.1 Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus adalah suatu kondisi yang mencemaskan orang. Penyakit ini mengakibatkan kekhawatiran tentang efeknya terhadap kualitas hidup. Akan tetapi, hampir semua orang dapat menjalani hidup yang penuh dan aktif dengan pengendalian yang teratur terhadap makanan dan obat-obatan mereka. Diabetes Mellitus adalah suatu kondisi yang mengakibatkan meningkatnya kadar gula dalam darah karena tidak cukupnya pengeluaran atau kurangnya insulin. Dengan kata lain, diabetes terjadi ketika tubuh tidak dapat memanfaatkan beberapa makanan karena kekurangan produksi insulin. Insulin adalah suatu hormon yang diproduksi oleh pankreas untuk mengatur jumlah gula di dalam darah. Faktor keturunan, kegemukan, usia, jenis kelamin, infeksi virus, cedera, stres, hidup yang kurang aktif adalah beberapa penyebab diabetes.

Diabetes Melitus atau penyakit gula merupakan penyakit menahun (kronik) dengan komplikasi yang baru terlihat sekitar 5 – 10 tahun kemudian. Diabetes Melitus sering juga disebut sebagai *The Great Imitator*, karena penyakit ini dapat mengenai semua organ tubuh dan menimbulkan berbagai macam keluhan. Diabetes Mellitus merupakan penyakit yang memiliki komplikasi (menyebabkan terjadinya penyakit lain) yang paling banyak. Hal ini berkaitan dengan kadar gula darah yang tinggi terus-menerus, sehingga berakibat rusaknya pembuluh darah, saraf, dan struktur internal lainnya. (*Savitri Ramaiah, 2006, h.1-2*)

Ada tiga gejala utama diabetes, yaitu:

- Meningkatnya rasa haus
- Meningkatnya rasa lapar



- Meningkatkan frekuensi buang air kecil

Diabetes Mellitus disebabkan kurangnya *hormon insulin* di dalam darah yang dihasilkan oleh pankreas yang bertanggungjawab dalam mempertahankan kadar gula darah yang normal. Di samping insulin, pankreas juga menghasilkan *hormon glukagon*. Kedua hormon ini bersama-sama mengontrol kadar glukosa dalam darah. *Hormon insulin* membantu sel-sel untuk menyerap dan menggunakan glukosa sebagai energi yang diperlukan oleh seluruh tubuh. Glukosa disimpan dalam hati dalam bentuk bahan yang disebut *glycogen*. Apabila glukosa diperlukan oleh tubuh maka *hormon glukagon* akan memecah *glycogen* menjadi glukosa yang kemudian masuk ke dalam darah untuk diangkut ke seluruh tubuh. Jadi, *insulin* mengurangi jumlah glukosa dalam darah, sedangkan *glukagon* meningkatkan kadar glukosa dalam darah.

Pankreas yang tidak menghasilkan cukup banyak insulin dapat mengakibatkan keadaan yang disebut diabetes (kencing manis). Kadar glukosa dalam darah menjadi sangat tinggi karena sel-sel tubuh tidak dapat menggunakannya. Sebagai gantinya sel-sel memperoleh energi dengan memecah lemak yang tersimpan dalam tubuh sehingga penderita diabetes akan menjadi semakin kurus karena kehilangan lemak. Sedangkan dalam darah mengandung banyak glukosa yang sebagian akan keluar tubuh melalui urine. Demikian pula dengan *hemoglobin* yang juga memiliki kaitan erat dalam glukosa darah. *Hemoglobin* akan mengikat glukosa darah sesuai dengan banyaknya glukosa darah yang telah diproduksi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, parameter yang dapat diambil untuk mengetahui apakah seseorang menderita Diabetes Mellitus atau tidak adalah kadar glukosa, *hemoglobin*, serta *insulin* dalam darah. Namun dengan menggunakan satu parameter yaitu kadar glukosa dalam darah setidaknya telah dapat memberikan analisa awal bagi seseorang apakah menderita Diabetes Mellitus atau tidak. (Savitri Ramaiah, 2006, h.5-7)

### 2.1.1 Glukosa Darah

Fungsi glukosa adalah sebagai sumber energi bagi tubuh. Dengan bantuan insulin, kadar glukosa dapat digunakan oleh otot, misalnya sebagai sumber energi bagi aktivitas otot.

Gula darah terbentuk dari zat-zat makanan yang mengandung karbohidrat yang dengan bantuan enzim tertentu mampu mengubahnya menjadi glukosa darah, serta dari makanan yang memang mengandung glukosa didalamnya. Glukosa darah yang

berlebihan dapat mengakibatkan racun bagi seseorang. Nilai kadar glukosa darah secara umum pada manusia adalah 20 mg/dl sampai dengan 700 mg/dl. (Askandar Tjokroprawiro,, 2006, h.11)

Kadar glukosa darah setiap saat mempunyai nilai yang berbeda seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Referensi Kadar Glukosa

Glukosa puasa	70 – 110 mg/dl
Glukosa 2 jam PP (post pandrial)	< 140 mg/dl
Glukosa sewaktu-waktu	< 180 mg/dl

Sumber : Boehringer Mannheim Indonesia

### 2.1.2 Pemeriksaan Gula Darah

Secara garis besar, terdapat dua metode penentuan gula darah, yaitu :

- 1) Secara kimiawi, biasanya berdasarkan pada reaksi reduksi.
- 2) Secara enzimatik, menggunakan *Glucose Oxidase / Hexokinase*.

Sebagai pedoman, diperkirakan bahwa hasil penentuan glukosa secara reduksi akan memberikan hasil 3,6 – 10,8 % lebih tinggi daripada cara enzimatik. Perbedaan ini akan lebih tinggi lagi apabila terdapat peningkatan kreatin dan asam urat. Sedangkan pada metode enzimatik mungkin akan didapat hasil yang lebih rendah apabila terdapat bahan berpengaruh negatif, misalnya vitamin C.

Jumlah glukosa darah berubah-ubah sepanjang hari. Jika kadarnya naik terlalu tinggi atau jatuh terlalu rendah, itu akan menyebabkan komplikasi yang serius. Inilah sebabnya penting untuk mengukur kadar glukosa darah beberapa kali sehari. Pemeriksaan glukosa darah dianjurkan dilakukan setidaknya tiga kali sehari, terutama ketika dosis insulin dan/atau obat-obatan harus disesuaikan.

### 2.2 Sensor Diabetes Mellitus

Sensor yang digunakan dalam pendeteksi kadar glukosa dalam darah ini adalah sensor jenis *Blood Glucose Test Strips*. Pada sensor ini terdapat *reagen* yang hanya bereaksi dengan glukosa dalam darah. Sensor ini dilengkapi dengan reagen glukosa yaitu Glucose Oxidase 32.36 unit, Pottasium Ferricyanide 0.15 mg, Immobilizer 0.02 mg, dan Stabilizer 0.02 mg. Sensor *Blood Glucose Test Strips* mampu mengukur kadar



glukosa darah dalam range 20 mg/dl sampai dengan 600 mg/dl. Sensor ini akan menghasilkan nilai yang akurat apabila digunakan dalam ruangan dengan suhu antara  $15^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ .

Sensor ini bekerja berdasarkan potensial listrik yang dihasilkan oleh reaksi glukosa dengan reagen pada elektroda-elektroda strip. Elektroda-elektroda yang digunakan mempunyai perbedaan jenis atom yang akan mengakibatkan nilai energi yang berbeda pula sesuai dengan prinsip elektro volta. Oleh karena glukosa pada sample darah yang bereaksi dengan Glucose Oxidase dan Pottasium Ferricyanide akan menurunkan elektroda yang menghasilkan arus yang proporsional dengan kadar glukosa dalam sample.

Prinsip kerja elemen volta yaitu dua buah elektroda dengan energi elektro yang berbeda diletakkan dengan jarak yang cukup dekat. Sehingga di antara elektroda tersebut terdapat beda tegangan. Semakin tinggi konsentrasi glukosa yang terkandung di dalam darah, maka potensial listrik yang dihasilkan juga semakin tinggi. Setelah mencapai waktu reaksi yang spesifik pada alat, maka konsentrasi glukosa dari sample akan ditampilkan. Gambar sensor diabetes mellitus diperlihatkan dalam Gambar 2.1.

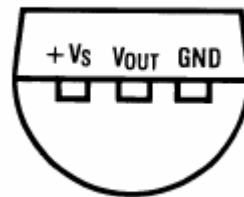


Gambar 2.1 Blood Glucose Test Strips

### 2.3 Sensor Suhu

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linearitas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Gambar sensor suhu LM35 diperlihatkan dalam Gambar 2.2.

## Plastic Package



BOTTOM VIEW

Gambar 2.2 Gambar Sensor Suhu LM35 Tampak Bawah

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi tegangan yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar  $60 \mu\text{A}$ .

Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat celcius. Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap  $1^{\circ}\text{C}$  akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Berikut ini adalah karakteristik dari sensor suhu LM35 :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu  $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ , sehingga dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ .
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ .
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari  $60 \mu\text{A}$ .
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low heating) yaitu kurang dari  $0,1^{\circ}\text{C}$  pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ .

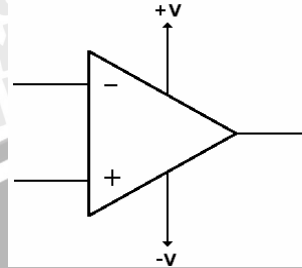
## 2.4 Penguat Operasional

Istilah *operational amplifier* atau biasa disingkat op amp merupakan salah satu penguat atau amplifier yang jika dirangkai dengan komponen eksternal lain yang tepat akan dapat digunakan dalam bermacam-macam operasi seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, integrasi, dan differensiasi.

Op amp adalah penguat tegangan yang memiliki penguatan yang sangat besar. Gambar 2.3 menunjukkan simbol dari op amp. Op amp mempunyai lima terminal dasar,



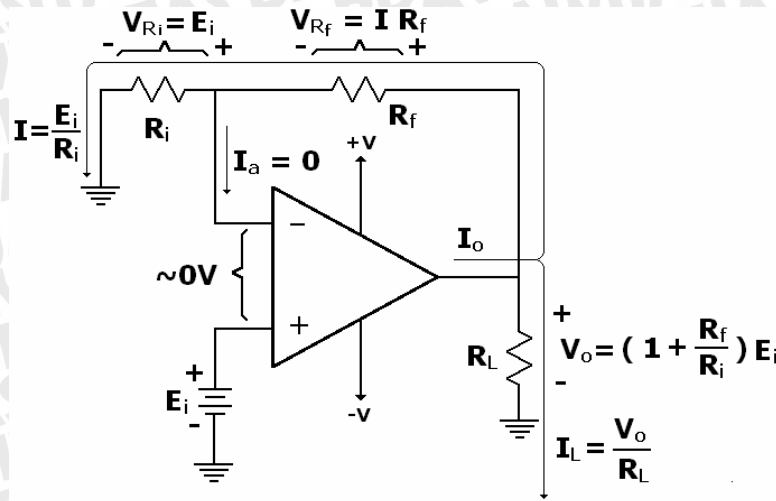
yaitu: dua untuk mensuplai daya (+V dan -V), dua untuk isyarat masukan (bertanda + dan -), dan satu untuk keluaran. Op amp yang ideal mempunyai karakteristik: impedansi masukan ( $R_i$ ) sangat besar, impedansi keluaran ( $R_o$ ) nol, dan penguatan *loop* terbuka ( $A_{OL}$ ) sangat besar.



Gambar 2.3 Simbol Operational Amplifier

Penguat adalah salah satu rangkaian yang menerima sebuah isyarat pada masukannya dan mengeluarkan sebetulnya isyarat tak-berubah yang lebih besar pada keluarannya. Penguat ini menguatkan sinyal input sehingga memiliki amplitudo yang lebih besar tanpa mengubah frekuensi sinyal input. Ada beberapa macam penggunaan op amp sebagai penguat, antara lain adalah penguat tak membalik, penguat membalik, penguat differensial, dsb. Dalam bagian ini hanya dibahas mengenai penguat tak membalik yang akan dipakai dalam pembuatan alat.

Gambar 2.4 menunjukkan sebuah penguat tak membalik dengan tegangan keluaran  $V_0$  dan tegangan masukan  $E_i$ . Pada op amp sebagai penguat tak membalik ini diberikan hambatan umpan balik ( $R_f$ ) yang menghubungkan terminal masukan negatif dan terminal keluaran, sehingga rangkaiannya menjadi rangkaian tertutup dan penguatannya tidak lagi tergantung pada penguatan *loop* terbuka ( $A_{OL}$ ) yang sangat besar, melainkan tergantung pada penguatan *loop* tertutup ( $A_{CL}$ ). Penguatan *loop* tertutup ini besarnya tergantung pada nilai hambatan eksternal ( $R_f$  dan  $R_i$ ) yang dipasang pada terminal op amp.



Gambar 2.4 Penguat Tak Membalik

Dalam Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran penguat tak membalik tersebut adalah  $V_o$ , mempunyai polaritas yang sama seperti tegangan masukannya,  $E_i$ .  $E_i$  menyebabkan arus mengalir yang besarnya:

$$I = \frac{E_i}{R_i} \quad (3)$$

Arus masukan ke terminal negatif op amp dapat diabaikan, sehingga  $I$  mengalir melalui  $R_f$  dan penurunan tegangannya dapat dinyatakan sebagai:

$$V_{R_f} = I(R_f) = \frac{R_f}{R_i} \times E_i \quad (4)$$

Tegangan keluaran  $V_o$  didapat dengan menambahkan penurunan tegangan melintasi  $R_i$  dan penurunan tegangan yang melintasi  $R_f$  yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_i} E_i = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) E_i \quad (5)$$

Gain tegangannya dapat dinyatakan sebagai:

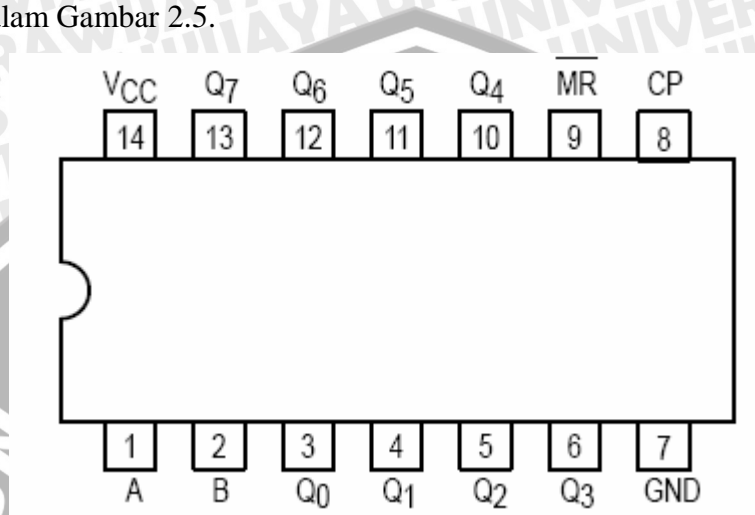
$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (6)$$

Dapat dilihat bahwa penguatannya adalah hanya merupakan fungsi dari resistor penguatan dan resistor umpan balik. Penguatannya diatur dengan mengubah-ubah nilai resistor tersebut.



## 2.5 Shift Register 74LS164

IC ini berfungsi sebagai penggeser data. Masukannya berupa data serial. Data serial tersebut dimasukkan pin 1 dan 2, sedangkan pin 8 diberi pulsa. Setiap ada clock, maka data pada A dan B akan bergeser mengisi  $Q_0 - Q_7$ . jadi dapat dikatakan bahwa IC 74LS164 berfungsi untuk mem-paralel-kan data serial. Konfigurasi pin IC 74LS164 ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



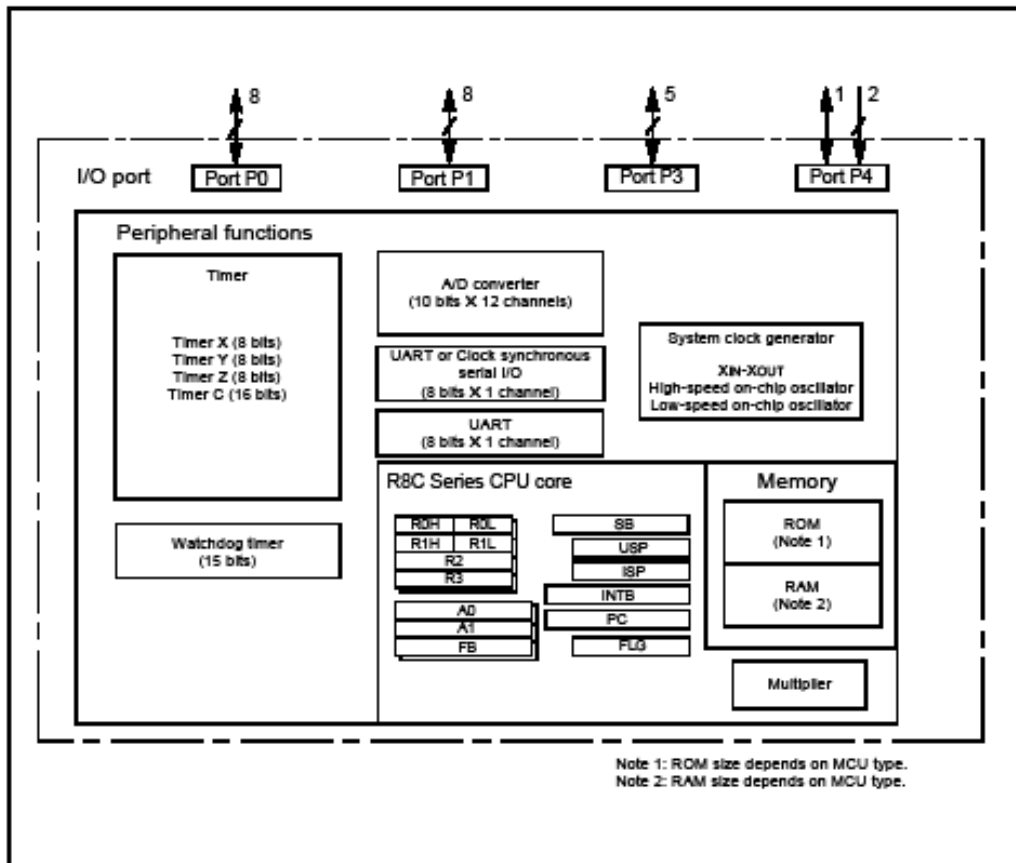
Gambar 2.5 Konfigurasi Pin IC 74LS164

Keterangan fungsi masing-masing pin :

1. Pin output ( $Q_0$  s.d.  $Q_7$ )  
Merupakan keluaran dari hasil pergeseran, *default*-nya adalah *low*.
2. Pin A dan B  
Merupakan pin data input. Data yang akan digeser disiapkan di sini.
3. Pin CP  
Merupakan pin clock input, disinilah *clock* diberikan.
4. Pin MR  
Merupakan pin master reset, untuk mengembalikan IC ke keadaan semula (*default*).

## 2.6 Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny

Mikrokontroler Renesas dibangun menggunakan proses gerbang silicon CMOS dengan kemampuan tinggi menggunakan CPU seri R8C/Tiny dan dikemas dalam modul plastik dengan jumlah pin sebanyak 32. Mikrokontroler ini beroperasi menggunakan perintah canggih khususnya efisiensi perintah dengan level tinggi. Mikrokontroler ini mempunyai 1Mbytes kapasitas alamat, yang bisa digunakan untuk mengeksekusi perintah dengan kecepatan tinggi. Data flash ROM sebesar 2 kB x 2 blocks.

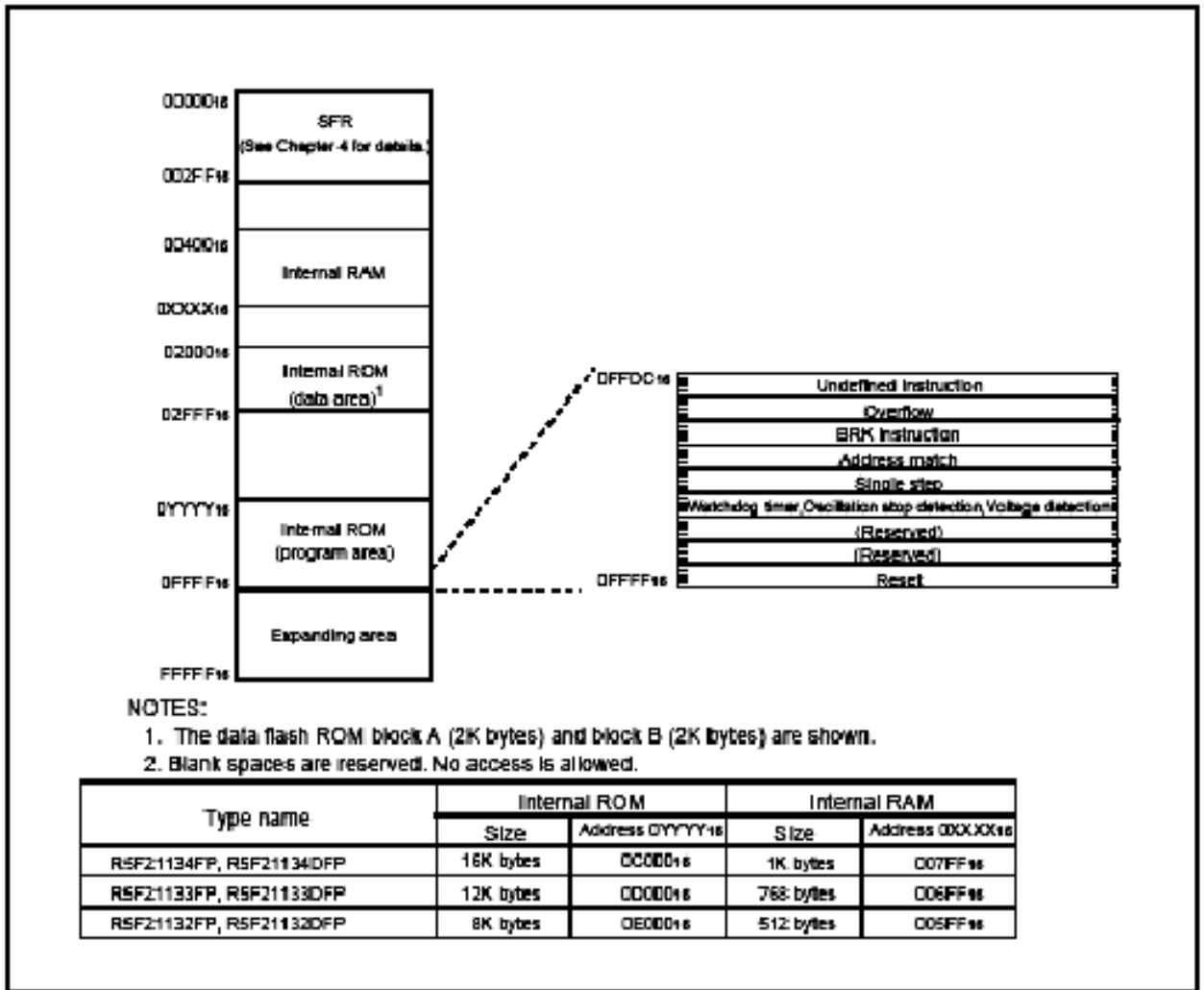


Gambar 2.6 Blok Diagram MCU Renesas  
Sumber : Datasheet Renesas

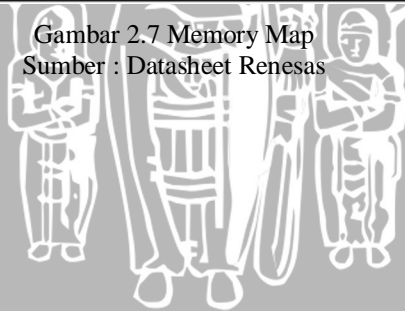
Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny mempunyai struktur memori yang terdiri atas :

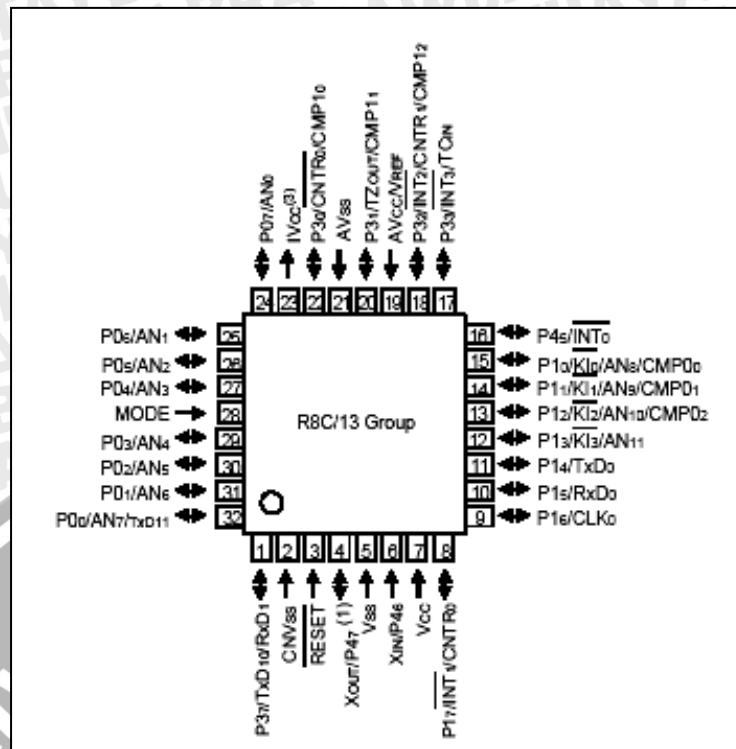
- Space alamat hingga 1 Mbytes dari alamat  $00000_{16}$  sampai  $FFFFFF_{16}$ .
- ROM internal (*program area*) dialokasikan pada alamat terendah dimulai dari alamat  $0FFFF_{16}$ . Misalnya, 16 Kbyte ROM internal dialokasikan pada alamat yang dimulai dari  $0C000_{16}$  sampai  $0FFFF_{16}$ .
- ROM internal untuk *data area* dialokasikan pada alamat  $02000_{16}$  sampai  $02FFF_{16}$ .
- Sedangkan RAM internal dialokasikan pada arah alamat yang lebih tinggi dimulai dari alamat  $00400_{16}$ .
- Special function register (SFR) dialokasikan pada alamat dimulai dari  $00000_{16}$  sampai  $002FF_{16}$ . Fungsi register control peripheral dialokasikan di sini.





Gambar 2.7 Memory Map  
Sumber : Datasheet Renesas





Gambar 2.8 Konfigurasi Pin R8C/Tiny  
 Sumber : Datasheet Renesas

Keterangan fungsi masing-masing pin :

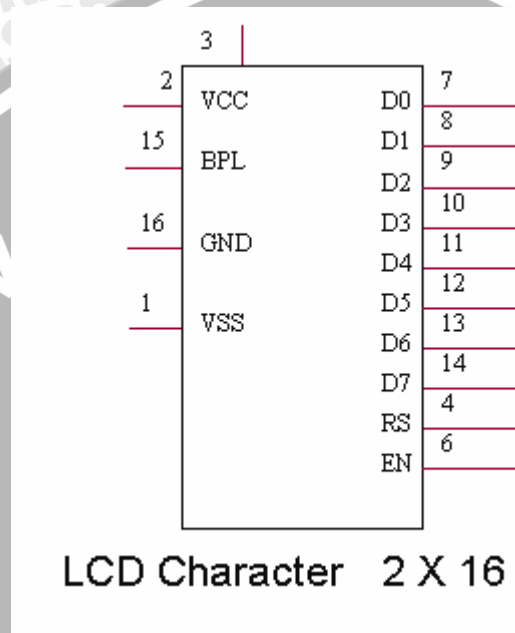
- 1) Vcc  
 Digunakan untuk sumber tegangan dengan range nilai antara 2,7 – 5,5 volt.
- 2) Vss  
 Range tegangan 0 volt.
- 3) IVcc  
 Pin ini digunakan untuk menstabilkan sumber tegangan internal. Pin ini dihubungkan ke Vss melalui kapasitor 0,1 µF.
- 4) AVcc, AVss  
 Pin ini merupakan input power supply untuk A/D Converter. Pin ini dihubungkan ke pin Vcc, sedangkan AVss dihubungkan ke Vss. Hubungkan pin AVss dan AVcc dengan kapasitor.
- 5) Reset  
 Merupakan input reset pada MCU.
- 6) CNVss  
 Pin ini dihubungkan ke Vss melalui resistor.
- 7) Mode  
 Pin ini dihubungkan ke Vcc melalui resistor.



- 8)  $X_{IN}$ ,  $X_{OUT}$   
Pin ini disediakan untuk pembangkitan rangkaian I/O pada clock utama. Hubungkan resonator keramik atau osilator kristal antara  $X_{IN}$  dan  $X_{OUT}$ . Untuk menggunakan clock derived external, masukkan ke pin  $X_{IN}$  dan pin  $X_{OUT}$  dibiarkan terbuka.
- 9)  $INT_0 - INT_3$   
Merupakan pin input interupt.
- 10)  $KI_0 - KI_3$   
Merupakan pin Key Input interupt.
- 11)  $CNTR_0$  (I/O)  
Merupakan timer pin X I/O.
- 12)  $CNTR_0$  (O)  
Merupakan timer pin X output.
- 13)  $CNTR_1$   
Merupakan timer pin Y I/O.
- 14)  $TZ_{OUT}$   
Merupakan timer pin Z output.
- 15)  $TC_{IN}$   
Merupakan timer pin C input.
- 16)  $CMPO_0 - CMPO_3$  dan  $CMPO_{10} - CMPO_{13}$   
Merupakan timer pin C output.
- 17)  $CLK_0$   
Merupakan transfer clock untuk pin I/O.
- 18)  $RxD_0$  dan  $RxD_1$   
Pin serial data input.
- 19)  $TxD_0$ ,  $TxD_{10}$  dan  $TxD_{11}$   
Pin serial data output.
- 20)  $V_{REF}$   
Referensi pin input tegangan untuk A/D Converter. Hubungkan  $V_{REF}$  ke  $V_{CC}$ .
- 21)  $AN_0 - AN_{11}$   
Pin input analog untuk A/D Converter.
- 22)  $P_0 - P_0_1$ ,  $P_1_0 - P_1_7$ ,  $P_3_0 - P_3_3$ ,  $P_3_7$  dan  $p_4_5$   
Merupakan port 8 bit CMOS I/O.  $P_1_0 - P_1_7$  juga berfungsi sebagai port LED driver.

## 2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

*Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. LCD yang digunakan dalam sistem ini adalah *LCD Character 2x16*. Konfigurasi pin LCD ditunjukkan dalam Gambar 2.9. Fungsi pin-pin *LCD Character 2x16* ditunjukkan dalam Tabel 2.2.



Gambar 2.9 Rangkaian Interface ke LCD Karakter 2 x16

Sumber: Manual Book LCD 16x2

Tabel 2.2 Pin dan Fungsi LCD

PIN	Name	Function
1	V <sub>SS</sub>	Ground voltage
2	V <sub>CC</sub>	+5V
3	V <sub>EE</sub>	Contrast voltage
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register
5	R/W	Read/ Write, to choose write or read mode 0 = write mode 1 = read mode



6	E	Enable 0 = start to latch data to LCD character 1= disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Back Plane Light
16	GND	Ground voltage

Sumber: Manual Book LCD 16x2

Dalam perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD dot matrik yang membutuhkan daya kecil. LCD modul M1632 dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Memiliki 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5 X 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
- Memerlukan catu daya +5 Volt.
- Otomatis reset saat catu daya dinyalakan.
- 80 X 8 display data RAM (max 80 karakter).

LCD ini menggunakan komunikasi 4 bit yaitu DB4-DB7. Hal ini dilakukan untuk menghemat pin mikrokontroler yang digunakan untuk komunikasi data ke LCD.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan dan penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini didasarkan pada metode studi literatur, penentuan spesifikasi alat, perancangan serta pembuatan alat, dan pengujian alat serta analisis. Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk merealisasikan alat ini antara lain adalah:

#### 3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Range pengukuran 20 – 700 mg/dl.
- 2) *Blood glucose test strips* berfungsi sebagai sensor.
- 3) LM35 berfungsi sebagai pendeteksi suhu ruangan.
- 4) Rangkaian penguat tegangan menggunakan LM 358.
- 5) Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Renesas R8C/Tiny berfungsi sebagai pengendali sistem.
- 6) LCD berfungsi sebagai alat penampil keluaran.

#### 3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Proses perancangan dan pembuatan alat adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan diagram blok alat
2. Perencanaan rangkaian tiap-tiap blok dan perhitungan hingga terbentuk skema rangkaian

Perhitungan komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian dilakukan dengan mengacu pada dasar teori yang diperoleh dari literatur dan *datasheet* komponen.

3. Pembuatan perangkat keras (*Hardware*)

Pembuatan perangkat keras didahului dengan pembuatan PCB (*layout*, pengetsaan, dan pengeboran), kemudian dilanjutkan dengan perakitan dan penyolderan pada PCB. Perakitan ini dilakukan secara per blok sistem terlebih dahulu sesuai dengan diagram blok, yang meliputi perakitan:



- Rangkaian sensor, sensor yang digunakan adalah *blood glucose test strips*. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kadar glukosa dalam darah yang kemudian akan menjadi masukan bagi rangkaian pengkondisi sinyal.
  - Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan LM 358, berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran berupa tegangan dari sensor.
  - Rangkaian antarmuka mikrokontroler Renesas R8C/Tiny, berfungsi sebagai pusat kontrol.
  - Tampilan keluaran menggunakan LCD.
4. Pembuatan perangkat lunak (*Software*)

Pembuatan perangkat lunak diawali dengan pembuatan diagram alir (*flowchart*) terlebih dahulu yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan perangkat lunak mikrokontroler Renesas R8C/Tiny dengan menggunakan bahasa C untuk menangani kebutuhan sistem yang direncanakan.

### 3.3 Pengujian Alat dan Analisis

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat memberikan hasil sesuai dengan yang telah direncanakan. Bentuk pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1) Pengujian perangkat keras

Pengujian alat dilakukan pada masing-masing bagian sesuai diagram blok alat. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah tiap-tiap blok sistem telah sesuai dengan seluruh sistem yang direncanakan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian:

- Pengujian sensor *blood glucose test strips*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sample darah yang dimasukkan ke dalam sensor benar-benar menghasilkan tegangan.

- Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal

Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan memberikan tegangan tertentu yang sudah ditentukan besarnya pada masukannya dan kemudian mengukur tegangan keluarannya apakah penguatannya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

- Pengujian Pengecekan Data Memori dan Penampilan Data Hasil

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor, rangkaian pengkondisi sinyal, dan sistem mikrokontroler Renesas R8C/Tiny sebagai pengolah data dalam mendeteksi kadar glukosa dalam darah. Pembacaan kadar glukosa yang dihasilkan unit ini harus sesuai dengan pembacaan kadar glukosa pada LCD. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah tampilan pada LCD sesuai dengan program yang telah dituliskan ke dalam mikrokontroler.

2) Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian ini dilakukan dengan merangkai seluruh blok bagian sistem, kemudian melakukan uji coba dengan mengukur kadar glukosa pada sample darah seseorang sehingga dapat diketahui apakah alat telah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan hasil pengukuran kadar glukosa yang dilakukan dalam laboratorium.



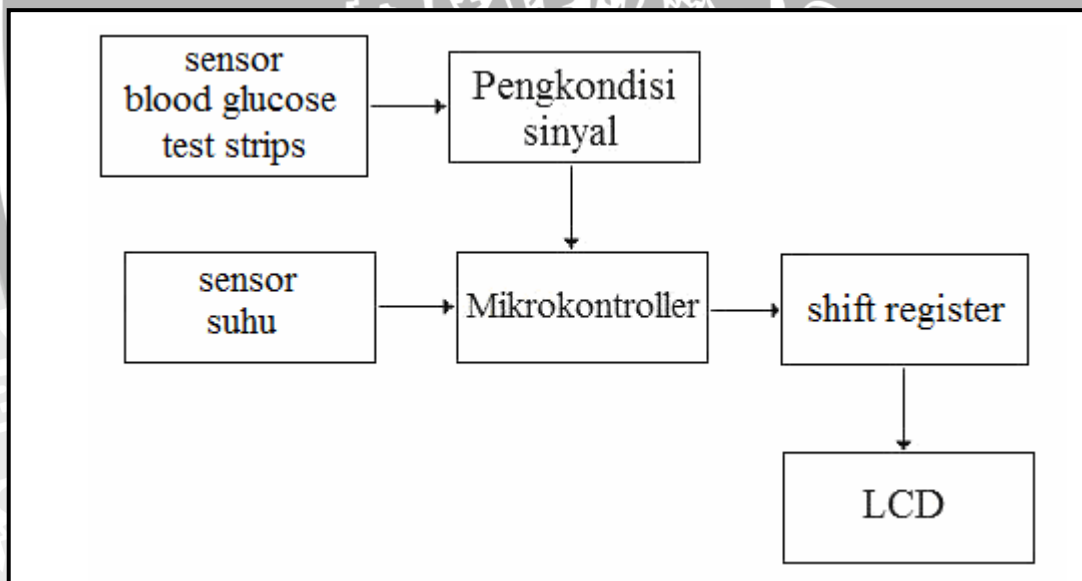


## BAB IV PERANCANGAN

Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan alat pengukur kadar glukosa darah. Perancangan alat ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras (*hardware*) meliputi perancangan rangkaian sensor, rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian antarmuka Renesas R8C/Tiny, dan rangkaian LCD. Sedangkan perangkat lunak (*software*) meliputi perangkat lunak mikrokontroler Renesas R8C/Tiny menggunakan bahasa C.

### 4.1 Perancangan Diagram Blok

Agar perancangan dan realisasi alat berjalan secara sistematis maka perlu dirancang diagram blok yang menjelaskan sistem yang dirancang secara garis besar. Diagram blok sistem yang direncanakan ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Keterangan diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 adalah sebagai berikut :

- a) Sensor *blood glucose test strips*

Berfungsi sebagai pendeteksi kadar glukosa darah.

- b) Sensor suhu  
Berfungsi sebagai pendeteksi suhu ruangan.
- c) Pengkondisi sinyal  
Berfungsi untuk menstabilkan dan menguatkan sinyal/tegangan yang dihasilkan oleh sensor.
- d) Mikrokontroler  
Berfungsi sebagai pengendali sistem.
- e) Shift register  
Berfungsi sebagai penggeser data.
- f) LCD  
Berfungsi sebagai penampil data secara visual.

Alat pengukur kadar glukosa ini menggunakan *blood glucose test strips* sebagai sensor. Pada sensor ini terdapat reagen yang akan bereaksi dengan glukosa dalam darah. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kerja sel volta, yaitu dua buah elektroda dengan energi elektro volt atau energi redoks yang berbeda dan diletakkan dengan jarak yang cukup dekat. Sehingga jika elektroda tersebut bereaksi dengan darah maka akan terjadi beda tegangan. Semakin besar kadar glukosa darah, maka akan semakin besar pula beda potensial yang dihasilkan.

Keluaran sensor dihubungkan ke rangkaian pengkondisi sinyal untuk dikuatkan, kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh ADC dalam mikrokontroler. Setelah itu data tersebut diproses oleh mikrokontroler. Hasil pemrosesan data akan ditampilkan pada LCD sebagai hasil pengukuran. Tampilan pada LCD sesuai dengan kadar atau konsentrasi glukosa darah dengan menggunakan satuan kadar glukosa yang umum yaitu mg/dl.

#### 4.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Catu daya yang digunakan sebesar 5 V.
- Range pengukuran 20 – 700 mg/dl.
- *Blood glucose test strips* berfungsi sebagai sensor.
- Sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu ruangan.

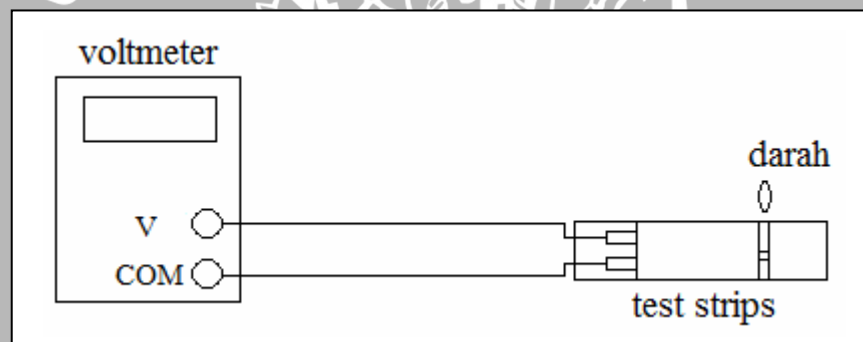


- Rangkaian penguat tegangan menggunakan LM 358.
- Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny berfungsi sebagai pengendali sistem.
- Shift register 74LS164 sebagai penggeser data.
- LCD sebagai alat penampil keluaran.

### 4.3 Perancangan Perangkat Keras

#### 4.3.1 Perancangan Sensor

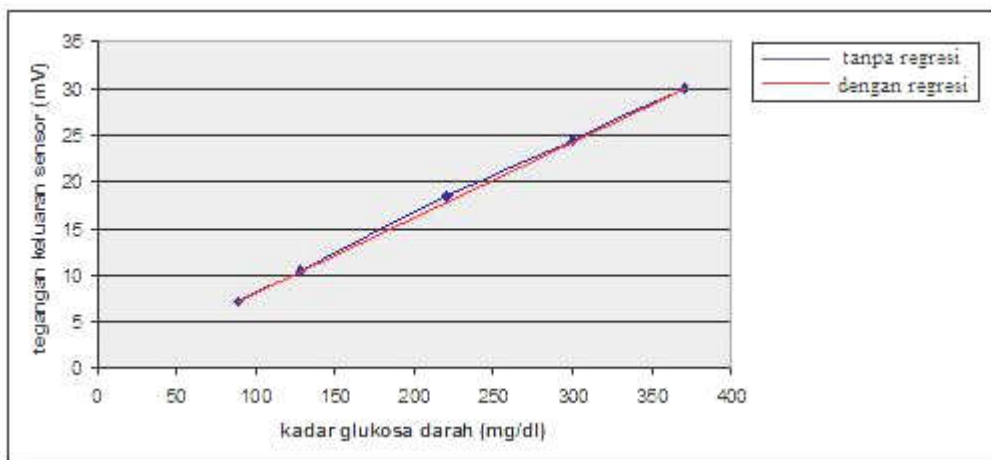
Pengujian sensor *Blood Glucose Test Strips* dilakukan untuk memeriksa apakah sensor *Blood Glucose Test Strips* yang dimasukkan ke dalam alat benar-benar menghasilkan tegangan serta untuk mengetahui sensitivitas sensor *Blood Glucose Test Strips*. Peralatan yang digunakan dalam pengujian sensor *Blood Glucose Test Strips* antara lain adalah : sensor *Blood Glucose Test Strips*, glukometer bermerk Gluco Dr, voltmeter, lancet device (jarum penusuk). Diagram blok pengujian sensor *Blood Glucose Test Strips* ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Blok Pengujian Sensor *Blood Glucose Test Strips*

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan menghubungkan keluaran sensor *Blood Glucose Test Strips* dengan voltmeter. Setelah darah diteteskan pada sensor *Blood Glucose Test Strips*, kemudian hasil keluaran sensor yang berupa tegangan dapat diamati pada voltmeter. Pada saat yang bersamaan dilakukan pengukuran kadar glukosa darah dari sample darah orang yang sama menggunakan Gluco Dr. Hasil keluaran sensor kemudian dibandingkan dengan hasil kadar glukosa darah yang diukur dengan menggunakan Gluco Dr. Pengujian sensor *Blood Glucose Test Strips* ini dilakukan pada keadaan sewaktu-waktu.

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan karakteristik sensor yang diperlihatkan dalam Gambar 4.3. Besarnya kadar glukosa dalam darah berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan.



Gambar 4.3 Karakteristik Keluaran Sensor

Sample yang digunakan untuk mencari karakteristik tersebut ditunjukkan dalam

Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian Sample

Sample	Tegangan (mV)	Kadar glukosa darah (mg/dl)*	Sensitivitas (mV/(mg/dl))
1	7,1	89	0,07977
2	10,5	128	0,08203
3	18,5	221	0,08371
4	24,4	300	0,08133
5	30	371	0,08086

\*) Hasil pengukuran kadar glukosa darah menggunakan alat buatan industri yaitu Gluco Dr.

Dari tabel pengujian sample didapatkan gambar karakteristik sensor tersebut, dengan sensitivitas rata-rata :

$$\text{Sensitivitas rata-rata} = \frac{\sum \text{sensitivitas}}{\sum \text{sample}} = 0,08 \text{ mV}/(\text{mg/dl})$$

Jika resolusi pengukuran sensor = 1mg/dl

$$\begin{aligned} \text{maka } V_o \text{ per } 1\text{mg} &= \text{Sensitivitas} \times \text{Resolusi} \\ &= 0,08 \text{ mV}/(\text{mg/dl}) \times 1\text{mg/dl} \\ &= 0,08 \text{ mV} \end{aligned}$$

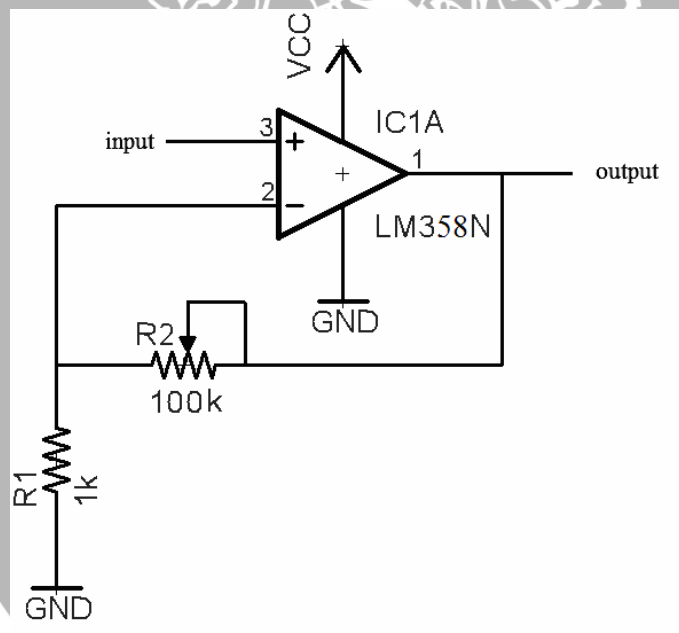


$$\text{Jika resolusi ADC} = \frac{V_{\text{full scale}}}{2^n - 1} = 4,89 \text{ mV} \approx 4,9 \text{ mV}$$

$$\text{maka dibutuhkan penguatan sebesar} = \frac{4,9 \text{ mV}}{0,08 \text{ mV}} = 61,25 \text{ kali} \approx 61 \text{ kali}$$

### 4.3.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor masih sangat kecil. Agar dapat dikonversikan oleh ADC dalam mikrokontroler maka harus dikuatkan terlebih dahulu. Dalam perancangan alat ini digunakan rangkaian pengkondisi sinyal dengan komponen utama berupa op-amp LM 358, yang dipilih karena berdasarkan *datasheet* memiliki arus *offset* masukan yang rendah sehingga tidak membebani kinerja keluaran sensor. Sedangkan untuk model rangkaian digunakan penguatan tak membalik (non inverting), karena model ini mempunyai karakteristik impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran rendah sehingga sangat menunjang keberhasilan perancangan alat ini. Rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Sedangkan untuk perhitungan nilai komponen, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R} \right) \times V_{in}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \left( 1 + \frac{R_f}{R} \right)$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = A_v, \text{ dengan } A_v \text{ adalah penguatan tegangan.}$$

$$A_v = \left( 1 + \frac{R_f}{R} \right) \text{ atau } A_v = \frac{R_f + R}{R}$$

Berdasarkan karakteristik sensor, penguatan yang dibutuhkan rangkaian pengkondisi sinyal adalah sebesar 61 kali dari  $V_{in}$ . Nilai  $R_1$  telah ditetapkan sebesar 1k $\Omega$ , maka nilai  $R_f$  dapat diperoleh dengan persamaan di bawah ini:

$$A_v = \frac{R_f + R}{R}$$

$$61 = \frac{R_f + 1}{1}$$

$$R_f = 60 \text{ k}\Omega$$

#### 4.3.3 Rangkaian Antarmuka Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny

Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny dipilih karena pin I/O yang mencukupi untuk penggunaan pada alat ini. Sebagai pusat dari pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin Renesas R8C/Tiny dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu sistem minimum ditunjukkan dalam Gambar 4.5.





P3.1 digunakan sebagai clock pada shift register.

P3.2 digunakan sebagai pengirim perintah *enable* pada LCD.

P3.3 digunakan sebagai pengirim perintah RS pada LCD.

3) VCC

VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *datasheet*.

4) Vss

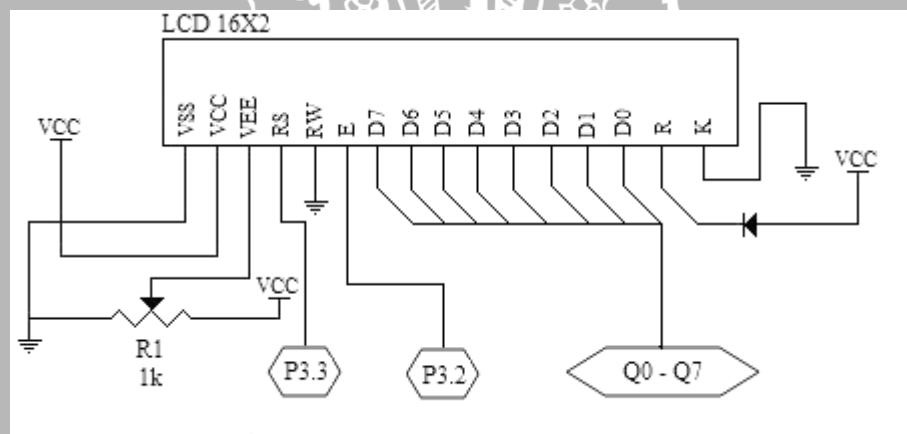
Vss dihubungkan ke ground.

5) RESET

Apabila diberi logika 0 akan mereset mikrokontroler.

#### 4.3.4 *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Liquid Crystal Display (LCD)* digunakan sebagai tampilan secara visual yang akan menampilkan kadar glukosa darah hasil pengukuran dalam mg/dl. Rangkaian LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

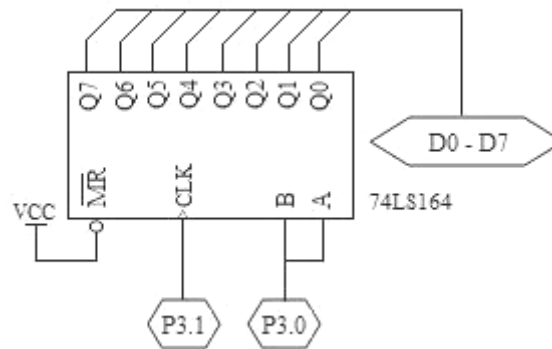


Gambar 4.6 Rangkaian LCD

#### 4.3.5 *Shift Register 74LS164*

Shift register 74LS164 digunakan sebagai penggeser data. Rangkaian shift register 74LS164 ditunjukkan dalam Gambar 4.7.





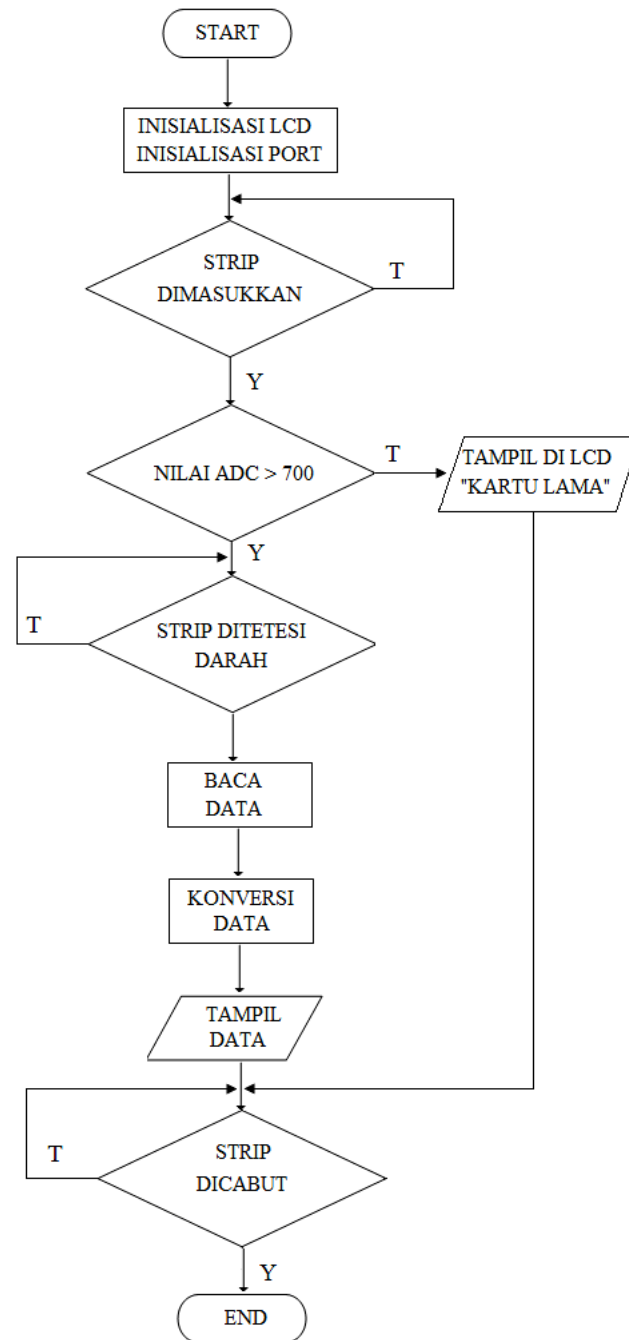
Gambar 4.7 Rangkaian Shift Register 74LS164

#### 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang akan dirancang diharapkan dapat mengoperasikan sistem secara optimal. Perangkat lunak yang akan dirancang adalah perangkat lunak pada mikrokontroler Renesas R8C/Tiny.

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. Berdasarkan perancangan mekanisme komunikasi data yang diinginkan, maka dibuat diagram alir perangkat lunak pada mikrokontroler Renesas R8C/Tiny yang ditunjukkan dalam Gambar 4.8.





Gambar 4.8 Flowchart Perangkat Lunak pada Mikrokontroler

Dalam diagram alir yang ditunjukkan dalam Gambar 4.8, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi LCD dan port. Sistem akan bekerja ketika sensor *Blood Glucose Test Strips* dimasukkan ke dalam alat. Jika nilai ADC lebih besar dari 700, maka strip yang dimasukkan merupakan strip baru dan siap untuk ditetesi darah. Sebaliknya, jika nilai ADC kurang dari 700, maka pada LCD akan tampil kalimat "kartu lama".

Setelah strip ditetesi darah, maka mikrokontroler akan mengolah data dan menampilkan hasil pengukuran kadar glukosa darah dalam satuan mg/dl.



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

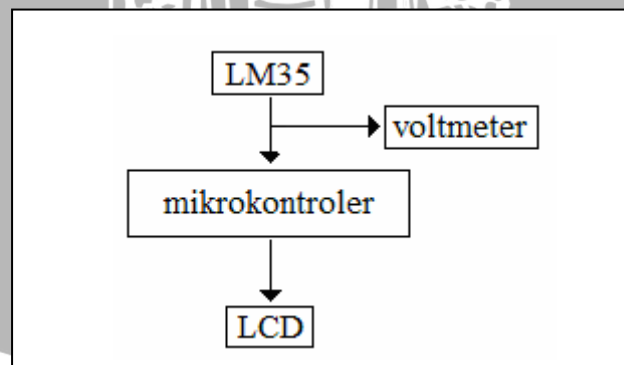
Bab ini berisi penjelasan tentang pengujian alat yang telah dirancang untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan pada masukan blok rangkaian dan mengamati keluaran dari blok rangkaian yang diuji tersebut. Data pengujian dianalisis untuk dijadikan acuan dalam mengambil kesimpulan.

Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

- Pengujian sensor suhu
- Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal
- Pengujian ADC
- Pengujian keseluruhan sistem

#### 5.1 Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor suhu. Nilai besaran suhu akan langsung ditampilkan pada LCD sehingga tidak diperlukan pengujian LCD lagi. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ADC internal ini antara lain : sensor suhu LM35, LCD, matches, dan voltmeter. Diagram blok rangkaian pengujian sensor suhu ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram blok Pengujian Sensor Suhu

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan meningkatkan suhu di sekitar LM35 dengan menggunakan matches. Nilai atau besar kenaikan suhu akan ditampilkan pada LCD. Untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan, maka pin pada mikrokontroler yang dihubungkan dengan LM35, dihubungkan dengan voltmeter.

Hasil pengujian sensor suhu diperlihatkan dalam Tabel 5.1.

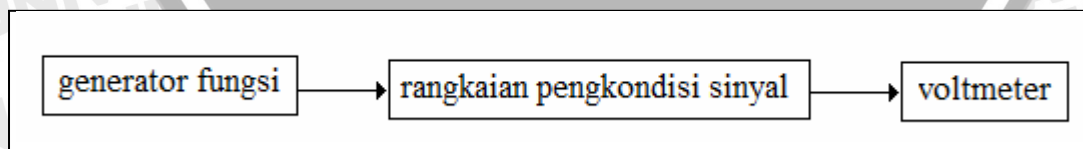
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu

Suhu (°C)	Keluaran (mV)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
10	110	100	10
12	130	120	8,33
13	138	130	6,15
14	149	140	6,43
15	160	150	6,67
30	309	300	3
40	412	400	3
41	420	410	2,44
42	430	420	2,38
43	442	430	2,79
44	450	440	2,27
45	464	450	3,11
46	477	460	3,7
50	516	500	3,2
Kesalahan rata-rata			4,53

Dari hasil pengujian sensor suhu diperoleh besar kesalahan rata-rata sebesar 4,53%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor suhu LM35 dan LCD dapat bekerja sesuai dengan perencanaan.

## 5.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah hasil keluaran rangkaian pengkondisi sinyal telah sesuai dengan besar penguatan yang telah dirancang, yaitu sebesar 61 kali. Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian penguat awal ini antara lain adalah: *DC Tracking Stabilizer* 725 38, *Function Generator* 200KHz 725 51 dan voltmeter. Diagram blok rangkaian pengujian pengkondisi sinyal ini ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram blok Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dimulai dengan mengatur besar frekuensi dan besar amplitudo keluaran generator fungsi ke suatu nilai yang merepresentasikan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor *Blood Glucose Test*



*Strips*. Dalam pengujian ini digunakan nilai tegangan yang nilainya berkisar dalam orde milivolt. Keluaran generator fungsi dihubungkan dengan masukan rangkaian pengkondisi sinyal, sedangkan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal dihubungkan dengan voltmeter. Untuk mengamati besar penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal, maka tegangan keluaran generator fungsi yang menjadi masukan rangkaian penguat awal dinaikkan secara bertahap sehingga besar tegangan keluarannya dapat diukur dengan menggunakan voltmeter.

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal diperlihatkan dalam Tabel 5.2.

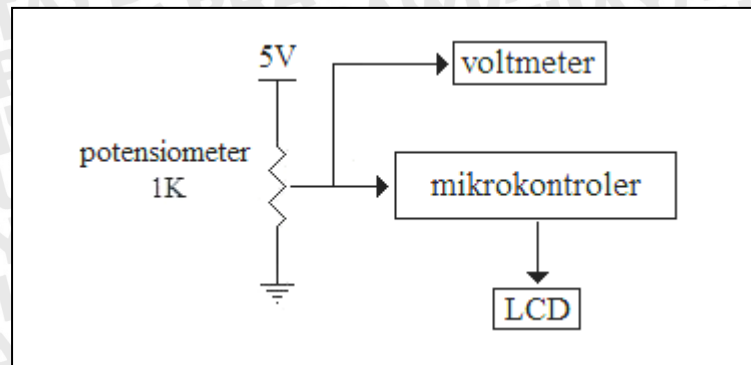
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Masukan (milivolt)	Keluaran (volt)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
5	0,31	0,305	1,64
10	0,62	0,610	1,64
15	0,93	0,915	1,09
18	1,11	1,098	1,09
20	1,23	1,220	0,82
23	1,42	1,403	1,21
25	1,54	1,525	0,98
30	1,86	1,830	1,64
40	2,47	2,440	1,23
50	3,11	3,050	1,97
Kesalahan rata-rata			1,33

Dari hasil pengujian penguat tak membalik diperoleh besar kesalahan rata-rata sebesar 1,33%. Hal ini menunjukkan bahwa blok rangkaian pengkondisi sinyal layak digunakan.

### 5.3. Pengujian ADC

Pengujian ADC internal mikrokontroler Renesas R8C/13 dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan hasil konversi ADC internal 10 bit berdasarkan tegangan analog yang dimasukkan pada pin  $AV_{CC}$  pada mikrokontroler Renesas R8C/13. Hasil dari proses konversi langsung ditampilkan pada LCD. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ADC internal ini antara lain : potensiometer 1k $\Omega$ , LCD, dan voltmeter. Diagram blok rangkaian pengujian ADC internal mikrokontroler Renesas R8C/Tiny ditunjukkan Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Diagram blok Pengujian ADC Internal Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan mengatur besaran tegangan yang dimasukkan ke port ADC dengan cara mengubah-ubah nilai potensiometer. Besar tegangan yang dimasukkan ke port ADC diukur dengan menggunakan voltmeter. Hasil dari konversi ADC kemudian ditampilkan pada LCD.

Hasil pengujian ADC internal mikrokontroler Renesas R8C/13 diperlihatkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian ADC Internal Mikrokontroler Renesas R8C/13

Tegangan Masukan (mV)	Data Keluaran (desimal)	Perhitungan	Kesalahan (%)
309	62	63,1	1,59
412	82	84,1	2,50
420	84	85,7	1,98
430	86	87,8	2,05
442	88	90,2	2,44
450	90	91,8	1,96
464	93	94,7	1,80
477	95	97,3	2,36
516	103	105,3	2,18
Kesalahan rata-rata			2,10

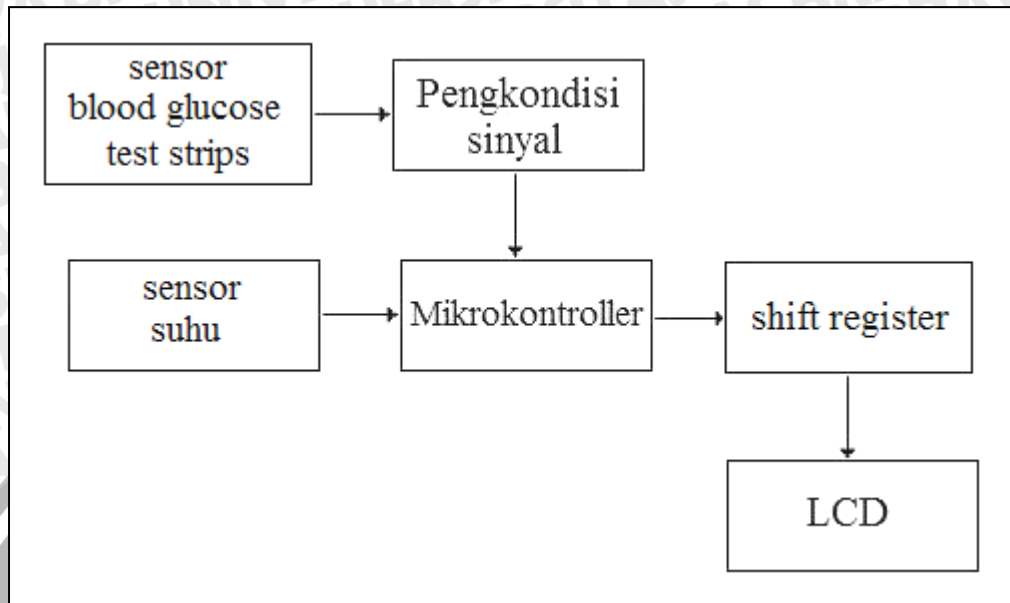
Dari hasil pengujian ADC internal mikrokontroler Renesas R8C/Tiny diperoleh besar kesalahan rata-rata sebesar 2,10%. Hal ini menunjukkan bahwa ADC internal mikrokontroler dapat bekerja, dan software berjalan sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat apakah telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan atau belum. Peralatan yang digunakan dalam pengujian sistem secara keseluruhan ini antara lain



adalah: sensor *Blood Glucose Test Strips*, lancet device (jarum penusuk), dan Gluco Dr. Diagram blok pengujian diperlihatkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Diagram blok Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan meneteskan darah pada test strips yang telah dimasukkan pada alat. Hasilnya diamati melalui tampilan LCD pada alat dan kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian dengan menggunakan alat pengukur kadar glukosa darah buatan industri, yang dalam pengujian ini menggunakan Gluco Dr sebagai alat acuan (reference).

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Tabel 5.4. Gambar hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Sampel Darah	Hasil Pengukuran (mg/dl)		Kesalahan (%)
	Alat Acuan	Alat Hasil Perancangan	
Sampel I	98	100	2,04
Sampel II	102	104	1,96
Sampel III	110	111	0,91
Sampel IV	99	101	2,02
Sampel V	106	103	2,83
Sampel VI	108	109	0,93
Sampel VII	99	102	3,03
Sampel VIII	108	112	3,7
Sampel IX	111	115	3,6
Sampel X	138	142	2,9
Sampel XI	167	170	1,8
Sampel XII	171	176	2,92
Kesalahan rata-rata			2,39



Gambar 5.5 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan untuk Kadar Glukosa Darah 108 mg/dl



Gambar 5.6 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan untuk Kadar Glukosa Darah 111 mg/dl

Dari pengujian sistem secara keseluruhan dapat diketahui bahwa alat yang telah dibuat dapat bekerja, namun masih terjadi penyimpangan sebesar 2,39%. Hal ini bisa disebabkan karena penyimpangan pada rangkaian pengkondisi sinyal juga pada konversi dalam ADC internal.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari perencanaan dan pembuatan alat pengukur kadar glukosa darah.

#### 6.1 KESIMPULAN

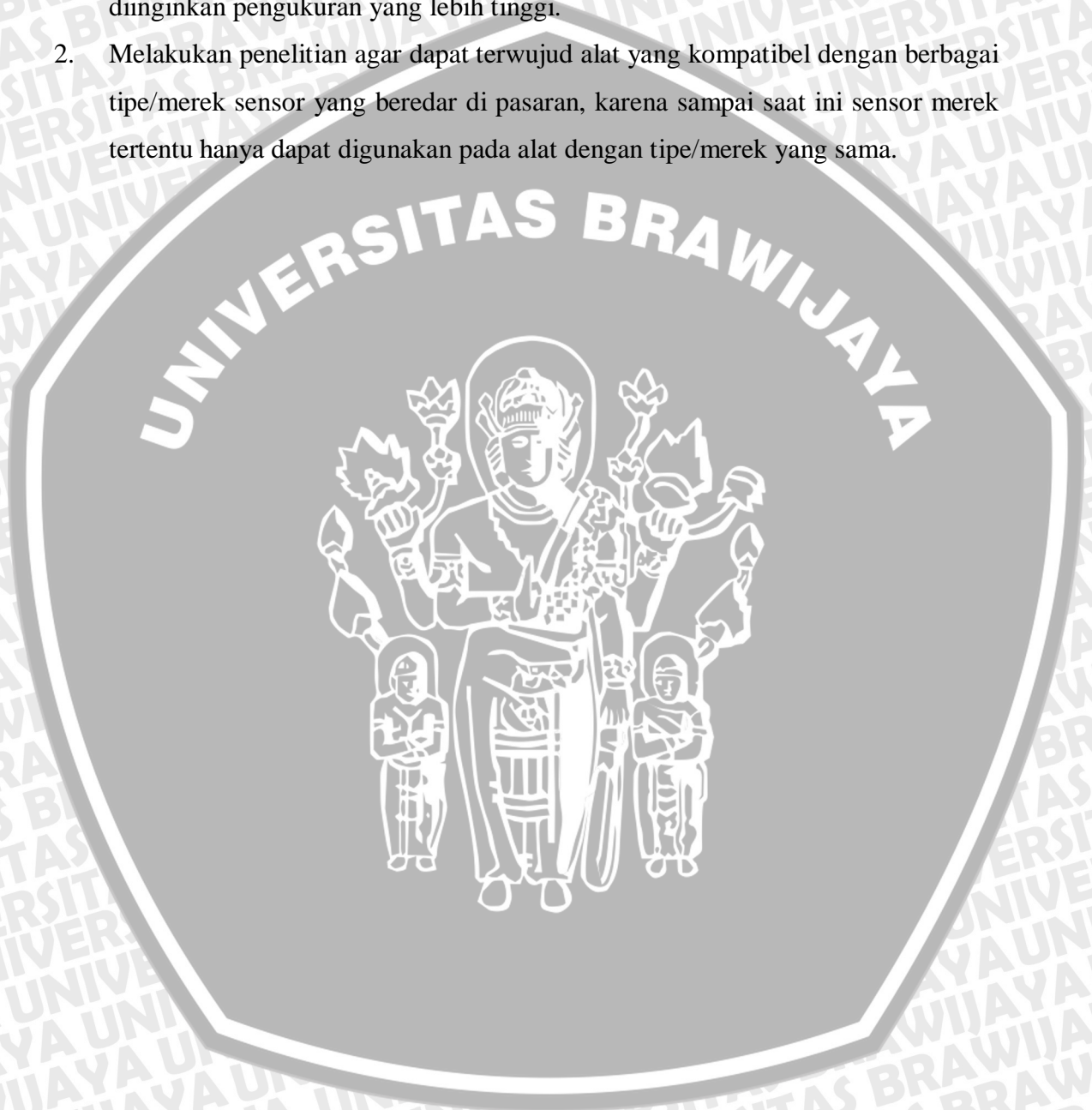
Berdasarkan hasil pengujian tiap blok rangkaian dan pengujian sistem secara keseluruhan yang telah dilakukan dalam BAB V, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Sistem pengukur kadar glukosa darah dirancang dengan memanfaatkan sensor *Blood Glucose Test Strips*. Jika darah bereaksi dengan reagen dalam sensor, maka sensor akan menghasilkan keluaran berupa tegangan yang bersifat linear terhadap kadar glukosa darah. Sensitivitas sensor diketahui sebesar 0,08 mV/(mg/dl).
- 2). Sistem antarmuka antara mikrokontroler Renesas R8C/Tiny dengan sensor *Blood Glucose Test Strips*, LCD (*Liquid Crystal Display*), sensor suhu LM35 telah dapat bekerja dengan prosentase kesalahan sebesar 4,53%. Rangkaian pengkondisi sinyal dapat bekerja dengan prosentase kesalahan sebesar 1,87%. Hasil konversi ADC menunjukkan rangkaian tersebut dapat bekerja dengan prosentase kesalahan sebesar 2,10%. Alat pengukur kadar glukosa darah dapat bekerja, namun masih terdapat penyimpangan sebesar 2,39%.
- 3). Program pada mikrokontroler Renesas R8C/Tiny (menggunakan bahasa C) telah dapat menangani sensor *Blood Glucose Test Strips*, LCD (*Liquid Crystal Display*), dan sensor suhu LM35. Hasil pengukuran kadar glukosa dalam darah telah dapat ditampilkan pada LCD.

## 6.2 SARAN

Walaupun alat yang telah dibuat telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, untuk pengembangan lebih lanjut, ada beberapa hal yang perlu ditingkatkan, di antaranya adalah:

1. Diperlukan sensor yang mempunyai range sampai dengan 700 mg/dl, apabila diinginkan pengukuran yang lebih tinggi.
2. Melakukan penelitian agar dapat terwujud alat yang kompatibel dengan berbagai tipe/merek sensor yang beredar di pasaran, karena sampai saat ini sensor merek tertentu hanya dapat digunakan pada alat dengan tipe/merek yang sama.





## DAFTAR PUSTAKA

- Ainuzakki, M. F., Siwindarto, P., dan Setyawan, R. A. 2006. *Alat Pengukur Kadar Glukosa Darah Berbasis Mikrokontroller 8535*. Malang skripsi: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Blood Glucose Test Strips. <http://www.responsemine.com>. (diakses tanggal 3 April 2009).
- Carter, B. 2001. *Handbook of Operational Amplifier Applications*. Texas: Texas Instruments.
- Coughlin, R. 1994. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Franco, S. 1988. *Design With Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Malvino, A. P. 2003. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Motorola. *74LS164 Serial-In Parallel-Out Shift Register*. <http://www.alldatasheet.com>. (diakses tanggal 9 Februari 2009).
- National Semiconductor. *LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers*. <http://www.national.com>. (diakses tanggal 8 Januari 2009).
- National Semiconductor. *LM35 Precision Centrigrade Temperature Sensors*. <http://www.national.com>. (diakses tanggal 8 Januari 2009).
- Ramaiah, S. 2006. *Diabetes*. Jakarta: PT Bhuana Ilmu Populer Kelompok Gramedia.
- R8C/13 Group Datasheet*, Rev.1.10, Apr 27, 2005.
- Seiko Instruments. 1987. *Liquid Crystal Display Module M1632 User Manual*. Japan
- Sulistiyanto, N. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler R8C/13*. Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- Tandra, H. 2008. *Diabetes*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tjokroprawiro, A. 2006. *Hidup Sehat dan Bahagia Bersama Diabetes Mellitus*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.