

MODIFIKASI GLUKOSA TEST BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

Karya Tulis Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat dalam Menempuh Program

Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik



Oleh :

Nizal Arditia Rahman

1604057

**PROGRAM D III ELEKTROMEDIK
SEKOLAH TINGGI KESEHATAN WIDYA HUSADA
SEMARANG**

2019



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNTAYAAN PENULIS

JUDUL : Modifikasi Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535

NAMA : Nizal Arditia Rahman

NIM : 16.04.057

Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cupilkan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Karya Tulis ini sebagai karyanya, yang di sertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia dibatalkan gelar Ahli Madya Teknik Elektromedik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.

Semarang, 5 Oktober 2019

Nizal Arditia Rahman



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : Modifikasi Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535

NAMA : Nizal Arditia Rahman

NIM :16.04.057

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.

Menyetujui

Pembimbing

Mulyono, M.Kom

NIDN 0609088103



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : Modifikasi Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535

NAMA : Nizal Arditia Rahman

NIM : 16.04.057

Telah diujikan dan dipertahankan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang pada hari Sabtu tanggal 5 bulan Oktober tahun 2019.

Dewan Penguji:

Penguji 1

Penguji 2

Sugeng Santoso, MT

Mulyono, M.Kom

NIDK 8830011019

NIDN 0609088103

Ka. Prodi DIII TEM

Ketua Penguji

Agung Satrio N, MT

Agung Satrio N, MT

NIDN 06109058101

NIDN 06109058101

ABSTRAK

Penyakit diabetes dapat dideteksi lebih awal dengan melakukan pemeriksaan darah secara teratur dan rutin di laboratorium, untuk memudahkan pemeriksaan sampel darah maka perlu direkayasa suatu alat yang dapat mengukur konsentrasi gula darah yang lebih praktis dan akurat dengan menggunakan prinsip spektroskopi. Prinsip spektroskopi didasarkan pada absorpsi dari suatu senyawa. Pada alat asli menggunakan strip, alat ini dikembangkan tidak menggunakan strip dikarenakan strip tersebut mahal dan hanya satu kali pakai. Dengan dirancangnya alat ini, diharapkan pengukuran kadar gula darah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah.

Dalam tugas akhir ini akan dirancang alat yang dapat mengukur kadar gula darah berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. Sensor yang digunakan adalah fotoresistor. Fotoresistor termasuk jenis resistor variabel karena jumlah tahanannya dapat berubah-ubah, perubahan tahanannya pada fotoresistor ditentukan oleh besarnya cahaya yang mengenai penampang pada fotoresistor. Prinsip kerja dari fotoresistor adalah apabila cahaya yang mengenai penampang fotoresistor itu besar maka nilai tahanan di dalam fotoresistor semakin kecil sebaliknya semakin kecil cahaya mengenai penampang fotoresistor maka nilai tahanan pada fotoresistor akan semakin besar.

Dari hasil pengukuran setiap TP data pengukuran masih berada di batas nilai toleransi. Untuk pengukuran pada alat dengan terbatasnya sampel dan uji coba sampel normal dan excellent saja yang didapatkan, hasil keakurasian sebesar 99%. Dari hasil titik pengukuran presentasi kesalahan pada IC LM317 sebesar 0.2% dan pada baterai sebesar 0.96%. Setelah dilakukan uji coba alat ini dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Diabetes, Spektroskopi, absorpsi, eksitasi dan de-eksitasi.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan Karunianya sehingga tugas karya tulis ilmiah ini dapat penulis selesaikan. Karya tulis ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan ujian akhir pada program Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang. Adapun judul yang penulis buat adalah “**Modifikasi Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535**”.

Ucapan terima kasih serta penghargaan yang tulus penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak memberi bantuan, bimbingan serta saran selama penulisan karya tulis ilmiah, dan perhatian selama penulis kuliah di STIKES Widya Husada Semarang. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Allah yang telah memberikan Anugerah berupa Nikmat, Rahmat, Karuniah dan Hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada kami.
2. Nabi Muhammad ﷺ yang telah memberikan cahaya dalam gelapnya kehidupan, shalawat serta salam yang tak pernah henti kami ucapkan kepada-Nya.
3. Kedua orang tua terutama ibu serta keluarga yang selalu memberikan doa, support dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Agung Setyo Nugroho M.T selaku ketua prodi D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.
5. Bapak Mulyono M.Kom selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan nasihat, arahan dan dorongannya sehingga terselesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak, Ibu dosen serta staff program D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.
7. JACKWEAR Squad (Lalu Wawan, M Yudha Kurniawan, M Rifki Satria P, M Ramadhan Nabil P, M Syukri Hasni, Riyan Hidayat, Ujang Nur Aldiyanto, Wildan Bani, Wildan Fadhli, M Taufik, Rezza A Yunus) yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta telah membantu menyelesaikan tugas karya tulis ilmiah ini.
8. Semua teman teman almamater seperjuangan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TEORI DASAR.....	5
2.1 Hematologi	5
2.1.1 Diabetes dan glukosa	5
2.1.2 Pengukuran Konsentrasi Glukosa Darah	7
2.2 Pengukuran Glukosa.....	8
2.2.1 Teknik Invasif	8
2.2.2 Teknik Minimal Invasif	9
2.2.3 Teknik Non-Invasif	11
2.3 Spektroskopi dan Prinsip Optik.....	13
2.3.1 Spektroskopi.....	14
2.3.2 Spektrofotometer.....	15
2.3.3 Pemeriksaan Glukosa Darah dengan Sprektrofotometer	15
2.4 Buzzer.....	16
2.5 Push Button	17
2.6 Sumber Radiasi Monokromatis	18
2.6.1 LED.....	18
2.6.2 Detektor Cahaya (Fotoresistor).....	20
2.7 Mikrokontroler ATMega 8535	21
2.7.1 Fitur ATMega 8535.....	22
2.8 Liquid Crystal Display (LCD) 2x16.....	23
2.8.1 Perangkat penampil (LCD)	23
2.9 Resistor.....	24
2.9.1 Simbol Resistor	25

2.9.2	Kapasitas Daya Resistor	25
2.9.3	Resistor Sebagai Pembagi Tegangan	27
2.10	Kapasitor	27
2.10.1	Fungsi Kapasitor	28
2.10.2	Rumus Kapasitor	28
2.10.3	Jenis-jenis Kapasitor	29
2.11	Transformator	30
2.11.1	Transformator Step-Up	31
2.11.2	Transformator Step-Down	31
2.11.3	Auto Transformator	32
2.12	Dioda	32
2.12.1	Prinsip Kerja Dioda	33
2.12.2	Karakteristik Dioda	33
2.13	IC Regulator	37
2.14	Transistor	37
2.15	Fuse	41
2.16	Baterai	42
2.17	ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	44
2.17.1	Converter	44
2.17.2	ADC (<i>Analog to Digital Conversion</i>)	44
2.17.3	Prinsip Kerja ADC	45
BAB III	PERENCANAAN ALAT	47
3.1	Spesifikasi Alat	47
3.2	Blok Diagram	48
3.3	Cara Kerja Blok Diagram	49
3.4	Perencanaan Komponen Dan Rangkaian	50
3.5	Rangkaian Charger dan Baterai	53
3.6	Rangkaian Transducer	55
3.7	Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535	57
3.8	Rangkaian LCD	58
3.9	Rangkaian Buzzer	58
3.10	Flowchart	59
3.11	Perencanaan Desain	60
BAB IV	61
PENDATAAN DAN PENGUKURAN	61
4.1	Spesifikasi dan Modul	61
4.2	Persiapan Hasil	61

4.3	Metode Pengukuran.....	62
4.4	Hasil Pengukuran.....	62
BAB V.....		69
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		69
5.1	Rangkaian Keseluruhan.....	69
5.2	Analisa Data Hasil Pengukuran.....	70
5.2.1	Analisa TP1.....	71
5.2.2	Analisa TP2.....	71
5.2.3	Analisa TP3.....	71
5.2.4	Analisa TP4.....	72
5.2.5	Analisa Perbandingan Alat.....	72
BAB VI PENUTUP.....		75
6.1	Kesimpulan.....	75
6.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Continuous glucose monitoring by Medtronic.....	10
Gambar 2 <i>Overview of the blood glucose measurement technologies</i>	12
Gambar 3 <i>Buzzer</i>	16
Gambar 4 <i>Push Button Switch</i>	17
Gambar 5 Skema <i>Push Button Switch</i>	18
Gambar 6 <i>Super Brigh Light</i>	19
Gambar 7 Simbol Fotoresistor	20
Gambar 8 Mikrokontroler ATMega 8535	22
Gambar 9 LCD	23
Gambar 10 Bentuk Resistor	24
Gambar 11 Simbol Resistor	25
Gambar 12 Rangkaian Pembagi Tegangan	27
Gambar 13 Simbol Trafo	30
Gambar 14 Trafo Step Up.....	31
Gambar 15 Trafo Step Down	31
Gambar 16 Auto Transformator	32
Gambar 17 Dioda	32
Gambar 18 Kurva Karakteristik Dioda	34
Gambar 19 Penyearah Satu Dioda	34
Gambar 20 Bentuk Sinyal Setengah Gelombang.....	35
Gambar 21 Penyearah 4 Dioda	36
Gambar 22 Bentuk Sinyal Gelombang Penuh.....	36
Gambar 23 Tipe Transistor PNP dan NPN	39
Gambar 24 Grafik Titik Cut-Off Garis Beban Transistor	39
Gambar 25 Grafik Karakteristik Transistor	40
Gambar 26 Simbol dan Bentuk Fuse	42
Gambar 27 Bentuk Baterai	43
Gambar 28 Ilustrasi Kecepatan Sampling.....	45
Gambar 29 Blok Diagram Alat	48
Gambar 30 Power Supply	54
Gambar 31 Rangkaian Transducer.....	56
Gambar 32 Mikrokontroler ATMega 8535.....	57
Gambar 33 LCD 2x16.....	58
Gambar 34 Rangkaian Buzzer	58
Gambar 35 Flowchart.....	59
Gambar 36 Desain Alat.....	60
Gambar 37 Wiring Diagram Alat.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Warna Resistor	26
Tabel 2 Jenis-jenis kapasitor	29
Tabel 3 Daftar Komponen Rangkaian Charger	50
Tabel 4 Rangkaian Sensor	51
Tabel 5 Komponen Mikrokontroler ATmega 8535	51
Tabel 6 Komponen Rangkaian LCD	52
Tabel 7 Komponen Rangkaian Buzzer	52
Tabel 8 Hasil Titik Pengukuran	63
Tabel 9 Hasil Perbandingan Alat GDS	64
Tabel 10 Nilai ADC	65
Tabel 11 Akurasi Sampel 1	66
Tabel 12 Akurasi Sampel 2	67
Tabel 13 Akurasi Sampel 3	68
Tabel 14 Hasil Akurasi Sampel 1	72
Tabel 15 Hasil Akurasi Sampel 2	73
Tabel 16 Hasil Akurasi Sampel 3	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidang kesehatan merupakan salah satu bidang yang menjadi prioritas utama dalam tujuan pembangunan nasional. Dimana sasaran utama yang ingin dicapai dalam bidang kesehatan ini adalah terciptanya kehidupan yang sehat jasmanimaupun rohani, bagi setiap penduduk Indonesia.

Peningkatan dalam bidang kesehatan ini tidak terlepas dari peran serta tenaga kesehatan sebagai sumber daya manusia (SDM) dalam memberikan pelayanan dirumah sakit. Selain itu diperlukan pula peralatan-peralatan kedokteran yang menunjang pelayanan kesehatan yang lebih praktis dan aman dalam penggunaannya.

Demikian pula hanya dengan kebutuhan dan tuntutan akan mutu pelayanan kesehatan membuat manusia terus mengembangkan peralatan kesehatan. Pada awalnya peralatan kesehatan menggunakan system manual, dan terus dikembangkan hingga kini telah banyak menggunakan system komputerisasi.

Hasil dari perkembangan peralatan kesehatan ini tentunya sangat memudahkan tenaga medis dalam melakukan diagnosa (pemeriksaan) maupun therapy (penyembuhan) terhadap suatu penyakit.

Pada umumnya peralatan kesehatan dapat dikelompokkan kedalam dua golongan besar, yaitu peralatan kesehatan yang bersifat diagnostik atau pemeriksaan

akan adanya penyakit dalam tubuh dan peralatan kesehatan yang bersifat terapi atau proses penyembuhan dan pengobatan terhadap penyakit pada tubuh.

Diabetes adalah penyakit metabolik yang dapat mempengaruhi hampir setiap sistem organ dalam tubuh. Diperkirakan jumlah penderita diabetes mellitus di Indonesia sekitar 17 juta orang atau 8,6 persen dari jumlah penduduk dan menduduki urutan terbesar ke-4 setelah India, Cina, dan Amerika Serikat (AS). Penyakit diabetes dapat dideteksi lebih awal dengan melakukan pemeriksaan darah secara teratur dan rutin di laboratorium. Diabetes Melitus adalah penyakit gangguan metabolisme karbohidrat karena defisiensi insulin yang ditandai dengan meningkatnya kadar gula dalam darah dan adanya gula dalam urin. Pada komplikasi tingkat lanjut diabetes dapat menyebabkan penyakit cardiovascular, kebutaan, impotensi, mengurangi fungsi kerja ginjal hingga gagal ginjal.

Penyakit diabetes dapat dideteksi lebih awal dengan melakukan pemeriksaan darah secara teratur dan rutin di laboratorium. Pada pemeriksaan sampel darah di laboratorium, penentuan kadar glukosa di dalam darah dilakukan dengan cara kimiawi, yaitu dengan penambahan reagen pada volume tertentu. Setelah melalui proses fisis maka sampel darah dimasukkan ke dalam *spektrofotometer*. Alat *spektrofotometer* ini dapat mengetahui kadar glukosa dalam darah dengan cara membandingkan nilai absorbansi sampel yang diukur dengan nilai absorbansi standar. Dengan pengukuran pada laboratorium medis hasil pengukuran sudah cukup akurat dan presisi, akan tetapi pengukuran pada laboratorium membutuhkan proses preparasi yang lama dan reaksi kimiawi terhadap interferensi. Adapun pemeriksaan glukosa dalam bentuk strip dapat

mendeteksi glukosa dengan menggunakan suatu enzim yang berada pada strip yang di sebut glucose oxidase, akan tetapi strip tersebut mahal dan hanya satu kali pakai.

Oleh karena itu untuk memudahkan pemeriksaan sampel darah maka perlu direkayasa suatu alat yang dapat mengukur konsentrasi gula darah yang lebih praktis dan akurat dengan menggunakan prinsip spektroskopi. Prinsip spektroskopi didasarkan pada absorpsi sinar oleh molekul sehingga terjadi proses eksitasi dan de-eksitasi elektron pada molekul sehingga dapat dilakukan pengukuran spektrum absorpsi dari suatu senyawa.

Dengan menggunakan mikrokontroler nilai absorbansi dari suatu senyawa dapat diolah dengan operasi aritmatik dan disimpan ke dalam memori. Nilai absorbansi didapat dengan menembakkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu ke sampel darah lalu membandingkan nilai intensitas cahaya yang masuk dan yang keluar dari sampel darah. Dengan demikian mengukur kadar glukosa darah dapat lebih praktis tanpa melalui proses fisis kimiawi.

Dengan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk membahas dan menganalisa kemudian menyusunnya sebagai karya tulis dengan judul “**Modifikasi Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535**”.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang diatas maka bagaimana cara membuat alat pengukur kadar gula darah dengan menggunakan prinsip *spektroskopi*.

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan alat tidak terjadi pelebaran masalah, penulis membatasi pokok-pokok masalah yang dibahas:

1. Sensor yang digunakan dalam pembacaan sampel adalah sensor LDR.
2. Pembacaan sampel hanya menampilkan diagnosa penyakit.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulis dalam tugas akhir ini adalah :

1. Membuat modul Modifikasi *Glukosa Test* Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535.
2. Melakukan pendataan dan pengukuran pada alat Modifikasi *Glukosa Test* Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

Dalam pembuatan karya tulis ilmiah ini dimaksudkan dapat meningkatkan ilmu pengetahuan dan menambah wawasan tentang alat *glukosa test* bagi seluruh kalangan khususnya mahasiswa teknik elektromedik.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Hematologi

Hematologi adalah ilmu yang mempelajari tentang darah. Dalam sirkulasi darah didapatkan sel darah dan cairan disebut plasma. Sel darah tersebut terdiri dari eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), trombosit (sel pembeku darah). Pemeriksaan hematologi adalah pemeriksaan yang bertujuan untuk mengetahui kelainan dari kuantitas dan kualitas sel darah merah, sel darah putih dan trombosit serta menguji perubahan yang terjadi pada plasma yang terutama berperan pada proses pembekuan darah. Pemeriksaan hematologi terutama pada kadar gula dalam darah yang terdapat glukosa darah dapat dilakukan pemeriksaan secara dini di laboratorium.

2.1.1 Diabetes dan glukosa

Glukosa merupakan kelompok senyawa karbohidrat sederhana atau monosakarida. Di dalam glukosa terdapat dalam buah-buahan dan madu lebah. Glukosa berfungsi sebagai sumber energi untuk sel-sel otak, sel saraf, dan sel darah merah. Darah manusia normal mengandung glukosa dalam jumlah atau konsentrasi yang tetap, yaitu antara 70 – 100 mg tiap 100 ml darah. Glukosa darah ini dapat bertambah setelah kita makan makanan sumber karbohidrat, namun setelah kira-kira 2 jam setelah makan, jumlah darah akan kembali seperti semula. Pada orang yang menderita diabetes melitus, jumlah glukosa darah lebih besar dari 130 mg/100 ml darah.^[1]

Agar dapat berfungsi secara optimal, tubuh hendaknya dapat mempertahankan konsentrasi darah gula (dalam bentuk glukosa) dalam batas-batas tertentu, yaitu 70 – 120 mg/ml dalam keadaan puasa. Bila gula darah naik diatas 170 mg/100ml, gula akan dikeluarkan melalui urine. Sebaliknya bila gula darah turun hingga 40 – 50 mg/ml, kita akan merasa gugup, pusing, lemas dan lapar. Gula darah terlalu tinggi disebut hiperglikemia dan bila terlalu rendah disebut hipoglikemia. Hiperglikemia dalam jangka panjang dapat menyebabkan masalah-masalah kesehatan yang berkepanjangan pula yang berkaitan dengan diabetes, termasuk kerusakan pada mata, ginjal, dan saraf. Beberapa macam hormon terlihat dalam pengaturan darah ini, salah satunya hormone insulin.

Tingkat gula darah dalam tubuh diatur oleh pankreas dengan cara memproduksi hormon insulin. Insulin bertanggung jawab untuk mengontrol kadar gula dalam darah dan juga untuk memproses karbohidrat, lemak, dan protein menjadi energi yang diperlukan tubuh manusia. Diabetes terjadi jika tubuh tidak menghasilkan insulin yang cukup untuk mempertahankan kadar gula darah yang normal atau jika sel tidak memberikan respon yang tepat terhadap insulin.

Diabetes tipe 1 adalah diabetes yang bergantung pada insulin dimana tubuh kekurangan hormon insulin, dikenal dengan istilah *Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (IDDM). Hal ini disebabkan hilangnya sel beta penghasil insulin pada pulau-pulau langerhans pankreas. Diabetes tipe 1 banyak ditemukan pada balita, anak-anak, dan remaja. Sedangkan diabetes tipe 2 terjadi jika hormon insulin dalam tubuh tidak dapat berfungsi dengan semestinya, dikenal dengan istilah *Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM). Hal ini dikarenakan berbagai kemungkinan seperti kecacatan dalam produksi insulin, resistansi terhadap insulin atau berkurangnya respon

sel dan jaringan tubuh terhadap insulin ditandai dengan meningkatnya kadar insulin di dalam darah. Kedua jenis diabetes ini mengakibatkan terlalu banyaknya glukosa yang terdapat dalam tubuh.^[2]

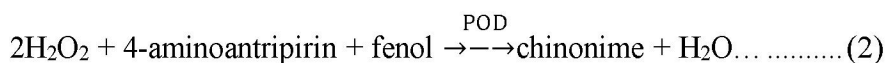
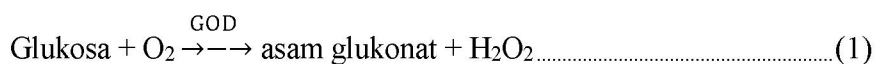
Tingkatgula darah dapat di kategorikan sebagai berikut:

1. Hypoglycemia Lvl 1 : 75 – 79 mg/dl
Lvl 2 : 55 – 74 mg/dl
Lvl 3 : 35 – 54 mg/dl
2. Normal : 80 – 99 mg/dl
3. Exellent : 100 – 149 mg/dl
4. Hyperglycemia : 150 – 179 mg/dl
5. Diabetes Lvl 1 : 180 – 270 mg/dl
Lvl 2 : 271 – 359 mg/dl
Lvl 3 : 360 – 600 mg/dl^[3]

2.1.2 Pengukuran Konsentrasi Glukosa Darah

Untuk mengetahui kadar gula darah dapat diukur pada laboratorium medis dengan menggunakan metode GOD-PAP. Prinsip metode GOD-PAP yaitu glukosa akan dioksidasi dengan adanya enzim glukosa oksidase membentuk suatu asam glukonat dan peroksida. Peroksida yang terbentuk direaksikan dengan 4 amino-antypyrine dan asam hidroksi benzoic, dengan adanya peroksidase membentuk senyawa kompleks yang berwarna. Intensitas warna merah yang terbentuk sebanding dengan kadar glukosa dalam sampel.

Nilai normal : 70 – 125 mg/dl^[4]



Pengukuran kadarnya dilakukan dengan mencampur serum atau plasma darah dengan reagen, kemudian warna yang terbentuk dibaca dengan kolorimeter pada panjang gelombang 500 nm (atau Hg 546 nm). Larutan blanko digunakan sebagai titik nol dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Kadar glukosa} = \frac{A_s}{A_{st}} \times \text{kadar standar} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana : A_s adalah absorbansi sampel dan A_{st} adalah absorbansi standar.

2.2 Pengukuran Glukosa

Untuk memastikan bahwa tingkat glukosa selalu dalam kisaran normal, pemantauan terus menerus dari kadar glukosa diperlukan. Pengukuran glukosa darah dikategorikan menjadi tiga teknik : invasif, minimal invasif, dan *non-invasive*.

2.2.1 Teknik Invasif

Teknik invasif di perangkat pengukuran glukosa banyak digunakan karena memiliki akurasi pengukuran yang tinggi. Teknik invasif yang paling umum digunakan adalah tusukan jari di mana darah diambil dari jari dengan menggunakan lancet (kecil, jarum yang tajam) untuk menarik sampel darah. Sampel darah dijatuhkan pada strip tes dan ditempatkan dalam glucometer akan menampilkan tingkat glukosa darah. Beberapa praktek yang umum memungkinkan ekstraksi darah diperoleh dari situs lain dari tubuh seperti lengan atas, lengan bawah, pangkal ibu jari dan paha. Namun pembacaan kadar glukosa

darah mungkin berbeda-beda dibandingkan dengan pembacaan yang diperoleh dari ujung jari.

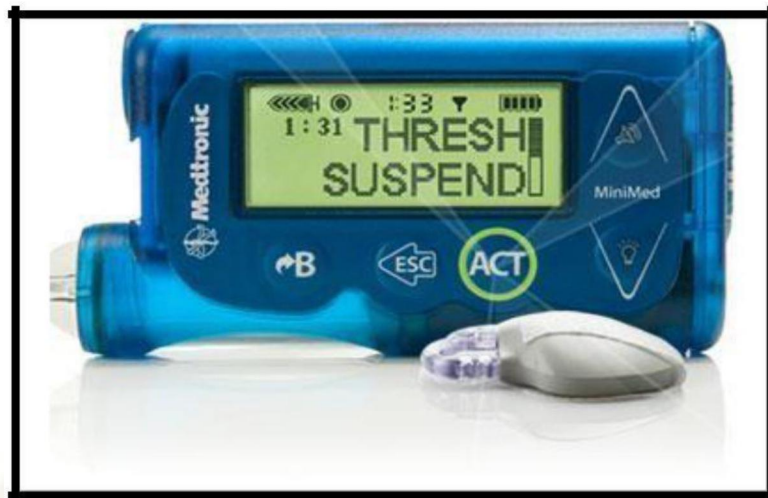
Untuk pemantauan glukosa darah terus menerus, beberapa menusuk jari yang tidak diinginkan seperti yang menyakitkan dan memiliki risiko yang lebih tinggi dari infeksi. Untuk mengurangi rasa sakit dan risiko infeksi, teknik alternatif diperkenalkan, dikenal sebagai pengukuran glukosa darah minimal invasif.

2.2.2 Teknik Minimal Invasif

Schichiri (1985) adalah yang pertama untuk memperkenalkan teknik minimal invasif dengan perkembangan subkutan implan jarum-jenis elektroda. Yang digunakan teknik implantasi subkutan mampu menghindari masalah infeksi seperti septikemia, fouling dengan pembekuan darah, dan emboli.

Mereka telah merancang sebuah sensor glukosa dengan jarum halus, atau kawat *fleksibel* dan elemen penginderaan aktif diimplementasikan di ujung dan ditanamkan dalam jaringan subkutan. Saat ini, ada berbagai jenis sistem pemantauan glukosa kontinu yang telah dikomersialkan. Contoh sistem tersebut mungkin menggunakan deteksi elektrokimia atau dan deteksi optik oksidase glukosa untuk mengukur glukosa dalam darah.

Baru-baru ini, Medtronic Inc MiniMed telah memperkenalkan sistem pemantauan glukosa terus menerus terbaru, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 yang menggunakan deteksi elektrokimia glukosa dalam darah. Untuk mengukur kadar glukosa dalam cairan jaringan, sensor glukosa dalam bentuk elektroda kecil dimasukkan di bawah kulit dan terhubung ke pemancar.



Gambar 1 Continuous glucose monitoring by Medtronic

Pemancar akan mengirimkan sinyal melalui frekuensi radio nirkabel ke perangkat monitoring dan tampilan. Setelah itu, perangkat akan mendeteksi dan memberitahukan pasien jika kadar glukosa mereka kurang atau lebih dari kisaran normal. Keuntungan dari sistem ini adalah ia mampu terus mengukur kadar glukosa secara *real time* sepanjang hari dan malam.

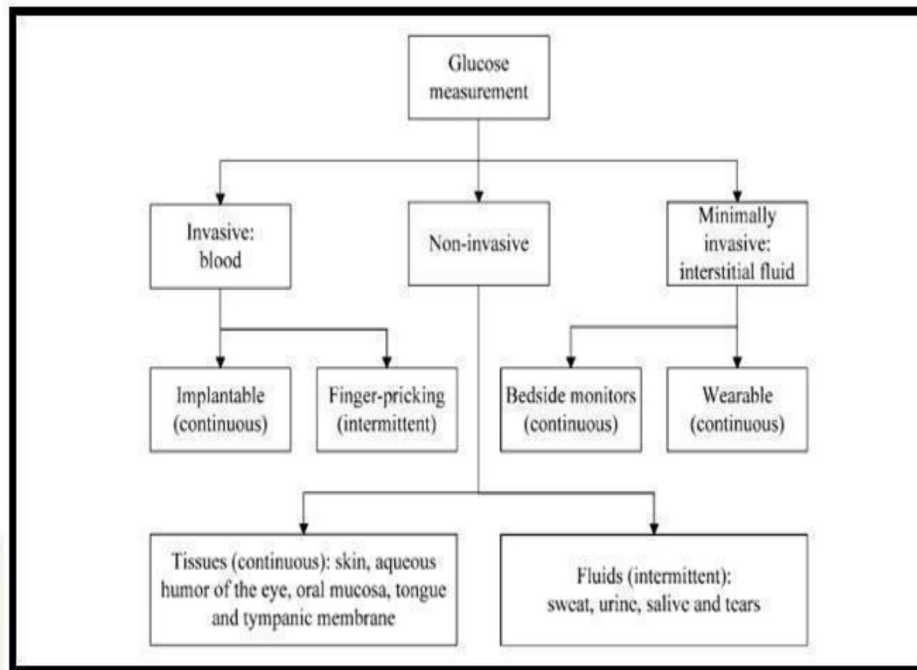
Pendekatan lain menggunakan deteksi elektrokimia diusulkan oleh Jui (2011) dari United National Taiwan University. Aplikasi ini menggunakan sensor elektrokimia yang terdiri dari potensiostat dengan strip tes glukosa dan sistem pengujian otomatis. Pada tahun 2006, Dachao Li (2006) dari Tianjian University of China telah mengusulkan pendekatan baru menggunakan ultrasonik. Mereka telah menggabungkan interstitial ekstraksi transdermal cairan dengan teknik deteksi permukaan resonansi plasma. Kedua Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik yang digunakan dapat mengukur konsentrasi glukosa dalam darah secara akurat

Meskipun teknik minimal invasif membantu mengurangi rasa sakit dan risiko infeksi, masih tidak diinginkan untuk beberapa pasien diabetes karena masih

melibatkan kontak langsung dengan jaringan. Selain itu, pengukuran yang kadang-kadang tidak akurat karena kebisingan dan artefak dihasilkan dari gerakan pasien dan reaksi antara elektroda dan reaktan lainnya dalam darah.

2.2.3 Teknik Non-Invasif

Alasan utama untuk upaya mengembangkan penelitian di bidang pengukuran glukosa darah *non-invasive* adalah karena pada bidang inilah satu-satunya cara untuk mengembangkan sistem pemantauan kadar glukosa tanpa merasakan sakit akan jarum sedikitpun. Alih-alih penggalan darah, cairan lain seperti air liur, keringat, urin, atau air mata dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengukur konsentrasi glukosa. Selain itu, kadar glukosa juga dapat diukur melalui pengukuran langsung dari jaringan tubuh seperti, kulit, lidah, humor berair mata dan mukosa mulut. Seperti yg ditunjukkan pada Gambar 2 pameran teknologi yang telah digunakan dalam pengukuran glukosa darah.



Gambar 2 Overview of the blood glucose measurement technologies

Penelitian terbaru mengenai pengukuran tingkat glukosa dalam keringat dilakukan oleh Oscar (2013). Pendekatan ini menggunakan teknologi hidung elektronik dan dilaksanakan oksida semikonduktor 32 logam (MOS) sensor, yang beroperasi pada temperatur yang berbeda untuk mendeteksi tingkat glukosa dalam keringat. Kelompok lain penelitian dari New Jersey telah menerapkan teknik *non-invasive* menggunakan spektrum Raman untuk mendeteksi glukosa dalam mata babi. Solusi glukosa disuntikkan ke mata babi dan konsentrasi dikontrol. Setelah itu, spektrum Raman diukur menggunakan sistem spektroskopi kompak dengan panjang gelombang eksitasi laser di 785nm. Dari hasil, kedua pendekatan terbukti memiliki viabilitas yang tinggi dalam deteksi glukosa [3].

Selain itu, teknologi *non-invasive* telah dikembangkan dengan menggunakan berbagai jenis metode seperti spektroskopi, spektroskopi fotoakustik, polarimetry,

fluoresensi dan spektroskopi dielektrik. Di antara metode ini, absorpsi adalah yang paling umum digunakan sebagai keahulu cahaya mencerminkan, berakulu dan mengirimkan ketika yang difokuskan pada jaringan biologis yang tergantung pada struktur dan komposisi kimia dari sampel.

Selain itu penelitian tentang glukosameter Non-invasive sebelumnya juga sudah dilakukan oleh mahasiswa umy dengan menggunakan sensor SPO2. Pada sensor SPO2 terdapat 3 komponen yaitu LED merah, infra merah, dan photodiode, untuk pemeriksaan SPO2 menggunakan LED merah sedangkan untuk mengukur glukosa darah harus menggunakan infra merah. Jadi sensor SPO2 harus dimodifikasi terlebih dahulu agar yang aktif infra merah bukan LED merah. Metode untuk pembacaan gula darah yaitu dengan membaca absorpsi dari infra merah terhadap darah yang diterima oleh photodiode.

2.3 Spektroskopi dan Prinsip Optik

Spektroskopi merupakan metode pengukuran yang didasarkan pada interaksi antara cahaya dengan materi. Bila materi disinari kemungkinan cahaya akan diserap dan dipancarkan kembali dengan panjang gelombang yang sama atau berbeda. Spektroskopi sering digunakan untuk mengidentifikasi suatu unsur dan senyawa, melalui pemancaran dan penyerapan sebuah spektrum. Suatu alat untuk merekam spektrum disebut spektrometer.

Penentuan struktur senyawa menggunakan metode spektroskopi berdasarkan panjang gelombangnya. Perubahan warna dan intensitas warnanya diamati dengan spektroskopik menggunakan panjang gelombang 660nm. Pengamatan dengan spektroskopik menggunakan hukum Lambert Beer. Faktor yang mempengaruhi adalah

konsentrasi larutan dan bentuk wadah. Bagian sinar yang diserap akan tergantung pada berapa banyak molekul yang berinteraksi dengan sinar. Akan tetapi, dalam larutan yang sangat encer, sangat sulit untuk melihat warnanya. Absorbansinya sangat rendah. Bentuk wadah yang semakin panjang akan mempengaruhi panjang larutan sehingga sinar akan lebih banyak di serap karena sinar berinteraksi dengan lebih banyak molekul.^[5]

2.3.1 Spektroskopi

Atom-atom di dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergetar). Bila radiasi cahaya dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul- molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi di antara tingkat vibrasi dasar (ground state) dan tingkat vibrasi tereksitasi (excited state). Penyerapan radiasi cahaya menyebabkan perubahan tingkat vibrasi.

$$\Delta E = h \nu \dots\dots\dots (4)$$

Dengan h menyatakan tetapan Planck, dan ν menyatakan frekuensi. Hubungan antara panjang gelombang sinar yang diserap dengan energi dinyatakan dengan persamaan Planck :

$$E = h \nu = h c / \lambda \dots\dots\dots (5)$$

dimana E = energy, h = tetapan Planck, ν = frekuensi, c = kecepatan rambat cahaya dan λ = panjang gelombang.

Pengabsorbsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer, yang memplot jumlah radiasi cahaya yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut

disebut spektrum cahaya yang akan memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul.

2.3.2 Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan alat rutin yang dipakai untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran. *Spektrofotometer* dikembangkan untuk mempelajari struktur molekul dengan teori molekul, diantaranya untuk berbagi studi bahan seperti lingkungan ataupun mengontrol suatu proses kimiawi dalam industri.^[6]

Spektrofotometer selalu dilengkapi recorder untuk merekam hasil percobaan. Alat perekam ini mempermudah dan mempercepat pengolahan data. Sumber radiasi pada *spektrofotometri* bisa menggunakan cahaya tampak dan tidak tampak, dan sampel dapat diukur sebagai padatan atau cairan murninya, tanpa membutuhkan pelarut.^[7]

2.3.3 Pemeriksaan Glukosa Darah dengan Spektrofotometer

Cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator kemudian akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas-berkas cahaya dengan panjang tertentu kemudian akan dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap (diabsorpsi) dan ada pula yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor. Detektor kemudian akan menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Enzim glukosa oksidase

mengkatalisis reaksi oksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida yang terbentuk bereaksi dengan phenol dan 4-amino phenazone dengan bantuan enzim peroksidase menghasilkan quinoneimine yang berwarna merah muda dan dapat diukur dengan fotometer pada panjang gelombang 546 nm. Intensitas warna yang terbentuk setara dengan kadar glukosa darah yang terdapat dalam sampel cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif.^[8]

2.4 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).



Gambar 3 *Buzzer*

2.5 Push Button

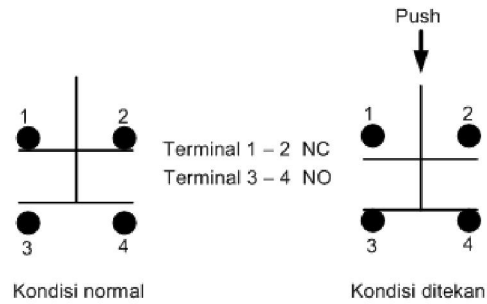
Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.



Gambar 4 *Push Button Switch*

Sebagai device penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu On dan Off (1 dan 0). Istilah On dan Off ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi On dan Off.

Karena sistem kerjanya yang unlock dan langsung berhubungan dengan operator, push button switch menjadi device paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian On dan Off.



Gambar 5 Skema *Push Button Switch*

2.6 Sumber Radiasi Monokromatis

Sumber radiasi adalah benda yang tereksitasi hingga ke tingkat tenaga yang tinggi oleh sumber listrik atau oleh pemanasan listrik. Benda atau materi kembali ke tingkat energi yang rendah atau ke tingkat dasarnya, melepaskan foton dengan senergi yang karakteristiknya sesuai dengan ΔE , yaitu perbedaan energi antara tingkat tereksitasi dengan tingkat dasar rendah. Sumber radiasi yang ideal untuk pengukuran spektroskopi terlihat, harus menghasilkan spektrum dengan intensitas tertentu pada kisaran panjang gelombang yang sedang dipelajari.

2.6.1 LED

LED merupakan komponen optoelektronik atau teknologi yang mengkombinasikan optik dan elektronik. LED adalah peralatan atau teknologi yang berdasarkan pengaruh sambungan pn. Pada LED dengan bias tegangan maju, elektron bebas melintasi sambungan dan jatuh ke dalam hole. Ketika elektron jatuh dari tingkat energi tinggi ke rendah, elektron akan mengeluarkan energi, pada LED energi dikeluarkan dalam bentuk sinar.

Dengan menggunakan elemen seperti gallium, arsenic dan fosfor, pabrik dapat memproduksi LED yang berwarna merah, hijau, kuning, orange, dan inframerah LED

yang menghasilkan Radiasi yang terlihat memancarkan cahaya monokromatis. Cahaya monokromatis merupakan cahaya satu warna dengan satu panjang gelombang.

Resistor rangkaian adalah resistor pembatas arus yang digunakan untuk melindungi arus dari tingkatan maksimum arus yang berlebihan pada dioda. Karena resistor mempunyai titik tegangan V_S dan V_D , tegangan jepit resistor adalah perbedaan dua tegangan. Dengan hukum Ohm arus seri adalah :

$$I_z = \frac{V_S - V_D}{R_S} \dots \dots \dots (6)$$

Untuk LED komersial tersedia tegangan 1,5V-2,5V untuk arus antara 10-50 mA. Ada juga LED dengan pancaran cahaya sangat cerah yang dinamakan *super bright* LED dengan tegangan 4V untuk arus 20 mA.

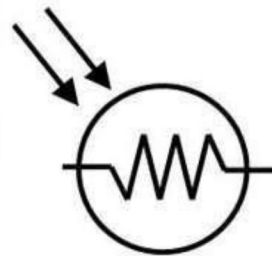


Gambar 6 *Super Brigh Light*

Kecerahan LED tergantung pada arus yang mengalir. Saat V_S lebih besar dari pada V_D pada persamaan 2.4 kecerahan LED adalah konstan. Cara yang paling baik untuk mengontrol kecerahan adalah dengan memberikan arus konstan pada LED. Dengan ini, kecerahannya konstan karena arusnya juga konstan. LED mempunyai tegangan *break down* yang sangat rendah, berkisar antara 3V dan 5V.

2.6.2 Detektor Cahaya (Fotoresistor)

Fotoresistor merupakan piranti semikonduktor yang digunakan untuk mendeteksi cahaya. Fotoresistor bisa juga disebut fotokonduktif atau LDR (*Light Dependent Resistor*). Fotoresistor termasuk jenis resistor variabel karena jumlah tahanannya dapat berubah-ubah, perubahan tahanannya pada fotoresistor di tentukan oleh besarnya cahaya yang mengenai penampang pada fotoresistor. Apabila cahaya yang mengenai penampang fotoresistor itu besar maka nilai tahanan di dalam fotoresistor semakin kecil sebaliknya semakin kecil cahaya mengenai penampang fotoresistor maka nilai tahanan pada fotoresistor akan semakin besar. Saat cahaya menerangi fotoresistor, foton akan menabrak ikatan Cadmium Sulfida dan melepaskan elektron. Semakin besar intensitas cahaya yang datang, semakin banyak elektron yang terlepas dari ikatan. Sehingga hambatan fotoresistor akan turun saat cahaya meneranginya.



Gambar 7 Simbol Fotoresistor

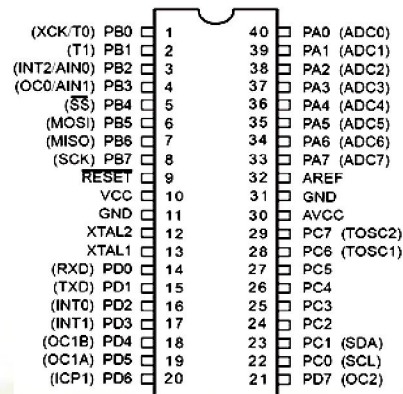
Fotoresistor akan mempunyai hambatan yang sangat besar saat tak ada cahaya yang mengenainya (gelap). Dalam kondisi ini hambatan fotoresistor, mampu mencapai 1 M Ω . Akan tetapi saat terkena sinar, hambatan LDR akan turun secara drastis hingga nilai beberapa puluh ohm saja.^[6]

2.7 Mikrokontroler ATmega 8535

Teknologi elektronika saat ini membutuhkan pengontrol berukuran kecil dan berkecepatan tinggi, yang bisa dipenuhi oleh mikrokontroler. Mikrokontroler ialah sebuah chip yang berisi berbagai unit penting untuk melakukan pemrosesan data (I/O, timer, memory, Arithmetic Logic Unit (ALU) dan lainnya) sehingga dapat berlaku sebagai pengendali dan komputer sederhana. Untuk menentukan mikrokontroler mana yang ingin Anda gunakan, ada baiknya Anda tentukan spesifikasi yang Anda inginkan, lalu pilih mikrokontroler sesuai dengan spesifikasinya. Beberapa faktor penting didalam pertimbangan antara lain:

- a. Harga mikrokontroler.
- b. Ukuran memory mikrokontroler.
- c. Fitur ADC, Timer dan Fasilitas komunikasi 12C.
- d. Fitur utama lainnya seperti sebagai pengontrol utama akuisisi data, penampil LCD dan lainnya.
- e. Kecepatan eksekusi instuksi.
- f. Fasilitas single cycle Hardware Multiplier (untuk aplikasi DSP).
- g. Dukungan software yang dapat digunakan.

Untuk dapat bersaing menghasilkan produk berbasis mikrokontroler, sistem yang Anda bangun juga harus berukuran sekompak mungkin, inovatif, mendukung USB dan mengonsumsi daya yang rendah.



Gambar 8 Mikrokontroler ATmega 8535

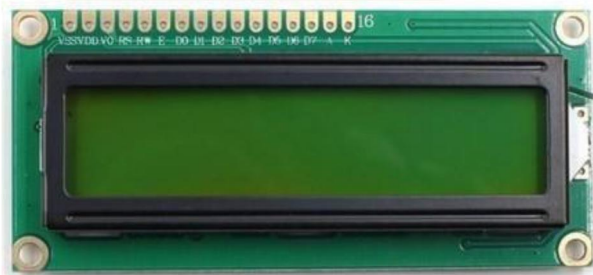
Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 – Bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing). AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya.

2.7.1 Fitur ATmega 8535

- Sistem processor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- Ukuran memory flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, EEPROM sebesar 512 byte.
- ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 channel
- Port komunikasi serial USART dengan kecepatan maksimal 2.5 Mbps.

2.8 Liquid Crystal Display (LCD) 2x16

LCD adalah sebuah display dot matrix yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya). LCD ini hanya memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga sangat rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada display dan CMOS LCD drive sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi display dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh MPU. Ini membuat LCD berguna untuk *range* yang luas dari terminal display unit untuk mikrokomputer dan display *unit measuring gages*.



Gambar 9 LCD

2.8.1 Perangkat penampil (LCD)

Perangkat penampil yang digunakan adalah modul LCD 16x2 (16 kolom, 2 baris) dengan konsumsi daya rendah.

Modul LCD yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Terdapat 16x2 karakteristik huruf yang bisa ditampilkan.
2. Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor.
3. Terdapat 192 macam karakter.
4. Terdapat 80x8 bit display RAM (maksimal 80 karakter)

5. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun 4 bit.
6. Dibangun dengan osilator lokal.
7. Catu sumber tegangan 5 volt.
8. Otomatis *reset* saat tegangan dihidupkan.
9. Bekerja pada suhu 0°C sampai 55°C.

2.9 Resistor

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya. Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam kompon dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti inikel-kromium).

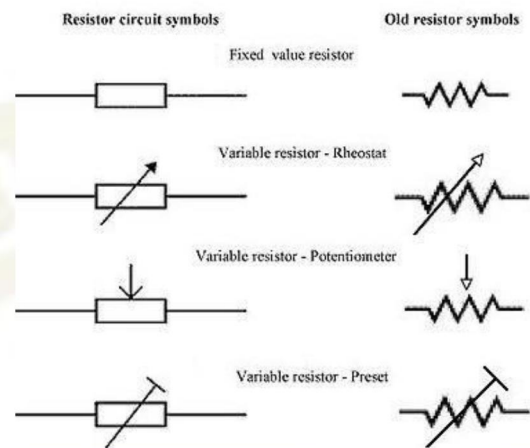
Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat diboroskan. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Untuk daftar kode warna resistor.



Gambar 10 Bentuk Resistor

2.9.1 Simbol Resistor

Berikut adalah simbol resistor dalam bentuk gambar yang sering digunakan dalam suatu desain rangkaian elektronika.



Gambar 11 Simbol Resistor

Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf “R”. Kemudian pada desain skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf “R”, resistor variabel disimbolkan dengan huruf “VR” dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf “VR” dan “POT”.

2.9.2 Kapasitas Daya Resistor

Kapasitas daya pada resistor merupakan nilai daya maksimum yang mampu dilewatkan oleh resistor tersebut. Nilai kapasitas daya resistor ini dapat dikenali dari ukuran fisik resistor dan tulisan kapasitas daya dalam satuan Watt untuk resistor dengan kemasan fisik besar. Menentukan kapasitas daya resistor ini penting dilakukan untuk menghindari resistor rusak karena terjadi kelebihan daya yang mengalir

sehingga resistor terbakar dan sebagai bentuk efisiensi biaya dan tempat dalam pembuatan rangkaian elektronika.

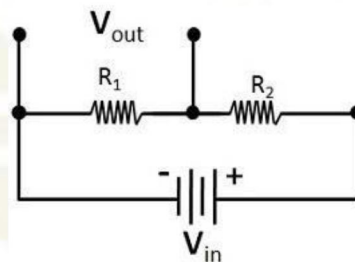
Tabel 1 Warna Resistor

Warna	Nilai	Factor pengali	Toleransi
Hitam	0	1	-
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	-
Kuning	4	10.000	-
Hijau	5	100.000	0.5%
Biru	6	10^6	0.25%
Ungu	7	10^7	0.1%
Abu-abu	8	10^8	0.01%
Putih	9	10^9	-
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	00.1	10%
Tanpa warna	-	-	20%

Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf. Sebagai contoh resistor dengan toleransi 5% maka dituliskan dengan kode warna pada cincin ke 4 warna emas atau dengan kode huruf J pada resistor dengan fisik kemasan besar. Resistor yang banyak dijual dipasaran pada umumnya resistor 5% dan resistor 1%.

2.9.3 Resistor Sebagai Pembagi Tegangan

Voltage Divider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan ini di Rangkaian Elektronika adalah untuk membagi Tegangan Input menjadi satu atau beberapa Tegangan Output yang diperlukan oleh Komponen lainnya didalam Rangkaian. Hanya dengan menggunakan dua buah Resistor atau lebih dan Tegangan Input, kita telah mampu membuat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang sederhana.



Gambar 12 Rangkaian Pembagi Tegangan

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_{total}} \cdot V_{in} \dots\dots\dots(7)$$

2.10 Kapasitor

Kapasitor (Capasitor) atau disebut juga dengan Kondensator (Condensator) adalah Komponen Ekektronika Pasif yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu sementara dengan satuan kapasitannya adalah Farad. Satuan Kapastior tersebut diambil dari nama penemunya yaitu Michael Farady (1791 ~ 1867) yang berasal dari Inggris. Namun Farad adalah satuan yang sangat besar, oleh karena itu pada umumnya

Kapasitor yang digunakan dalam peralatan Elektronika adalah satuan Farad yang dikecilkan menjadi pikoFarad, NanoFarad dan MicroFarad.

Konversi Satuan Farad adalah sebagai berikut :

1 Farad = 1.000.000 μ F (mikro Farad) 1μ F = 1.000nF (nano Farad) 1μ F = 1.000.000pF (piko Farad) $1n$ F = 1.000pF (piko Farad).

2.10.1 Fungsi Kapasitor

Berfungsi untuk menyimpan muatan listrik/elektron yang disebut dengan kapasitansi. Beberapa ilmuwan menyatakan bahwa jika sebuah kapasitor yang diberi tegangan 1 volt dapat memuat elektron sebanyak 1 coloumb maka dikatakan bahwa kapasitor tersebut memiliki kapasitansi 1 farad. Berikut secara metmatis, jika dinyatakan secara rumus :

2.10.2 Rumus Kapasitor

$$C = Q/V$$

C= Nilai kapasitansi, dalam F (Fared)

Q= Muatan elektron, dalam C (Coloumb)






V= Besar Tegangan, dalam V (Vlot)

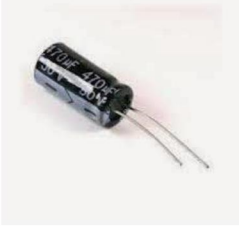



Dalam perhitungannya, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas derah pelat metal(A), jarak antara kedua pelat metal (t), serta konstanta beahan elektrik (K). Secara matematis, dapat dituliskan seperti berikut :

$$C = (8,85 \times 10^{-12})(KA/t) \dots \dots \dots (8)$$

2.10.3 Jenis-jenis Kapasitor

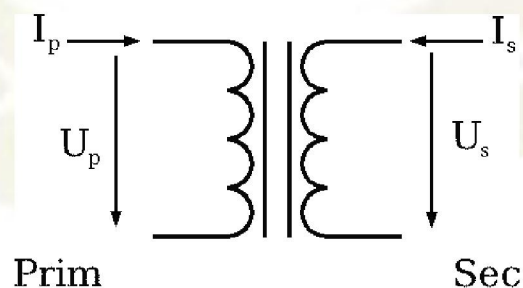
Tabel 2 Jenis-jenis kapasitor

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Keramik		
Kapasitor Polyester		
Kapasitor Kertas		
Kapasitor Mika		

Kapasitor Elektrolit		
Kapasitor Tantalum		

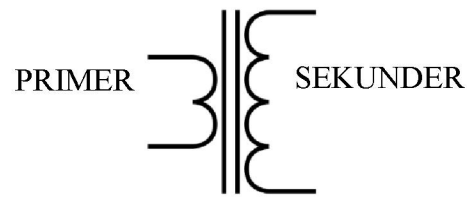
2.11 Transformator

Transformator atau trafo adalah kompon enelektronika yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. *Transformator* bekerja berdasarkan prinsip induksi elektro magnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan Gaya Gerak Listrik(GGL) dalam lilitan sekunder. Jika efesiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan kelilitan sekunder berikut adalah jenis-jenis dari *transformator*:



Gambar 13 Simbol Trafo

2.11.1 Transformator Step-Up



Gambar 14 Trafo Step Up

Transformator step-up adalah *transformator* yang memiliki lilitan primer lebih sedikit dari lilitan sekunder. Jumlah lilitan tersebut mempengaruhi dari tegangan keluarannya, sehingga tegangan keluaran akan lebih besar dari tegangan masukannya. *Transformator* jenis ini digunakan untuk menaikkan tegangan. Aplikasi dari *transformator* jenis ini biasa kita lihat pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.

2.11.2 Transformator Step-Down



Gambar 15 Trafo Step Down

Transformator step-down adalah *transformator* yang memiliki lilitan primer lebih banyak dari lilitan sekunder, sama seperti trafo sebelumnya, jumlah lilitan ini mempengaruhi dari tegangan keluarannya, sehingga tegangan keluaran akan dikecilkan. Aplikasi dari trafo jenis ini sering kita lihat pada adaptor dan power supply.

2.11.3 Auto Transformator



Gambar 16 Auto Transformator

Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam trafo ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Fasa arus dalam lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer, sehingga tarf daya yang sama lilitan sekunder bisa dibuat dengan kawat yang lebih tipis dibandingkan dengan trafo biasa. Keuntungan dari auto transformator adalah ukuran fisiknya sangat kecil dan kerugian yang lebih rendah daripada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara primer dengan lilitan sekunder.

2.12 Dioda

Dioda merupakan komponen yang memberikan resistansi yang sangat rendah terhadap aliran arus, pada arah yang berlawanan. Karakteristik ini memungkinkan dioda untuk digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang menuntut rangkaian untuk memberikan tanggapan yang berbeda sesuai dengan arah arus yang mengalir di dalamnya.



Gambar 17 Dioda

2.12.1 Prinsip Kerja Dioda

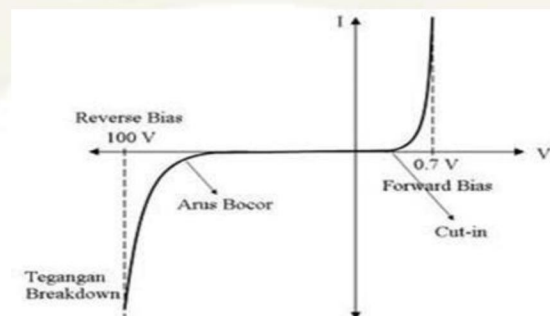
Suatu alat diberi bias mundur (reverse bias) atau bias maju (forward Bias) untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Bias mundur adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda $V_{A-K} < 0$). Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K), maka dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias).

2.12.2 Karakteristik Dioda

Hubungan antara besarnya arus yang mengalir dioda dengan V_{A-K} dapat dilihat pada kurva karakteristik dioda. Gambar tersebut menunjukkan dua macam kurva, yakni dioda germanium (Ge) dan dioda silikon (Si). Pada saat dioda diberi bias maju, yakni V_{A-K} positif, maka arus I_D akan naik dengan cepat setelah V_{A-K} mencapai tegangan cut-in (V_g). Tegangan cut-in (V_g) ini kira-kira sebesar 0,2 Volt untuk dioda germanium dan 0,6 Volt untuk dioda silikon. Dengan pemberian tegangan baterai sebesar ini, maka potensial penghalang (barrier potensial) pada persambungan akan teratasi, sehingga arus dioda mulai mengalir dengan cepat.

Bagian kiri bawah dari grafik karakteristik dioda di atas merupakan kurva karakteristik dioda saat mendapatkan bias mundur. Di sini juga terdapat dua kurva, yaitu untuk dioda germanium dan silikon. Besarnya arus jenuh mundur (reverse saturation current) I_s untuk dioda germanium adalah dalam orde mikroamper dalam contoh ini adalah 1 mA. Sedangkan untuk dioda silikon I_s adalah dalam orde nano amper dalam hal ini adalah 10 nA.

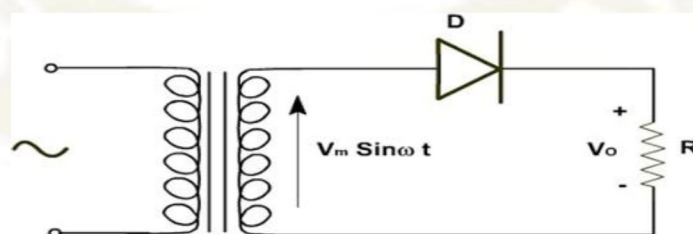
Apabila tegangan VA-K yang berpolaritas negatif tersebut dinaikkan terus, maka suatu saat akan mencapai tegangan patah (break-down) dimana arus Is akan naik dengan tiba-tiba. Pada saat mencapai tegangan break-down ini, pembawa minoritas dipercepat hingga mencapai kecepatan yang cukup tinggi untuk mengeluarkan elektron valensi dari atom. Kemudian elektron ini juga dipercepat untuk membebaskan yang lainnya sehingga arusnya semakin besar. Pada dioda biasa pencapaian tegangan break-down ini selalu dihindari karena dioda bisa rusak.



Gambar 18 Kurva Karakteristik Dioda

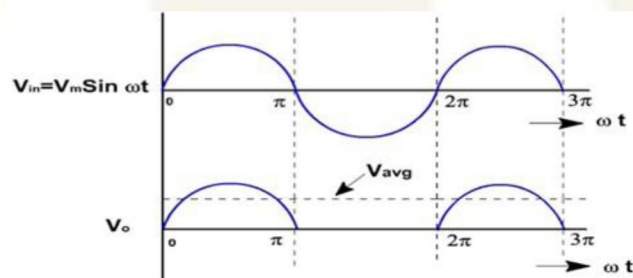
Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

1. Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave Receiver*)



Gambar 19 Penyearah Satu Dioda

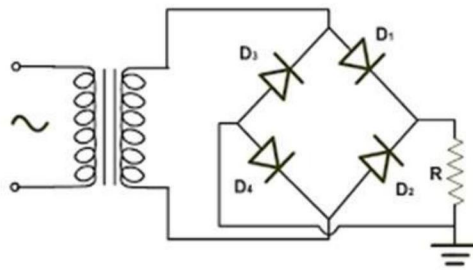
Penyearah setengah gelombang (half wave rectifier) hanya menggunakan 1 buah diode sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal output penyearah setengah gelombang berikut:



Gambar 20 Bentuk Sinyal Setengah Gelombang

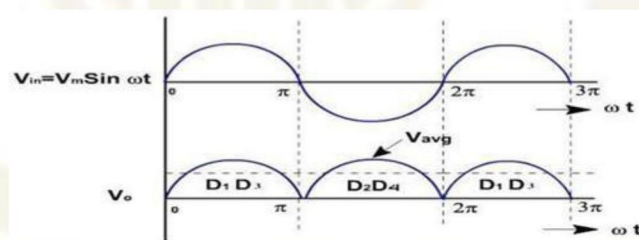
2. Penyearah Gelombang Penuh (Full Wave Receiver)

Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 diode dan 2 diode. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 diode menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 21 Penyearah 4 Dioda

Prinsip kerja dari gelombang penuh dengan 4 diode diatas dimulai pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1,D4 pada posisi forward bias dan D2,D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif D2,D4 pada posisi forward bias dan D1,D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2,D4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik outputnya berikut.



Gambar 22 Bentuk Sinyal Gelombang Penuh

2.13 IC Regulator

Voltage Regulator dan Pengatur Tegangan adalah salah satu rangkaian yang sering dipakai dalam peralatan Elektronika. Fungsi Voltage Regulator adalah untuk mempertahankan atau memastikan Tegangan pada level tertentu secara otomatis.

Artinya, Tegangan Output (Keluaran) DC pada Voltage Regulator tidak dipengaruhi oleh perubahan Tegangan Input (Masukan), Beban pada Output dan juga Suhu. Tegangan Stabil yang bebas dari segala gangguan seperti noise ataupun fluktuasi (naik turun) sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan Elektronika terutama pada peralatan elektronika yang sifatnya digital seperti Mikro Controller ataupun Mikro Prosesor.

IC Regulator memiliki jenis dan kegunaan masing-masing, IC Regulator 78xx untuk tegangan plus sementara IC regulator 79xx untuk tegangan minus. IC Regulator biasa disebut juga sebagai IC penstabil tegangan dan IC pembatas tegangan yang mana tegangan yang keluar adalah sesuai dengan nilai atau ukuran yang ada pada IC Regulator tersebut. Seri IC Regulator bermacam-macam ada IC Regulator untuk tegangan plus dan ada IC Regulator untuk tegangan minus, seri IC Regulator plus adalah IC 7805, IC 7808, IC 7812, IC 7824, sementara untuk IC regulator minus adalah IC 7905, IC 7908, IC 7912, IC 7924.

2.14 Transistor

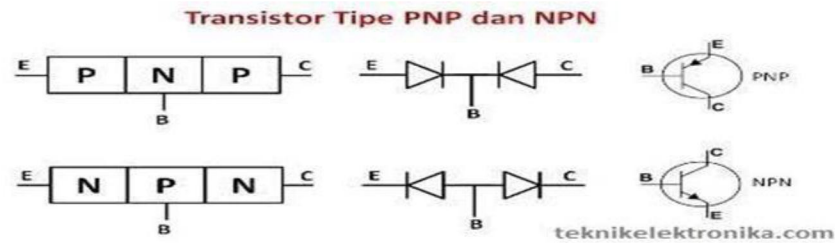
Transistor adalah suatu komponen aktif elektronik yang terbuat dari tiga lapisan bahan semikonduktor jenis P dan N. Umumnya bahan yang digunakan untuk membuat elemen tersebut adalah Silieon dan Germanium. Adapun dua jenis transistor yaitu jenis NPN dan jenis PNP yang masing-masing mempunyai terminal emitor, basis

dan kolektor. Emitor berfungsi sebagai penghasil electron dan terminal kolektor berfungsi sebagai pengumpul electron sedangkan terminal basis berfungsi untuk mengendalikan electron yang mengalir dari kedua sisi tersebut. Jadi arus listrik yang mengalir dari kolektor ke emitor dikendalikan oleh basis. Secara umum, transistor dapat dibagi menjadi 2 kelompok jenis yaitu Transistor Biopolar (BJT) dan Field Effect Transistor (FET).

Fungsi-fungsi Transistor diantaranya adalah:

1. Sebagai penyearah,
2. Sebagai penguat tegangan dan daya,
3. Sebagai stabilisasi tegangan,
4. Sebagai osilator,
5. Sebagai switch (pemutus dan penyambung sirkuit),
6. Sebagai mixer

Pada dasarnya, Transistor adalah komponen elektronik yang terdiri dari 3 lapisan semikonduktor dan memiliki 3 Terminal (kaki) yaitu Terminal Emitor yang disingkat dengan huruf "E", Terminal Base (Basis) yang disingkat huruf "B" serta Terminal Collector/Kolektor yang disingkat huruf "C". Berdasarkan strukturnya, Transistor merupakan gabungan dari sambungan 2 dioda. Dari gabungan tersebut, Transistor kemudian dibagi menjadi 2 tipe yaitu Transistor tipe NPN dan Transistor tipe PNP yang disebut juga dengan transistor biopolar. Dikatakan Biopolar karena memiliki 2 polaritas dalam membawa arus listrik. NPN merupakan singkatan dari Negatif-Positif-Negatif sedangkan PNP adalah singkatan dari Positif-Negatif-Positif.



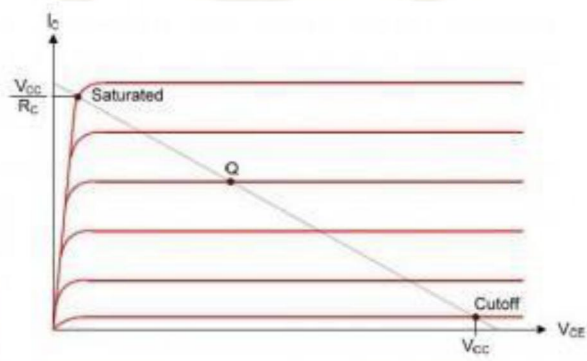
Gambar 23 Tipe Transistor PNP dan NPN

Untuk mengoperasikan transistor harus diketahui dulu daerah kerjanya. Ada tiga daerah transistor yaitu:

1. Daerah sumbat (cutoff)

Daerah sumbat merupakan daerah kerja transistor saat mendapat bias arus basis ($I_b \leq 0$). Pada saat daerah ini terjadi bocor dari basis ke emitor (I_{BEO}). Hal yang sama dapat terjadi pada hubungan kolektor-basis. Jika arus emitor sangat kecil ($I_e = 0$), emitor dalam keadaan terbuka dan arus mengalir dari kolektor ke basis (I_{CBO}).

2. Daerah aktif

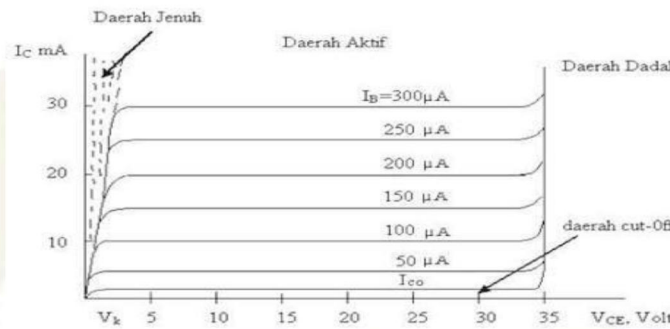


Gambar 24 Grafik Titik Cut-Off Garis Beban Transistor

Daerah aktif terletak antara daerah jenuh dan daerah sumbat. Agar transistor bekerja pada daerah aktif maka transistor harus mendapatkan arus basis lebih besar dari 0 ($I_b > 0$), dalam keadaan ini keluaran arus kolektor akan berubah sesuai dengan pemberian arus basisnya.

3. Daerah jenuh (saturasi)

Transistor akan bekerja pada daerah jenuh ketika basis terlalu kecil, maka arus kolektor meningkat sampai nilai maksimum, dan tegangan kolektor-emitor turun mendekati nol.



Gambar 25 Grafik Karakteristik Transistor

Transistor sebagai saklar

Salah satu aplikasi transistor yaitu difungsikan sebagai saklar, yang berguna dalam rangkaian-rangkaian digital. Agar berfungsi sebagai saklar, transistor dirancang untuk beroperasi di daerah jenuh dan cut off. Pada saat saturasi (jenuh) maka transistor (kolektor-emitor) seperti saklar tertutup, dan pada saat cut off transistor seperti saklar terbuka.

a) Kondisi jenuh (saturasi)

Transistor dalam kondisi tersumbat (cut off) bilamana tegangan Masukan lebih besar atau sama dengan V_{BE} (0,7 V) dan mencapai nilai titik tertentu. Basis transistor akan terdapat arus dan menyebabkan mengalirnya arus kolektor. Saat transistor saturasi tegangan antara kolektor emitor mendekati nol.

Besarnya arus kolektor transistor pada saat saturasi

$$I_c = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{R_c}$$

Dimana:

I_c = arus kolektor

V_{cc} = tegangan sumber

V_{ce} = tegangan kolektor emitor

R_c = beban kolektor

Karena tegangan kolektor emitor mendekati nol (dianggap 0 V) maka:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c}$$

b) Kondisi tersumbat (cut off)

Transistor dalam kondisi tersumbat (cut off) bilamana tegangan masukan dari 0,7 atau bernilai mendekati 0 V, maka basis tidak cukup mendapat picu, sehingga mengakibatkan tidak ada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor. Dalam keadaan ini transistor berfungsi sebagai penghambat yang memiliki hambatan lebih besar dan transistor sebagai saklar terbuka.

Bila basis transistor dalam keadaan tersumbat (cut off), maka arus basis sama dengan nol dan arus kolektor sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Karena $V_{BE}=0$, maka pada keadaan ini transistor kehilangan kerja normalnya tegangan kolektor emitor dapat dituliskan sebagai berikut:

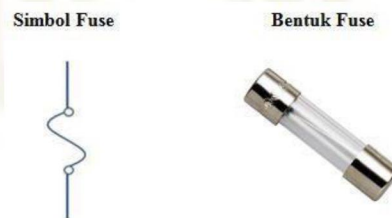
$$V_{ce} = V_{cc}$$

2.15 Fuse

Fuse (Sekering) adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika maupun perangkat listrik. Fuse (Sekering) pada dasarnya

terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh Arus Listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (short circuit) dalam sebuah peralatan listrik / Elektronika. Dengan putusnya Fuse (sekering) tersebut, Arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam Rangkaian Elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian Elektronika yang bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik dan peralatan Elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan, Fuse atau sekering juga sering disebut sebagai Pengaman Listrik.

Fuse (Sekering) terdiri dari 2 Terminal dan biasanya dipasang secara Seri dengan Rangkaian Elektronika / Listrik yang akan dilindunginya sehingga apabila Fuse (Sekering) tersebut terputus maka akan terjadi “Open Circuit” yang memutuskan hubungan aliran listrik agar arus listrik tidak dapat mengalir masuk ke dalam Rangkaian yang dilindunginya.



Gambar 26 Simbol dan Bentuk Fuse

2.16 Baterai

Baterai ion litium (biasa disebut Baterai Li-ion atau LIB) adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang. Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang. Baterai ion

litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik. Karakteristik kimiawi, kinerja, biaya, dan keselamatan jenis-jenis LIB cenderung bervariasi. Barang elektronik genggam biasanya memakai LIB berbasis litium kobalt oksida (LCO) yang memiliki kepadatan energi tinggi, namun juga memiliki bahaya keselamatan yang cukup terkenal, terutama ketika rusak. Litium besi fosfat (LFP), litium mangan oksida (LMO), dan litium nikel mangan kobalt oksida (NMC) memiliki kepadatan energi yang lebih rendah, tetapi hidup lebih lama dan keselamatannya lebih kuat. Bahan kimia ini banyak dipakai oleh peralatan listrik, perlengkapan medis, dan lain-lain. NMC adalah pesaing utama di industri otomotif. Litium nikel kobalt alumunium oksida (NCA) dan litium titanat (LTO) adalah desain khusus yang ditunjukkan pada kegunaan-kegunaan tertentu.



Gambar 27 Bentuk Baterai

2.17 ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC (*Analog To Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog To Digital Conversion*) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

2.17.1 Converter

Alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital(A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

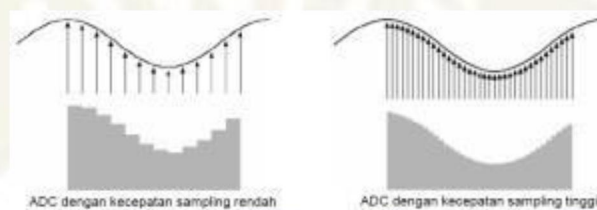
2.17.2 ADC (*Analog to Digital Conversion*)

Analog To Digital Converter(ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC analog memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

1. Kecepatan sampling

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second*(SPS).



Gambar 28 Ilustrasi Kecepatan Sampling

2. Resolusi

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^8 - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

2.17.3 Prinsip Kerja ADC

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala

maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

$$\text{signal} = (\text{sample}/\text{max_value}) * \text{reference_voltage}$$

$$= (153/255) * 5$$

$$= 3 \text{ Volts}$$



BAB III

PERENCANAAN ALAT

Sebelum pembuatan modul serta karya tulis, penulis terlebih dahulu melakukan perencanaan terhadap modul yang akan penulis buat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penulis saat pembuatan modul serta karya tulis nantinya dan juga hasil yang dicapai sesuai dengan yang penulis harapkan.

Adapun tahapan-tahapan yang penulis lakukan selama tahapan perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Merancang blok diagram dari modul yang akan penulis buat secara keseluruhan berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
2. Menentukan komponen utama dan komponen pendukung yang diperlukan dalam pembuatan modul supaya modul dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
3. Merancang gambar rangkaian.
4. Pembuatan modul sesuai dengan gambar yang telah penulis buat.
5. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang dibuat.
6. Menentukan titik-titik pengeluaran (test point) untuk pendataan dan analisa rangkaian.
7. Pembuatan casing dengan gambar yang telah penulis buat.

3.1 Spesifikasi Alat

Nama Alat : Glukosa Test Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535

Fotoresistor merupakan piranti semikonduktor yang digunakan untuk mendeteksi cahaya.

5. ADC

Analog to digital converter (ADC) adalah rangkaian yang dapat merubah besaran analog menjadi bentuk digital.

6. Mikrokontroler

Berfungsi sebagai pengendali sistem dari semua proses kerja alat yang mengeluarkan perintah kendali control pada rangkaian sesuai dengan software yang dibuat.

7. LCD

Berfungsi untuk menampilkan nilai pengukuran kadar gula darah.

3.3 Cara Kerja Blok Diagram

Alat pengukur kadar gula darah ini bekerja pada saat mendapat tegangan 220 Volt sehingga mensupply tegangan menuju power supply, rangkaian power supply akan memberi supply tegangan ke baterai dan baterai akan mensupply tegangan kepada masing-masing rangkaian agar rangkaian dapat bekerja. Sumber cahaya monokromatis di arahkan menyinari blood Strip yang berisi sampel darah. Pada proses ini terjadi pengurangan intensitas cahaya karena sebagian besar cahaya diserap oleh blood strip yang berisi sampel darah dan sebagiannya lagi dilewatkan. Besarnya cahaya yang dilewatkan oleh blood strip yang berisi sampel darah dideteksi dan diukur intensitas cahayanya menggunakan fotoresistor. Kemudian tegangan yang masih berupa sinyal analog di ubah ke dalam bentuk sinyal digital. Akhirnya sinyal digital

yang telah dirubah dari bentuk analog diproses dan dihitung oleh mikrokontroler dan akan ditampilkan di LCD.

3.4 Perencanaan Komponen Dan Rangkaian

Setelah blok diagram dibuat berdasarkan teori-teori yang ada, langkah selanjutnya adalah menentukan komponen-komponen elektronika yang diperlukan. Pemilihan ini harus sesuai dengan fungsi dan karakteristiknya komponen serta tujuan pemanfaatan komponen itu sendiri.

Daftar komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan modul dapat dilihat di tabel sebagai berikut :

Tabel 3 Daftar Komponen Rangkaian Charger

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Trafo	1A	1
2	Fuse	1A	1
3	Switch		1
4	Capasitor	1000 uf/ 25V	1
5	Resistor	1 Ω	1
		1K Ω	3
		470 Ω	1
		10K Ω	3

		RV 5K Ω	1
6	IC	LM317	1
7	Dioda	1N4007	5
		LED	2
8	Baterai	4,2 V	2
9	Transistor	C 945	1

Tabel 4 Rangkaian Sensor

No.	Nama komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Trimpot	10 K Ω	1
2	Resistor	470 Ω	1
3	LED		1
4	LDR		1
5	IC	7805	1

Tabel 5 Komponen Mikrokontroler ATmega 8535

No.	Nama komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Capasitor	1000 μ F	5

2	Resistor	33K	1
3	Dioda	1N4007	1
4	IC	7805	1
5	Crystal		1

Tabel 6 Komponen Rangkaian LCD

No.	Nama komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	LCD	16 x 2	1
2	Dioda		1
3	Trimpot	10 K	1

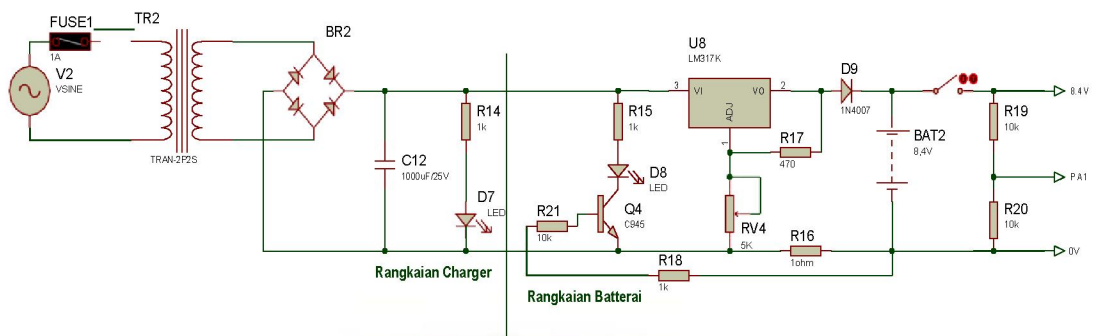
Tabel 7 Komponen Rangkaian Buzzer

No	Nama komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Buzzer	Kecil	1
2	Transistor NPN	C945	1
3	Resistor	10K Ω	1

3.5 Rangkaian Charger dan Baterai

Pada rangkaian catu daya ini menggunakan baterai sebagai sumber penyimpanan catu daya tegangan, jika baterai tersebut habis maka akan di charge menggunakan rangkaian power supply yang berfungsi sebagai pengisi daya baterai jika sudah habis. Pada rangkaian power supply tegangan 220V AC akan melewati fuse sebagai pengaman rangkaian ketika ada arus berlebih. Transformator yang digunakan adalah jenis step down 12V. tegangan output penyearah diode akan masuk ke kapasitor untuk difilter, terdapat resistor, transistor dan LED pada rangkaian power supply yang berfungsi sebagai indicator arus pengisian baterai.

Rangkaian charger ini berfungsi untuk mengisi baterai secara otomatis. Rangkaian ini mendapat input 12V dari catu daya. Untuk mengatur tegangan yang keluar digunakan IC regulator LM317 yang outputnya diatur oleh tegangan yang keluar sebesar 8,4V. rangkaian charger ini juga terdapat LED hijau yang berfungsi sebagai indicator baterai apabila dalam keadaan sedang mengisi dan akan mati jika sudah terisi penuh. Fungsi transistor pada charger sebagai saklar untuk mengaktifkan LED. Transistor akan menyala berdasarkan arus yang mengalir dari rangkaian regulator ke baterai melewati resistor $1K\Omega$. Saat ada arus yang besar maka LED merah akan menyala terang karena tegangan masuk ke basis, saat arusnya turun tegangan pada baterai akan penuh dan tegangan di basis juga akan turun sehingga LED merah menjadi redup dan mati.



Gambar 30 Power Supply

Dimana rumus V_{Out} nya adalah

$$V_{out} = V_{ref}(1 + R2/R1)$$

$$V_{out} = V_{Ref}(1 + R2/R1)$$

$$R2 = R1 \times (V_{out}/1.25) - 1$$

$$V_{out} = 1.25(1 + 2.951/470)$$

$$R2 = 470 \times (9.1/1.25) - 1$$

$$V_{out} = 9.1 \text{ V}$$

$$R2 = 470 \times 6.28 = 2.951\Omega$$

gradien baterai dan offsett baterai dirumuskan sebagai berikut:

$$(x_1, y_1)(x_2, y_2)$$

$$(720, 0)(838, 100)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x - x_2}$$

$$\frac{y - 0}{100 - 0} = \frac{x - 720}{838 - 720}$$

$$\frac{y}{100} = \frac{x - 720}{118}$$

$$y = \frac{100}{118}(x - 720)$$

$$y = 0,847$$

$$x = 610,164$$

Mencari nilai ADC level baterai:

Baterai 98%

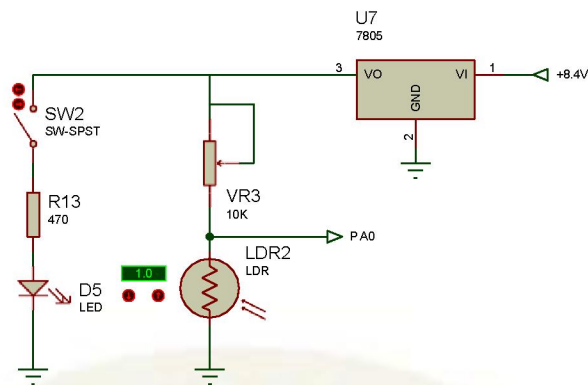
$$\frac{98 + 610,164}{0,84745} = 835,641$$

$$V_{in} = \frac{ADC}{Bit} \times V_{ref}$$

$$V_{in} = \frac{835,641}{1023} \times 5V = 4,1V$$

3.6 Rangkaian Tranducer

Rangkaian ini sebagai pendeteksi cahaya monokromatis dari LED digunakan fotoresistor, karena fotoresistor memiliki sensitifitas cahaya cukup baik pada sumber cahaya yang relative kecil. Di rangkaian ini terdapat switch untuk menghidupkan LED. Fotoresistor akan menghasilkan tegangan yang sebanding dengan besarnya perubahan intensitas cahaya. Nilai hambatan Fotoresistor akan menurun pada saat cahaya terang dan nilai hambatannya akan menjadi tinggi jika pada kondisi gelap, naik turunnya nilai hambatan akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diterimanya.



Gambar 31 Rangkaian Transducer

Dimana rumus pembagi tegangan adalah :

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} \times V_{in}$$

$$R_1 = VR$$

$$R_2 = LDR$$

$$V_{in} = 5V$$

Mencari nilai ADC minimal:

$$= \frac{5.78}{11.91 + 5.78}$$

$$= \frac{5.78}{17.69} \times 5$$

$$= 1.63 V$$

Mencari nilai ADC maximal:

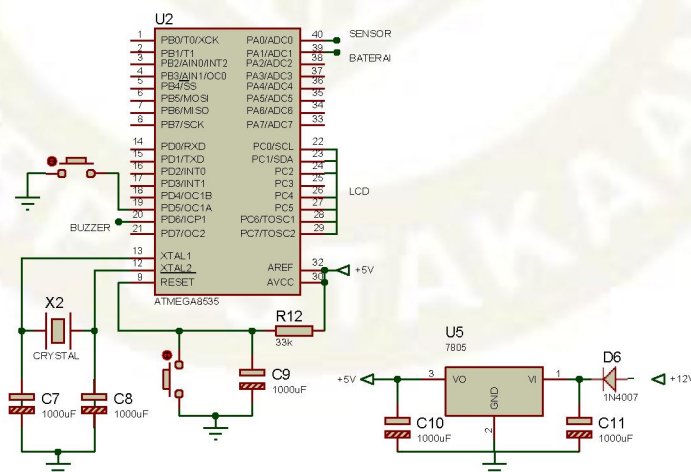
$$= \frac{5.78}{159.0 + 5.78}$$

$$= \frac{5.78}{164.79} \times 5$$

$$= 0.17 V$$

3.7 Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535

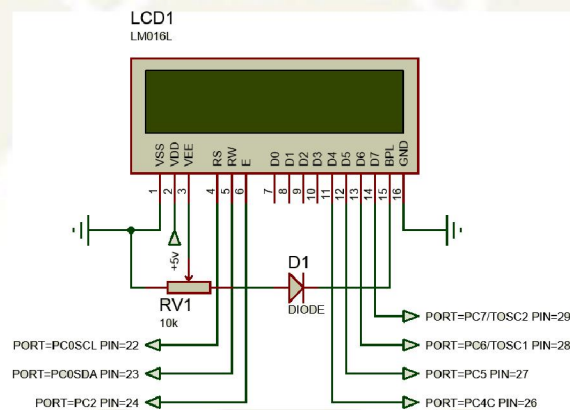
Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535 merupakan sebuah modul ISP (In System Programming) dan dihubungkan langsung dengan kabel paralel. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535 berfungsi sebagai penerima data masukan dari rangkaian komparator dan melakukan perhitungan jumlah pulsa atau detak dalam satu menit dan menampilkan data tersebut di LCD. Rangkaian ini terdiri dari osilator crystal 11.0592 mHz sebagai sumber probe mikrokontroler dengan dua buah kapasitor frekuensi tinggi serta rangkaian reset yang terdiri dari push botton, resistor *pull up* untuk menjaga tegangan reset stabil di 5 V dan kapasitor untuk mencegah loncatan. Ketika push botton di tekan rangkaian reset ini menggunakan mode aktif low yaitu menggunakan logika nol untuk mereset program mikrokontroler. Baterai akan mensupply mikrokontroler, ketika push botton pada port D pin 5 ketika di tekan maka akan memberi perintah ke sensor pada port A pin 0 untuk bekerja dan selanjutnya LCD pada port C kecuali pin 5 akan menampilkan hasil ukur. Buzzer pada port D pin 6 akan berbunyi jika pengukuran selesai.



Gambar 32 Mikrokontroler ATmega 8535

3.8 Rangkaian LCD

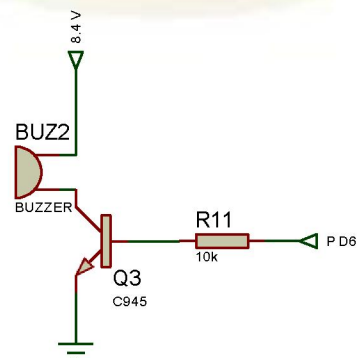
Tampilan yang digunakan adalah LCD 16x2, dimana LCD ini mempunyai 16 kolom dan 2 baris. LCD berfungsi untuk menampilkan data yang telah diolah yaitu berupa hasil pengukuran gula darah. Gambar di bawah memperlihatkan gambar antarmuka LCD dengan mikrokontroler.



Gambar 33 LCD 2x16

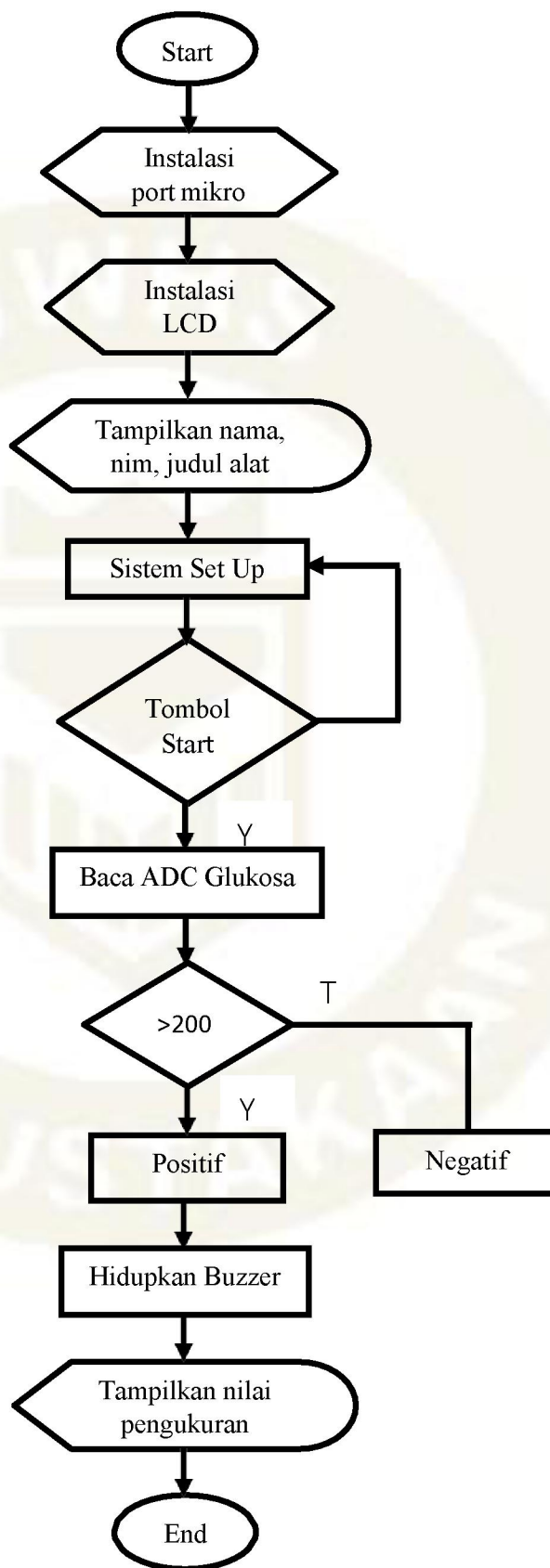
3.9 Rangkaian Buzzer

Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan alarm saat pengukurannya sudah selesai. Rangkaian buzzer bekerja jika mendapat logic high dari mikrokontroler sebesar 5 Volt DC dan resistor akan masuk ke kaki basis transistor sehingga menyebabkan saklar tertutup dan kolektor dapat bekerja untuk menghidupkan buzzer.



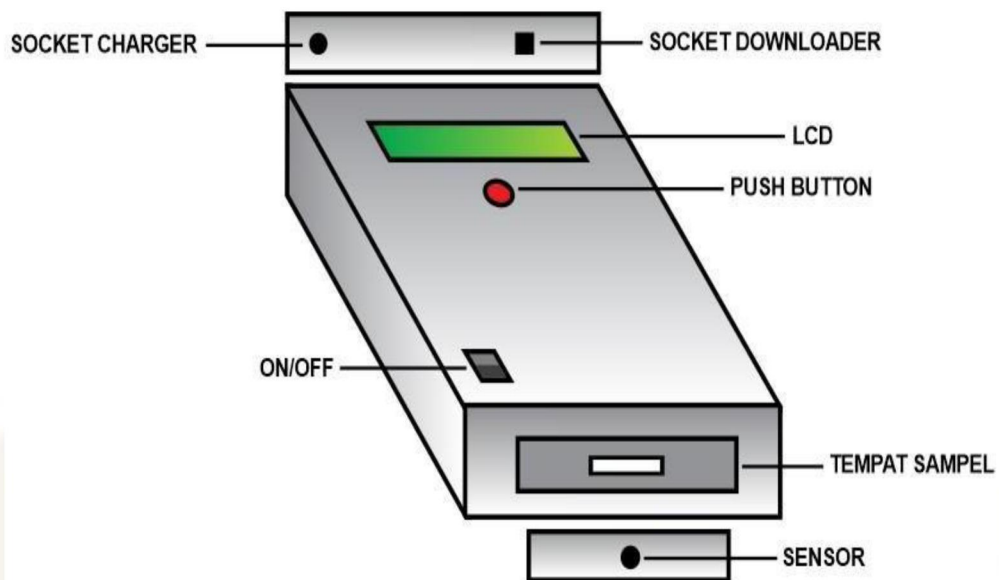
Gambar 34 Rangkaian Buzzer

3.10 Flowchart



Gambar 35 Flowchart

3.11 Perencanaan Desain



Gambar 36 Desain Alat

BAB IV

PENDATAAN DAN PENGUKURAN

4.1 Spesifikasi dan Modul

Pendataan adalah suatu proses pengukuran dan pengumpulan hasil dari proses pengukuran pada titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan kebutuhan dari pembuat alat. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara hasil ukur menurut teori terhadap hasil pengukuran langsung terhadap titik-titik pengukuran (praktek).

Data yang diambil dari semua titik pengukuran adalah pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan Antara titik pengukuran terhadap ground. Hasil-hasil pengukuran disajikan secara sistem tabel untuk mempermudah dalam menganalisa data.

4.2 Persiapan Hasil

Untuk mendapatkan data yang diinginkan, maka penulis menggunakan beberapa peralatan dan perlengkapan sebagai berikut :

- a. Seperangkat multimeter dengan data sebagai berikut :

Merk : Sanwa

Model : CD800a

Buatan : China

- b. Seperangkat alat cek gula darah dengan data sebagai berikut :

Merk : Easy Touch GCU

Buatan : Taiwan

4.3 Metode Pengukuran

Metode yang digunakan yaitu metode pengukuran dengan menggunakan multimeter digital pada setiap titik pengukuran terhadap ground. Titik pengukuran tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk memudahkan data, menganalisa data. Titik-titik pengukuran yang penulis dapatkan sebagai berikut :

1. Titik pengukuran pertama

Yaitu pengukuran pada *output IC Regulator LM317*

2. Titik pengukuran kedua

Yaitu pengukuran pada *output baterai*

3. Titik pengukuran ketiga

Yaitu pengukuran pada *output LDR* ketika ada sampel negatif dan positif

4. Titik pengukuran keempat

Yaitu pengukuran pada *input buzzer*

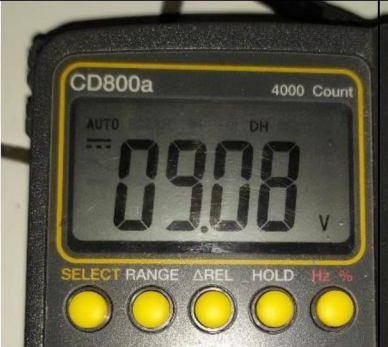
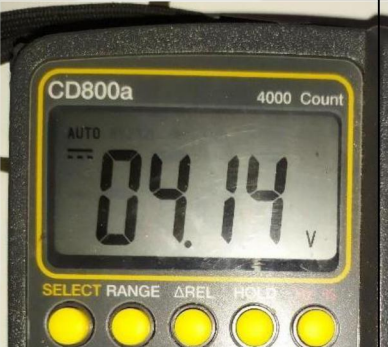

4.4 Hasil Pengukuran



Sebelum dilakukan pengukuran, terlebih dahulu diadakan persiapan bahan yang akan digunakan, serta melakukan pengkalibrasian alat ukur sesuai dengan ukuran yang akan dibutuhkan pada modul rangkaian. Pengukuran ini dilakukan pada titik pengukuran yang telah ditentukan dan dilakukan perbandingan dengan alat asli.

Adapun hasil pengukuran ini, digunakan alat ukur multimeter jenis digital, pada masing-masing titik pengukuran yang telah ditentukan dan perbandingan dengan alat resmi sebagai berikut ini :

a. Pengukuran dengan multimeter digital

Tabel 8 Hasil Titik Pengukuran





No	Titik Pengukuran	Tempat Pengukuran	Gambar	
1	TP 1	pengukuran pada output ic regulator LM317		9.08V
2	TP 2	pengukuran pada baterai pada saat kondisi 98%		4.14V
3	TP 3	a. pengukuran pada output pembagi tegangan LDRada sampel negatif.		0.784V

		b. pengukuran pada output pembagi tegangan LDR ada sampel positif.		2.114V
4	TP 4	pengukuran pada buzzer		4.10V

b. Perbandingan dengan alat cek gula darah

Tabel 9 Hasil Perbandingan Alat GDS

Gambar Alat	Hasil Ukur Alat Resmi	Hasil Ukur Alat TA	Keterangan

	78 mg/dl	Hypoglycemia	Pengukuran percobaan 1 pada alat TA dan alat GDS set dengan gula darah hypoglycemia
	89 mg/dl	Normal	Pengukuran percobaan 2 pada alat TA dan alat GDS set dengan gula darah normal
	115 mg/dl	Excellent	Pengukuran percobaan 3 pada alat TA dan alat GDS set dengan gula darah excellent
	293 mg/dl	Diabetes Lv2	Pengukuran percobaan 4 pada alat TA dan alat GDS set dengan gula darah diabetes lv2

c. Output ADC dari uji coba alat

Tabel 10 Nilai ADC


Diagnosa	Mg/dl	ADC
----------	-------	-----

Hypoglycemia	78 mg/dl	135
Normal	88 mg/dl	143
Exellent	115 mg/dl	158
Diabetes Lv2	293 mg/dl	332

d. Keakurasian Sampel

Tabel 11 Akurasi Sampel 1

No	Gambar	Diagnosa	Percobaan
1		Normal	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
			

9				
10				

Tabel 12 Akurasi Sampel 2

No.	Gambar	Diagnosa	Percobaan
1			
2			
3			
4			
5			
6		Excellent	
7			
8			
9			

10			GulaDarah1050% NORMAL	GulaDarah1050% ADC_Gluko : 155
----	--	--	--------------------------	-----------------------------------

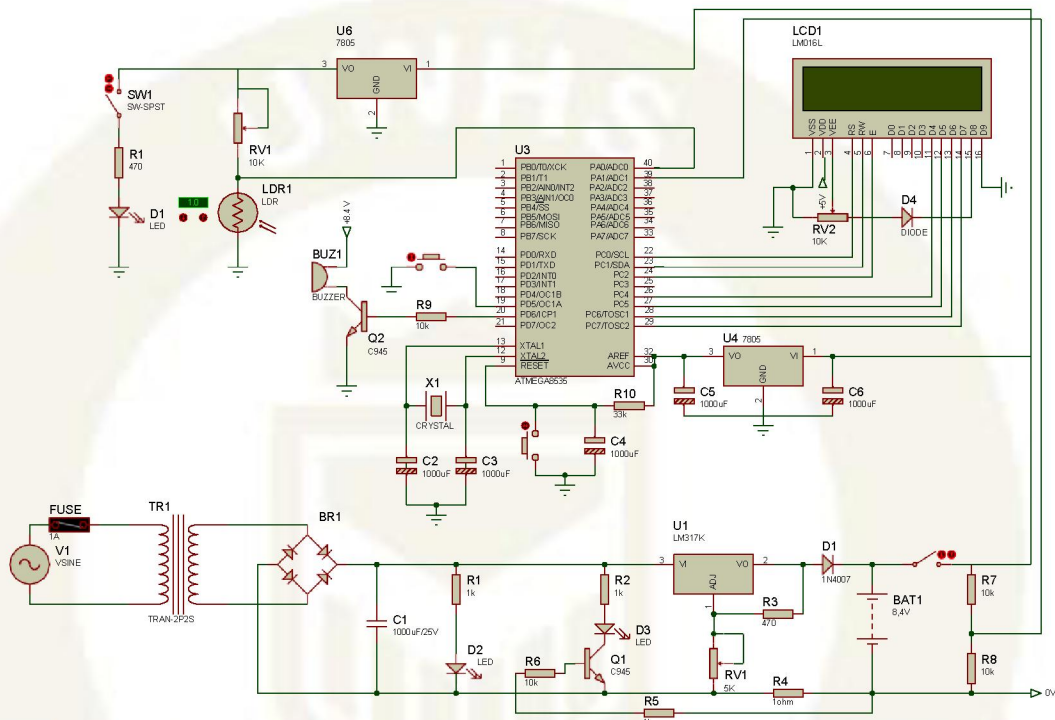
Tabel 13 Akurasi Sampel 3

No	Gambar	Diagnosa	Percobaan
1			GulaDarah1058% ADC_Gluko : 191
2			GulaDarah1058% ADC_Gluko : 192
3			GulaDarah1057% ADC_Gluko : 193
4			GulaDarah1057% ADC_Gluko : 194
5		Excellent	GulaDarah1056% ADC_Gluko : 186
6			GulaDarah1058% Excellent!
7			GulaDarah1056% ADC_Gluko : 187
8			GulaDarah1056% ADC_Gluko : 186
9			GulaDarah1054% ADC_Gluko : 190
10			GulaDarah1054% ADC_Gluko : 190
			GulaDarah1054% ADC_Gluko : 192

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Rangkaian Keseluruhan



Gambar 37 Wiring Diagram Alat

Tegangan 220V AC akan melewati fuse sebagai pengaman rangkaian ketika ada arus berlebih. Transformator yang digunakan adalah jenis step down 12V. tegangan output penyearah diode akan masuk ke kapasitor untuk difilter, terdapat resistor, transistor dan LED pada rangkaian power supply yang berfungsi sebagai indicator arus pengisian baterai.

Rangkaian charger ini berfungsi untuk mengisi baterai secara otomatis. Rangkaian ini mendapat input 12V dari catu daya. Untuk mengatur tegangan yang keluar digunakan IC regulator LM317 yang outputnya diatur oleh tegangan yang keluar sebesar 8,4V.

Prinsip kerja sensornya sebagai pendeteksi cahaya monokromatis dari LED digunakan fotoresistor, karena fotoresistor memiliki sensitifitas cahaya cukup baik pada sumber cahaya yang relative kecil. Fotoresistor akan menghasilkan tegangan yang sebanding dengan besarnya perubahan intensitas cahaya.

Kemudian output dari fotoresistor akan dibaca oleh mikrokontroler. Dan sampel akan diproses lalu ditampilkan pada display. Jika pengukuran telah selesai buzzer akan berbunyi dan LCD akan menampilkan hasilnya.

5.2 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisis data pengukuran bertujuan untuk :

1. Bandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur tiap-tiap titik pengukuran.
2. Tahu besarnya presentasi kesalahan (PK) pada tiap titik pengukuran
3. Tahu kemungkinan penyebab perbedaan hasil teori dan hasil ukur.

Presentase kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \frac{Hasil\ Teori(HT) - Hasil\ Ukur(HU)}{Hasil\ Teori\ (HT)} \times 100$$

5.2.1 Analisa TP1

TP1 merupakan keluaran dari IC Regulator LM317 untuk sumber daya, sensor, mikrokontroler serta LCD. Secara teori, keluaran IC LM317 adalah 9.1 V. Diketahui hasil pengukuran TP1 adalah sebesar 9.08 V maka hasil pengukuran masih sesuai jika dilihat dari datasheet yang memiliki range 1.2 V - 37 V.

$$PK = \frac{\text{Hasil Teori}(HT) - \text{Hasil Ukur}(HU)}{\text{Hasil Teori}(HT)} \times 100$$

$$PK = \frac{9.1 - 9.08}{9.1} \times 100\% = 0,2\%$$

5.2.2 Analisa TP2

TP2 merupakan hasil pengukuran pada tegangan keluaran dari baterai. Secara teori, keluaran baterai pada saat kondisi 98% adalah sebesar 4,1 V. Diketahui hasil pengukuran TP2 adalah sebesar 4.14 V ketika baterai 98%, maka hasil pengukuran masih sesuai dengan teori.

$$PK = \frac{\text{Hasil Teori}(HT) - \text{Hasil Ukur}(HU)}{\text{Hasil Teori}(HT)} \times 100$$

$$PK = \frac{4.1 - 4.14}{4.1} \times 100\% = 0,96\%$$

5.2.3 Analisa TP3

TP3 a, yaitu pada saat sensor LDR ada sampel negatif, diketahui hasil pengukuran TP3 a adalah sebesar 0,784 V. Jika sampel negatif maka <200 ADC dan diagnosanya adalah hypoglecimia, normal/ excellent.

TP3 b, yaitu pada saat sensor LDR ada sampel positif, diketahui hasil pengukuran TP3 b adalah sebesar 2,114V. Jika sampel positif maka >200 ADC dan diagnosanya adalah hyperglicimia, diabetes level 1, level 2/ level 3.

5.2.4 Analisa TP4

TP4 merupakan input dari tegangan supply untuk buzzer. Secara teori, keluaran buzzer saat logic high mendekati 5 V. Dari pengukuran di dapat 4.10 V.

5.2.5 Analisa Perbandingan Alat

Dari uji coba alat pada sampel 1 di dapatkan hasil 8 : 1 atau 80%.

Tabel 14 Hasil Akurasi Sampel 1

No	Sampel	Diagnosa	Percobaan
1	85 mg/dl	Normal	ok
2			ok
3			ok
4			ok
5			ok
6			ok
7			ok
8			ok
9			-
10			-
Keterangan			Akurat 80%

$$\text{Rata - rata PK} = \frac{80\%}{10}$$

$$\text{PK} = 0.08\%$$

Jadi nilai keakurasiannya adalah $100\% - 0.08\% = 92\%$

Dari uji coba alat pada sampel 2 di dapatkan hasil 9 : 1 atau 90%.

Tabel 15 Hasil Akurasi Sampel 2

No	Sampel	Diagnosa	Percobaan
1	113 mg/dl	Excellent	ok
2			ok
3			ok
4			ok
5			ok
6			ok
7			ok
8			ok
9			ok
10			-
Keterangan			Akurat 90%

$$\text{Rata - rata PK} = \frac{90\%}{10}$$

$$\text{PK} = 0.09\%$$

Jadi nilai keakurasiannya adalah $100\% - 0.09\% = 91\%$

Dari uji coba alat pada sampel 3 di dapatkan hasil 10 : 1 atau 100%.

Tabel 16 Hasil Akurasi Sampel 3

No	Sampel	Diagnosa	Percobaan
1			ok
2			ok

3	116 mg/dl	Excellent	ok		
4			ok		
5			ok		
6			ok		
7			ok		
8			ok		
9			ok		
10			ok		
Keterangan			Akurat 100%		

$$\text{Rata - rata PK} = \frac{100\%}{10}$$

$$\text{PK} = 0.1\%$$

Jadi nilai keakurasiannya adalah $100\% - 0.1\% = 99\%$

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan seluruh tahap mulai dari perancangan, pembuatan modul, pengukuran serta analisis, hingga terwujudnya alat *Modifikasi Glukosa Test berbasis mikrokontroler atmega 8535* maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pengukur kadar gula darah ini dapat bekerja dan mengukur kadar gula darah dengan menggunakan media blood strip dan dapat bekerja dengan baik.
2. Transducer yang digunakan adalah Fotoresistor yang peka terhadap cahaya, sehingga mekanik dirancang sedemikian rupa agar transducer tidak mendapat interferensi dari cahaya sekitar.
3. Presentase kesalahan pada IC LM 317 adalah 0.2% dan pada baterai adalah 0.96%.
4. Dengan terbatasnya sampel dan uji coba sampel normal dan excellent saja yang di dapatkan, hasil keakurasian sebesar 99%. Dengan demikian alat pengukur kadar gula darah ini tidak dapat dijadikan sebagai acuan nilai kadar gula darah sebenarnya. Akan tetapi realisasi alat ini masih bisa menentukan perkiraan kasar tinggi rendahnya suatu kadar gula dalam darah.

6.2 Saran

Pada akhir bab ini, penulis hanya bisa memberi sedikit saran yang ditujukan pada teman-teman atau pembaca. Saran dari penulis antara lain:

Bisa ditambahkan print thermal agar hasil pembacaan bisa di dokumentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Poedjiadi, Anna. (1994). Dasar-dasar Biokimia. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- [2] Amatsier, Yunita. (2003). Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta : Gramedia Pusaka Utama.
- [3] Purwandi. (2017). Pengukur Kadar Gula Darah Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535.
- [4] Hendayana, Sumar. (1994). Kimia Analitik Instrumen. Semarang : IKIP Semarang Press.
- [5] Murray. 2003. Harper Biochemistry. Jakarta (ID): EGC.
- [6] Underwood, A.L; Day, R.A (1986). Analisis Kimia Kuantitatif. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Hendayana, Sumar. (1994). Kimia Analitik Instrumen. Semarang : IKIP Semarang Press.
- [8] <https://studylibid.com/doc/527353/perbandingan-kadar-glukosa-darah-menggunakan-spektrofotometer>
- [9] Mike Tooley. (2006). Electronic Circuits – Fundamentals & Applications : Newnes.
- [10] William David Cooper. 1999. Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran. Erlangga.
- [11] Wardhana, Lingga. (2006). Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535. Yogyakarta. Penerbit : CV ANDI.



LAMPIRAN