

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KADAR GLUKOSA DARAH
MENGGUNAKAN TEKNIK *NON INVASIVE* BERBASIS
MIKROKONTROLER



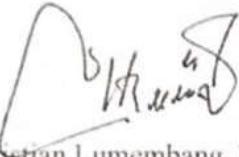
PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

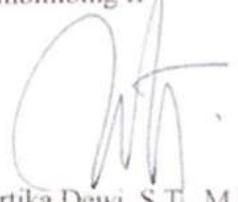
Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik Non Invasive Berbasis Mikrokontroler** oleh Zulkarnain NIM 323 20 038 dan Nur Zakiyah Azizah Rahman NIM 323 20 039 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 04 September 2023

Pembimbing I


Ir. Christian Lumembang, M.T.
NIP. 196108191990031002

Pembimbing II


Kartika Dewi, S.T., M.T.
NIP. 198403242012122003

Mengetahui

Koord. Program Studi Teknik Elektronika,

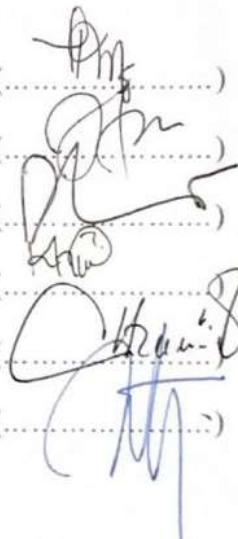


HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jum'at tanggal 8 September 2023, Tim Penguji Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa: Zulkarnain NIM 323 20 038 dan Nur Zakiyah Azizah Rahman NIM 323 20 039 dengan judul **Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik Non Invasive Berbasis Mikrokontroler.**

Makassar, 08 September 2023

Tim Ujian Sidang Tugas Akhir:

- | | | |
|---------------------------------------|------------|---------|
| 1. Ir. Kifaya, M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Mohammad Adnan, S.T., M. T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Dharma Aryani, S.T., M.T., Ph.D. | Anggota | (.....) |
| 4. Dr. Khairun Nisa, S.Pd.I., M.Pd.I. | Anggota | (.....) |
| 5. Ir. Christian Lumembang, M.T. | Pengarah 1 | (.....) |
| 6. Kartika Dewi, S.T., M.T. | Pengarah 2 | (.....) |
- 



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "**Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik Non Invasive Berbasis Mikrokontroler**" dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai Februari 2023 sampai Agustus 2023 bertempat di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat Menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua kami yang selalu setia mendoakan kami dan memberikan dorongan dan motivasi baik moril maupun material.
3. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
5. Koordinator Program Studi Teknik Elektronika, bapak Muh. Chaerur Rijal, S.T., M.T.
6. Pembimbing 1 bapak Ir. Christian Lumembang, M.T. dan Pembimbing 2 ibu Kartika Dewi, S.T., M.T. yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

7. Wali Kelas 3B D3 Teknik Elektronika angkatan 2020, ibu Fitriaty Pangerang, S.T., M.T.
8. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membekali ilmu kepada penulis selama mengikuti proses perkuliahan.
9. Teman-teman kelas 3B Elektronika angkatan 2020 yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
10. Semua pihak yang terkait dalam penulisan laporan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, 08 September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

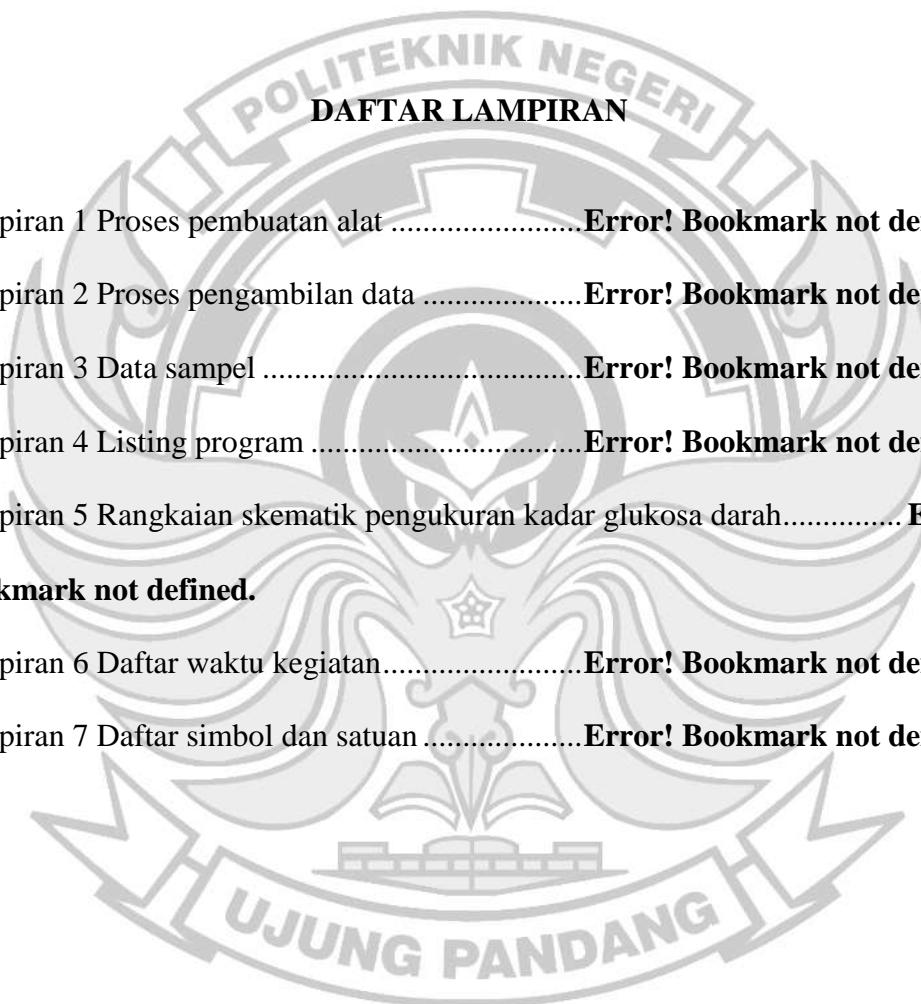
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	3
1.4.1 Tujuan Kegiatan	3
1.4.2 Manfaat Kegiatan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Studi Pendahuluan.....	4
2.2 Pengertian <i>Non Invasive</i>	5
2.3 Glukosa Darah.....	5
2.4 Definisi Penyakit Diabetes Melitus	6
2.5 Spektrum Absorbsi Gula Darah	7
2.6 <i>Photoplethysmography</i> (PPG)	8
2.7 <i>Light Emitting Diode</i> (LED)	10
2.8 Photodioda.....	11

2.9 <i>Infrared</i>	12
2.10 Pengertian <i>Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A</i>	15
2.11 Metode <i>Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A</i>	17
2.12 Komunikasi Serial RS-232.....	19
2.13 Printer Thermal.....	20
2.14 Pushbutton.....	21
2.15 Regulator IC LM2596	22
2.16 Regulator IC XL6009	24
2.17 Modul BMS 3S.....	25
2.18 Baterai Lithium.....	26
2.19 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	28
2.20 RTC2 DS3231	29
2.21 Mikrokontroler Arduino Uno	31

BAB III METODE KEGIATAN **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Tempat.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Waktu	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3 Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Perancangan Sistem Elektronika	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.1 Perancangan Rangkaian <i>Oxymeter DS-100A</i> Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.2 Perancangan Rangkaian Pushbutton .. Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.3 Perancangan Rangkaian RTC.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.4 Perancangan Rangkaian Printer Thermal Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.5 Perancangan Rangkaian Baterai	Error! Bookmark not defined.
3.4 Rancangan Sistem Perangkat Keras	Error! Bookmark not defined.
3.4.1 Rancangan Elektronik	Error! Bookmark not defined.
3.4.2 Rancangan Mekanik	Error! Bookmark not defined.

3.5 Rancangan Sistem Perangkat Lunak	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN. Error! Bookmark not defined.	
4.1 Hasil Perancangan dan Dekripsi.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Hasil Pembuatan dan Perakitan Mekanik Alat	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Hasil Pembuatan Sistem Elektronik Alat	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Hasil Akhir Perancangan Alat Secara Keseluruhan	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pengujian dan Analisis Pada Alat	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengujian Pada Sensor <i>Pulse Oxymeter DS-100A</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Pengujian Pada Arduino	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Pengujian Pada LCD I2C	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Pengujian Pada Printer Themal	Error! Bookmark not defined.
4.2.5 Pengujian Pada Pushbutton	Error! Bookmark not defined.
4.2.6 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proses pembuatan alat **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 2 Proses pengambilan data **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 3 Data sampel **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 4 Listing program **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 5 Rangkaian skematik pengukuran kadar glukosa darah..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 6 Daftar waktu kegiatan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 7 Daftar simbol dan satuan **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kadar glukosa normal pada orang dewasa.....	6
Tabel 2. 2 Pin LCD	29
Tabel 2. 3 Spesifikasi arduino uno	32
Tabel 3. 1 Daftar alat.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Daftar bahan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Pengambilan data kalibrasi kadar glukosa darah (<i>invasive</i>) dan nilai ADC	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Data nilai glukosa invasive, data nilai ADC, dan data glukosa non invasive.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Pengujian arduino	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Pengujian LCD I2C.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Pengujian printer thermal.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Pengujian pushbutton.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Pengukuran kadar glukosa darah	Error! Bookmark not defined.



Gambar 2. 1 Spektrum absorbsi gula darah	8
Gambar 2. 2 Variasi penyerapan cahaya oleh jaringan tubuh.....	9
Gambar 2. 3 PPG model transmisi.....	9
Gambar 2. 4 Tingkat penyerapan cahaya oleh tubuh.....	10
Gambar 2. 5 PPG model refleksi	10
Gambar 2. 6 Struktur dan simbol lampu LED	11
Gambar 2. 7 Bentuk dan simbol photodioda.....	12
Gambar 2. 8 Spektrum NIR	13
Gambar 2. 9 Spektrum MIR	13
Gambar 2. 10 Spektrum FIR	14
Gambar 2. 11 <i>Nellcor pulse oxymeter</i>	15
Gambar 2. 12 Rangkaian skematik <i>pulse oxymeter</i> DS-100A.....	16
Gambar 2. 13 Cara kerja <i>pulse oxymeter</i>	17
Gambar 2. 14 Grafik absorbsi cahaya oleh hemoglobin	18

Gambar 2. 15 Bentuk fisik komunikasi serial RS-232.....	20
Gambar 2. 16 Bentuk fisik printer thermal arduino	21
Gambar 2. 17 Pushbutton.....	21
Gambar 2. 18 Simbol pushbutton	22
Gambar 2. 19 Regulator IC LM2596	22
Gambar 2. 20 Simbol regulator IC LM2596.....	23
Gambar 2. 21 Regulator IC XL6009.....	24
Gambar 2. 22 Simbol regulator IC XL6009	24
Gambar 2. 23 Modul BMS 3S.....	25
Gambar 2. 24 Simbol modul BMS 3S	26
Gambar 2. 25 Baterai lithium.....	27
Gambar 2. 26 Simbol baterai lithium.....	28
Gambar 2. 27 Bentuk LCD 20x4 karakter	28
Gambar 2. 28 Simbol LCD 20x4	28
Gambar 2. 29 Modul RTC DS3231	30
Gambar 2. 30 Simbol modul RTC DS3231	30
Gambar 2. 31 Modul arduino uno	31
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Blok diagram prinsip kerja alat ukur kadar glukosa darah.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Rangkaian skematik pengukuran kadar glukosa darah	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 3. 4 Perancangan elektronik pada PCB	Error! Bookmark not defined.

Gambar 3. 5 Desain alatError! Bookmark not defined.

Gambar 3. 6 Diagram alir pembacaan nilai pada LCD I2CError! Bookmark not defined.

Gambar 3. 7 Diagram alir pembacaan data pada arduinoError! Bookmark not defined.

Gambar 3. 8 Diagram alir pembacaan kadar glukosa darahError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 1 Hasil cutting desain casing dari bahan akrilikError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 2 Papan jalur pada PCBError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 3 Tampak keseluruhan alatError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 4 Data pengujian kalibrasi kadar glukosa darah pada nilai ADC Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 5 Pengujian arduinoError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 6 Pengujian LCD I2CError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 7 Pengujian printer thermalError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 8 Pengujian pushbutton cekError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 9 Pengujian pushbutton printError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 10 Pengujian pushbutton resetError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 11 Pengujian kadar glukosa darah rendahError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 12 Pengujian kadar glukosa darah normalError! Bookmark not defined.

Gambar 4. 13 Pengujian kadar glukosa darah tinggi**Error!** [Bookmark](#) [not defined.](#)



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zulkarnain / Nur Zakiyah Azizah Rahman

Nim : 32320038 / 32320039

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik Non Invasive Berbasis Mikrokontroler** merupakan gagasan dan hasil karya kami sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun. Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini. Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 08 September 2023


Zulkarnain

NIM 32320038


Nur Zakiyah Azizah Rahman

NIM 32320039

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KADAR GLUKOSA DARAH

MENGGUNAKAN TEKNIK *NON INVASIVE* BERBASIS

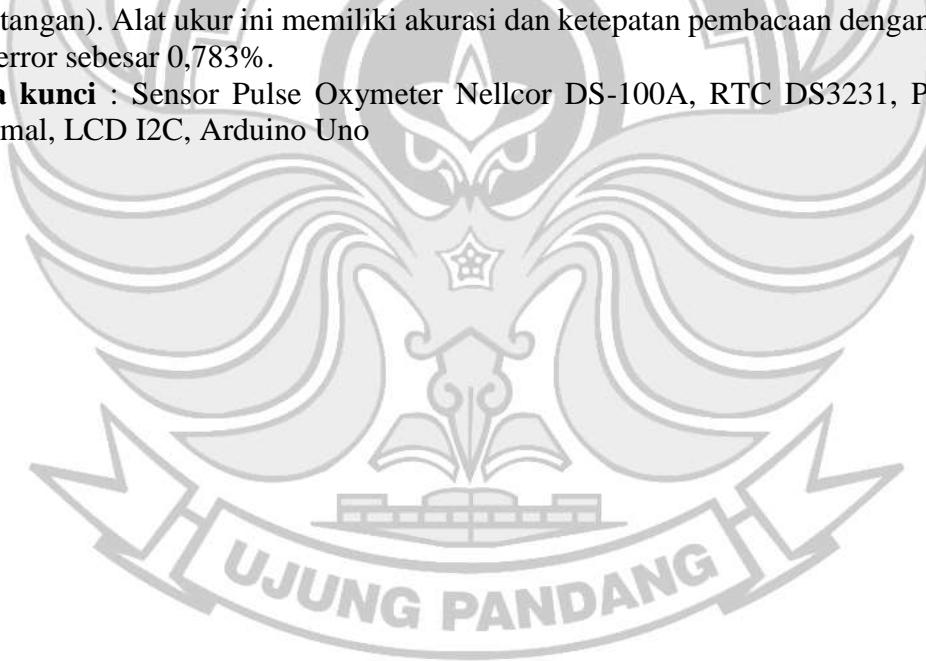
MIKROKONTROLER

RINGKASAN

Zulkarnain / Nur Zakiyah Azizah Rahman, 2023. Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler, Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Pembimbing: Ir. Christian Lumembang, M.T. dan Kartika Dewi, S.T., M.T.

Tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler” kami merancang alat ukur Kadar Glukosa Darah yang telah dikemas dalam suatu wadah yang mudah digunakan oleh masyarakat umum. Metode yang digunakan untuk membuat alat ini adalah kalibrasi sensor, pengukuran pada sensor dengan membandingkan hasilnya dengan alat ukur manual, selanjutnya untuk pengujian hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD I2C dan dapat dprintout menggunakan printer thermal dengan Arduino sebagai pengontrol pengolahan data pengukuran. Sehubungan dengan itu, penelitian ini diawali dengan studi literatur, identifikasi masalah, perancangan sistem perangkat keras dan perancangan sistem perangkat lunak. Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa hasil rancangan, selisih nilai yang dihasilkan oleh sensor *pulse oxymeter* dengan alat ukur glukosa *invasive* cukup tipis. Pengukuran kadar glukosa darah menggunakan teknik *non invasive* berbasis mikrokontroler dilakukan dengan cara memasukkan input (jari tangan). Alat ukur ini memiliki akurasi dan ketepatan pembacaan dengan rata-rata error sebesar 0,783%.

Kata kunci : Sensor Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A, RTC DS3231, Printer Thermal, LCD I2C, Arduino Uno



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang ada pada saat ini membuat banyak orang melakukan pola hidup serba instan. Dengan mengonsumsi makanan yang banyak mengandung makanan ringan maupun minuman berkarbonasi. Mengonsumsi makanan tersebut secara berlebihan dapat menimbulkan penyakit diabetes yang mematikan. Data dari *International Diabetes Federation* (IDF) 2015 menunjukkan bahwa Indonesia menempati urutan ketujuh terbesar dalam jumlah penderita diabetes di dunia. Hal ini ditunjang dengan rendahnya tingkat kesadaran masyarakat mengenai pemeriksaan gula darah. Tes gula darah terbilang rumit karena kebanyakan orang telah sibuk dengan aktivitasnya sehingga tidak memiliki waktu ke klinik atau rumah sakit untuk memeriksakan kadar gula darah. Sebagian yang lain ada yang merasa takut bila harus melakukan tes gula darah secara *invasive* yaitu dengan melukai jari tangan untuk mengambil sampel darahnya.

Untuk itu, pada tugas akhir ini penulis berinisiatif membuat sebuah alat yang mampu mengukur kadar glukosa darah dengan metode *photoplethysmography* (PPG) yaitu suatu teknik optik *non invasive* untuk mengukur perubahan volume darah berdasarkan variasi intensitas cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh organ tubuh manusia. Pada alat pendekripsi glukosa darah secara dengan *non invasive* menggunakan sensor *infrared* dan photodiode untuk pembacaannya. Pembacaan pada sensor *infrared* ini memanfaatkan fenomena optik berupa terjadinya penyerapan cahaya pada panjang gelombang, pada spesifik gula darah antara 750-

2500 nm dan *infrared* panjang gelombang antara 750-10000 nm. Dan selanjutnya sensor akan membaca tegangan yang diterima oleh photodiode yang ditembakkan oleh sensor *infrared* dan kemudian tegangan yang didapatkan dikonversikan menjadi sebuah hasil dalam bentuk satuan mg/dL. *Infrared* pada sistem ini digunakan sebagai pemancar cahaya untuk menyinari objek yang dianalisis yaitu jari. Dari cahaya yang dipancarkan oleh sumber akan melewati jari sebelum ke photodiode. Salah satunya adalah molekul-molekul glukosa dalam darah. Dari faktor molekul-molekul gula darah tersebut maka akan terjadi perubahan yang intensitas cahaya yang diterima oleh photodiode. Nilai tegangan yang diterima oleh photodiode akan diolah oleh mikrokontroler arduino uno kemudian data analog dari sensor akan dikonversi menjadi data digital, sehingga didapatkan hasil yang diinginkan dimana hasil yang didapatkan akan ditampilkan pada LCD.

Dari latar belakang yang telah diuraikan di atas, kami menyusun tugas akhir yang berjudul **Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

“Bagaimana merancang dan membuat alat ukur kadar glukosa darah dengan teknik *non invasive* menggunakan mikrokontroler?”

1.3 Ruang Lingkup

Agar lebih fokus dan mencapai tujuan yang diinginkan, pembahasan ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor DS-100A *Oxymeter* Sensor SpO₂.
2. Menggunakan mikrokontroler jenis Arduino Uno.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, tujuan dan manfaat kegiatan akan diuraikan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan kegiatan ini adalah:

“Merancang dan membuat alat ukur kadar glukosa darah dengan Teknik *non invasive* menggunakan mikrokontroler.”

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan diatas, manfaat yang didapatkan adalah:

Alat yang dibuat diharapkan dapat digunakan untuk mengukur kadar glukosa darah secara *non invasive* tanpa harus melukai tangan pasien untuk mengambil sampel darah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pendahuluan

Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk menerangkan beberapa hasil penelitian yang terkait dengan alat ukur kadar glukosa darah. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mempermudah melakukan pengukuran kadar glukosa dalam darah tanpa mengeluarkan darah dan mengalami rasa sakit.

“Rancang Bangun Alat Pengukur Gula Darah *Non Invasive* Berbasis Arduino Uno”. Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat ukur kadar gula darah menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler-nya dan serta program arduino IDE (Shifa Okta Aulia, 2021). Persamaan yang peneliti terdahulu teliti dengan penelitian ini yaitu Arduino Uno sebagai mikrokontroler.

Selanjutnya penelitian tentang “Sistem Instrumentasi Alat Ukur Kadar Gula Darah *Non invasive* Berbasiskan Arduino” oleh Jonathan Prabowo. Metode yang dilakukan dengan cara monitoring menggunakan perhitungan konsentrasi larutan dengan refraksi bidang getar gelombang cahaya oleh sensor fotodiode dan LED 1600 L dengan jari sebagai obyek media yang diukur. Gelombang cahaya melewati jari dan direspon oleh sensor fotodiode. Pengambilan data dan pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan percobaan alat ukur otomatis yang dikontrol oleh arduino, serta sistem android akan melakukan monitoring pada saat pengambilan data dengan nilai konsentrasi kadar gula darah (Prabowo, Suryana, Ferbyanto, & Astrawa, 2016).

2.2 Pengertian *Non Invasive*

Alat pengukur glukosa darah berdasarkan aspek perusakan bagian tubuh dapat dibedakan menjadi dua macam, yakni *invasive* (merusak) dan *non invasive* (tidak merusak). Metode *invasive* melibatkan proses pengambilan darah baik melalui pembuluh darah perifer maupun pembuluh darah vena. Proses pengambilan darah ini sangat beresiko diantaranya dapat menimbulkan memar pada kulit, pembengkakan, kemerahan serta dapat menimbulkan ketidaknyamanan, dan rasa sakit. Bahkan pada sebagian orang dapat menimbulkan rasa traumatis sehingga tidak heran bila beberapa penderita menolak untuk menerima proses pengambilan darah. Alat ukur glukosa darah yang beredar di masyarakat saat ini merupakan alat glucometer yang bekerja secara *invasive*.

Metode yang paling berpotensi sebagai alternatif adalah metode *non invasive*, yakni metode pengukuran biomarker tubuh yang tidak menerapkan perusakan bagian tubuh untuk mendapatkan sampel darah. Metode spektroskopi merupakan metode pengukuran kadar glukosa darah *non invasive* yang dilaporkan paling banyak digunakan. Pengukuran secara *non invasive* atau tanpa melukai tubuh ini memanfaatkan fenomena optik berupa terjadinya penyerapan cahaya pada panjang gelombang spesifik glukosa darah (Hazan, 2017; Satria, 2013).

2.3 Glukosa Darah

Glukosa adalah karbohidrat yang tidak dihidrolisis atau diuraikan menjadi sakarida lain yang lebih sederhana. Glukosa juga merupakan bentuk karbohidrat yang beredar di dalam tubuh dan di dalam sel merupakan sumber energi. Glukosa terdapat dalam buah-buahan dan madu lebah serta dalam darah manusia. Dalam

ilmu kedokteran, gula darah adalah istilah yang mengacu kepada tingkat glukosa di dalam darah. Konsentrasi gula darah, atau tingkat glukosa serum, diatur dengan ketat di dalam tubuh. Glukosa yang dialirkkan melalui darah adalah sumber utama energi untuk sel-sel tubuh (Lesmana & Broto, 2019). Kadar glukosa normal pada orang dewasa diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kadar glukosa normal pada orang dewasa

Usia	Gula darah normal	Gula darah puasa	Gula darah setelah makan dan sebelum tidur
<6 tahun	100-200 mg/dL	± 100 mg/dL	± 200 mg/dL
6-12 tahun	70-150 mg/dL	± 70 mg/dL	± 150 mg/dL
>12 tahun	<100 mg/dL	70-130 mg/dL	<180 mg/dL (setelah makan) 100-140 mg/dL (sebelum tidur)

Sumber: Tim medis siloam hospital tahun 2023

Energi sebagian besar berfungsi untuk kebutuhan sel dan jaringan yang berasal dari glukosa. Setelah pencernaan makanan yang mengandung banyak glukosa, secara normal kadar glukosa darah akan meningkat, namun tidak melebihi 170 mg/dL. Banyak hormon yang berperan dalam mempertahankan glukosa darah. Pengukuran glukosa darah dapat dilakukan untuk memantau mekanisme regulatorik ini. Penyimpanan berlebihan kadar glukosa darah dari normal baik tinggi maupun rendah, maka terjadi gangguan *homeostatis* yang dapat berhubungan dengan hormon.

2.4 Definisi Penyakit Diabetes Melitus

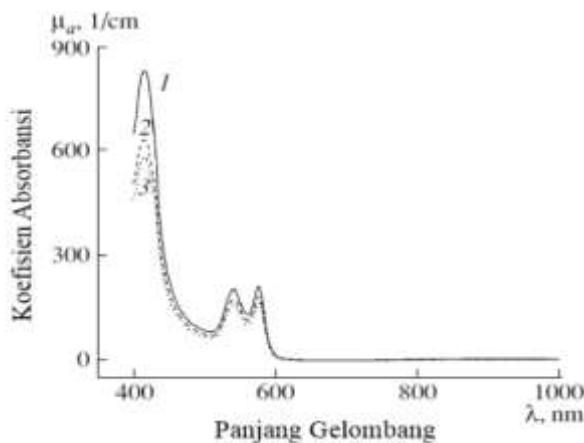
Diabetes Melitus adalah penyakit yang ditandai dengan terjadinya hiperglikemia dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein yang dihubungkan dengan kekurangan secara absolut atau relatif dari kerja dan atau

sekresi insulin. Gejala yang dikeluhkan pada penderita Diabetes Melitus yaitu polidipsia, poliuria, polifagia, penurunan berat badan, dan kesemutan.

International Diabetes Federation (IDF) menyebutkan bahwa prevalensi Diabetes Melitus di dunia adalah 1,9% dan telah menjadikan DM sebagai penyebab kematian urutan ke tujuh di dunia sedangkan tahun 2012 angka kejadian diabetes melitus didunia adalah sebanyak 371 juta jiwa dimana proporsi kejadian diabetes melitus tipe 2 adalah 95% dari populasi dunia yang menderita diabetes mellitus. Hasil Riset Kesehatan Dasar pada tahun 2008, menunjukan prevalensi DM di Indonesia membesar sampai 57%. Tingginya prevalensi Diabetes Melitus tipe 2 disebabkan oleh faktor risiko yang tidak dapat berubah misalnya jenis kelamin, umur, dan faktor genetik. (Bhatt et al., 2016)

2.5 Spektrum Absorbsi Gula Darah

Perubahan spektrum absorbsi gelombang elektromagnetik akibat peningkatan konsentrasi gula dalam darah berada pada kisaran panjang gelombang 415 nm, 542 nm, dan 575 nm (Nurmar'atin et al., 2022). Tiga Spektrum absorbsi gula darah diperlihatkan pada gambar 2.1.

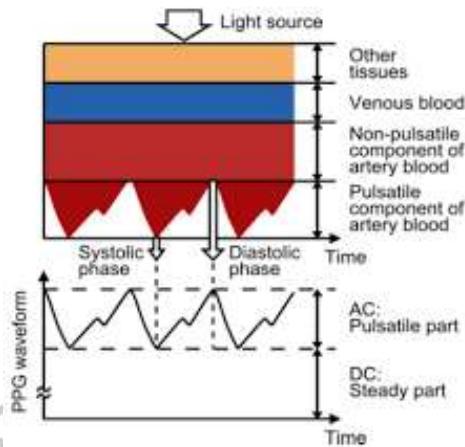


Gambar 2. 1 Spektrum absorbsi gula darah

2.6 Photoplethysmography (PPG)

PPG adalah teknik optik *non invasive* untuk mengukur perubahan variasi intensitas cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh organ tubuh manusia. Cahaya yang dipancarkan pada jaringan tubuh dapat diserap oleh substansi yang berbeda-beda, misalnya pigmen kulit, tulang, darah arteri dan vena. Perubahan aliran darah paling banyak terdapat pada arteri dan *arterioles*. Cahaya dapat ditransmisikan melalui jaringan kapiler (*capillary bed*). Saat pulsasi arteri (*arterial pulsations*) mengisi jaringan kapiler, perubahan volume pembuluh mengubah penyerapan (*absorbtion*), pantulan (*reflection*), dan hamburan (*scattering*) cahaya.

Bentuk sinyal *Photoplethysmography* yang terdiri dari komponen sinyal *Direct Current* (DC) dan *Alternating Current* (AC). Komponen DC dari sinyal PPG berasal dari cahaya tetap yang ditransmisikan atau direflektansikan dari jaringan tubuh. Komponen AC menunjukkan perubahan volume darah yang terjadi antara fasa sistolik dan diastolik siklus jantung. Frekuensi dasar komponen AC tergantung pada denyut jantung dan ditumpangkan ke komponen DC (Elektro et al., n.d.). Variasi penyerapan cahaya oleh jaringan tubuh diperlihatkan pada gambar 2.2.

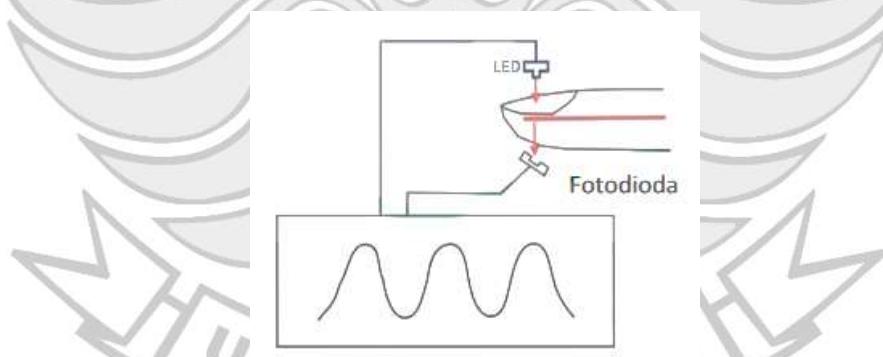


Gambar 2. 2 Variasi penyerapan cahaya oleh jaringan tubuh

Dalam teknik *Photoplethysmography* dikenal dua macam mode konfigurasi pemasangan sensor.

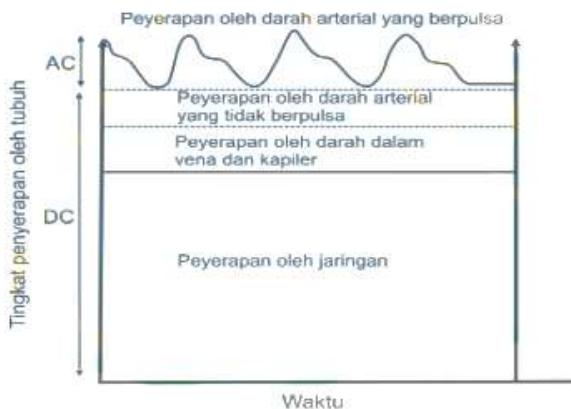
1. Metode Transmisi

Sumber cahaya LED dipasang berhadapan dengan sensor cahaya Photodioda. PPG model transmisi diperlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 PPG model transmisi

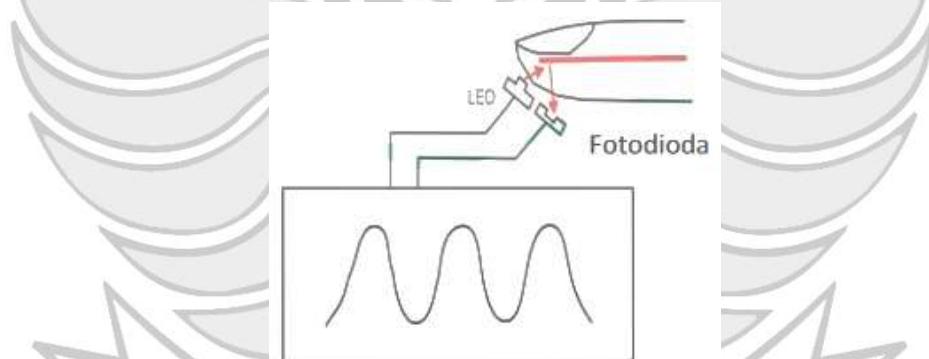
Sumber cahaya berasal dari LED yang melewati jari tangan akan mengalami penyerapan, dimana penyerapan cahaya sangat dipengaruhi oleh perubahan volume darah, sedangkan penyerapan oleh jaringan tubuh relatif konstan. Tingkat penyerapan cahaya oleh tubuh secara kualitatif diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tingkat penyerapan cahaya oleh tubuh

2. Metode Refleksi

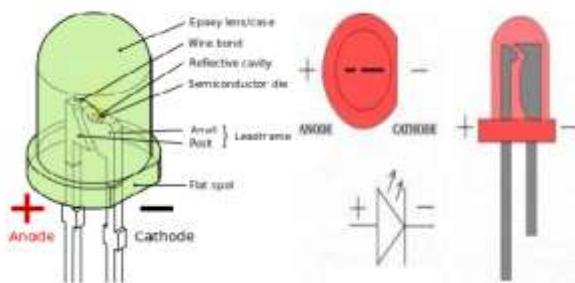
Dalam metode refleksi LED dan Photodioda dipasang berjajar. Sinyal atau perubahan cahaya yang dideteksi oleh Photodioda adalah sinyal pantulan atau refleksi. PPG model refleksi diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 PPG model refleksi

2.7 Light Emitting Diode (LED)

LED adalah komponen semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju/searah. Atau secara bahasa bisa diartikan sebagai dioda yang memancarkan cahaya bila dialirkan arus listrik (Balaram Naik, P Karunakar, 1 M Jayadev, 2013). Struktur dan symbol LED diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Struktur dan simbol lampu LED

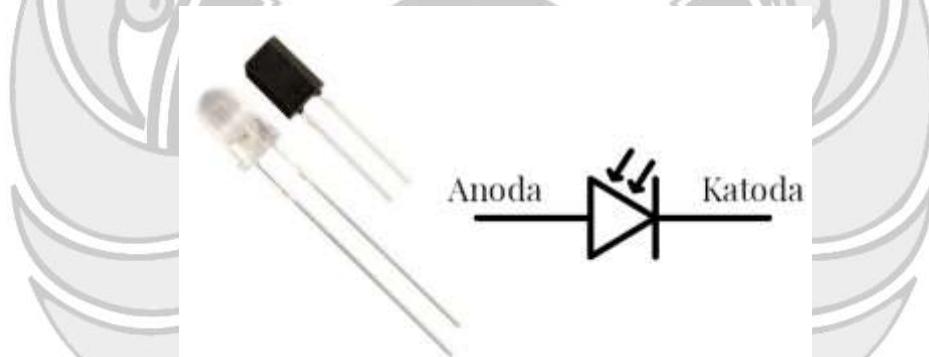
Warna cahaya yang dihasilkan bergantung pada bahan semikonduktor yang dipakai. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, tergantung dari energi material yang membentuk LED tersebut. LED cahaya tampak banyak sekali digunakan dalam peralatan instrumentasi. Pada pembuatan sensor glukosa darah, LED digunakan sebagai sumber cahaya. Cahaya yang dapat terlihat jelas oleh mata tergantung pada sensitivitas mata.

2.8 Photodioda

Photodioda adalah jenis dioda yang berfungsi mendeteksi cahaya. Photodioda merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Photodioda merupakan sebuah dioda dengan sambungan pn yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh photodioda ini mulai dari cahaya *infrared*, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Aplikasi photodioda mulai dari penghitung kendaraan di jalan umum secara otomatis, pengukur cahaya pada kamera serta beberapa peralatan di bidang medis (Mufida, 2018).

Prinsip kerja dari photodioda jika sebuah sambungan-pn dibias maju dan diberikan cahaya padanya maka pertambahan arus sangat kecil sedangkan jika

sambungan pn dibias mundur arus akan bertambah cukup besar. Cahaya yang dikenakan pada photodioda akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan *electron-hole* dikedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan itu masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron itu akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan hole yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Besarnya pasangan elektron ataupun *hole* yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang dikenakan pada photodioda. Bentuk photodioda diperlihatkan pada gambar 2.7.



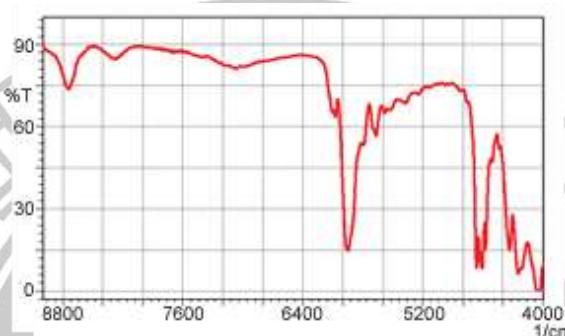
Gambar 2. 7 Bentuk dan simbol photodioda

2.9 *Infrared*

Infrared adalah sebuah gelombang elektromagnetik dengan *range* panjang gelombang antara 750 nm sampai 10000 nm dengan bilangan gelombang antara 14000 cm^{-1} sampai 20 cm^{-1} (Suyono & Hambali, 2020). Gelombang sinar *infrared* dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

1. *Near Infrared (NIR)*

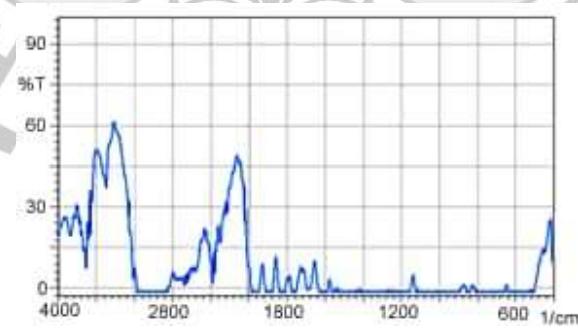
NIR merupakan kelompok inframerah dengan panjang gelombang 750-2500 nm. Kelompok inframerah ini biasanya digunakan untuk melakukan pengukuran-pengukuran karena NIR mampu menembus jaringan dengan tebal 1 mm-100 mm termasuk didalamnya dapat menembus tulang. Spektrum NIR diperlihatkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Spektrum NIR

2. *Mid Infrared (MIR)*

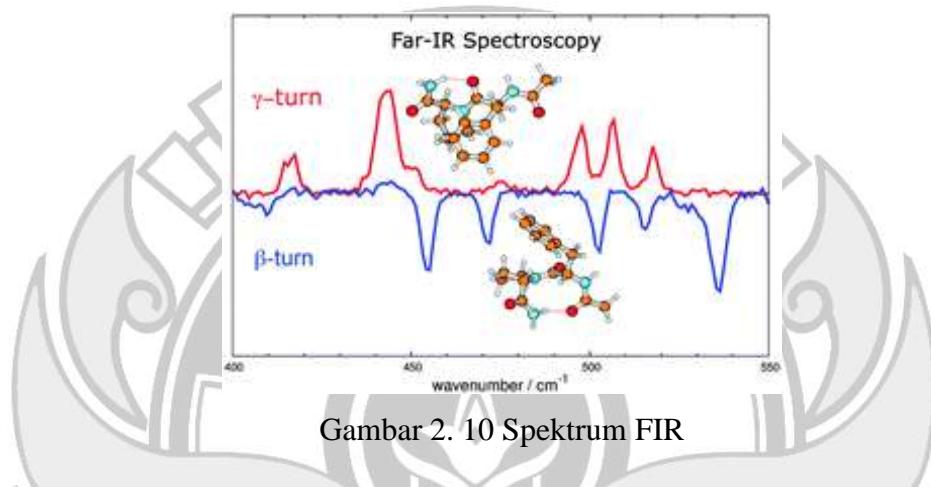
MIR memiliki panjang gelombang antara 2500-5000 nm. Pada kelompok inframerah ini sering digunakan untuk keperluan kimiawi. Hal tersebut dikarenakan MIR sangat mudah terserap oleh molekul. Spektrum MIR diperlihatkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Spektrum MIR

3. *Far Infrared (FIR)*

FIR adalah inframerah yang spektrumnya paling dekat dekat gelombang mikro yaitu antara 5000-10000 nm. FIR sangat *sensitive* terhadap getaran molekul-molekul. Sehingga FIR biasanya digunakan untuk identifikasi material yang tidak dapat dilakukan dengan MIR. FIR digunakan juga untuk melakukan identifikasi warna. Spektrum FIR diperlihatkan pada gambar 2.10.



Karakteristik LED *infrared*:

- Tidak dapat dilihat oleh manusia.
- Tidak dapat menembus materi yang tidak tembus pandang.
- Dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas.
- Panjang gelombang pada inframerah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu mengalami kenaikan maka panjang gelombang mengalami penurunan.

Prinsip kerja LED *infrared*

Pada rangkaian pemancar hanya pengaturan supaya led *infrared* menyala dan tidak kekurangan atau kelebihan daya, oleh karena itu gunakan resistor 680 ohm. Pada rangkaian penerima fototransistor berfungsi sebagai alat sensor yang berguna merasakan adanya perubahan intensitas cahaya infra merah. Pada saat cahaya

inframerah belum mengenai fototransistor, maka fototransistor bersifat sebagai saklar terbuka sehingga transistor berada pada posisi *cut off* (terbuka). Karena kolektor dan emitor terbuka maka sesuai dengan hukum pembagi tegangan, tegangan pada kolektor emitor sama dengan tegangan *supply* (berlogika tinggi). Keluaran dari kolektor ini akan membuat rangkaian counter menghitung secara tidak teratur dan jika tidak diredam, bouncing keluaran tersebut ke *input counter*. Untuk meredam bouncing serta memperjelas logika sinyal input pada rangkaian *counter*, maka digunakan penyulur *schmitt trigger*.

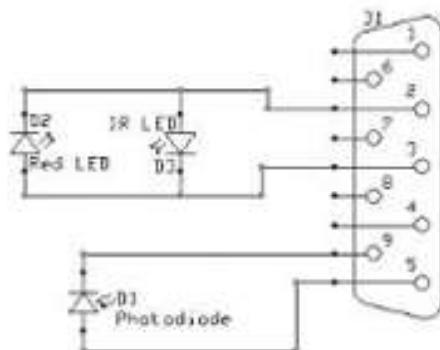
2.10 Pengertian Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A



Gambar 2. 11 Nellcor pulse oxymeter

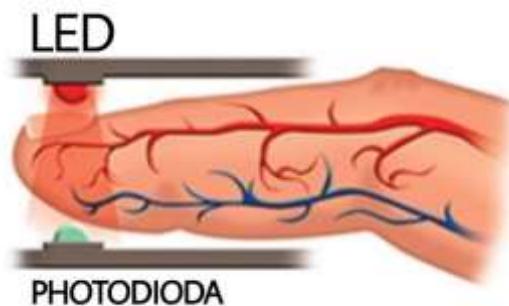
Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A adalah sebuah metode *non invasive* untuk memonitor oksigen saturasi dalam darah. Menurut Andrey (2011:1-2) saturasi adalah persentase dari jumlah hemoglobin yang mengikat oksigen dibanding dengan total hemoglobin keseluruhan. Saturasi oksigen dalam darah dinyatakan dalam persentase kejemuhan dari total hemoglobin atau disebut dengan SpO_2 (*Saturated Peripheral Oxygen*). Metode ini memanfaatkan perbedaan panjang gelombang dari cahaya merah (660 nm) dan cahaya inframerah (940 nm) yang ditangkap oleh sensor cahaya setelah melewati pembuluh balik dan pembuluh kapiler pada ujung jari telunjuk (Putra, Andrey Arantra Ir., M.T., Kemalasari W,

S.T. 3, 2006). Rangkaian skematik *pulse oxymeter* DS-100A diperlihatkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Rangkaian skematik *pulse oxymeter* DS-100A

Pada skematik *pulse oxymeter* DS-100A pin yang digunakan yaitu pin 2 digunakan untuk mencatu sumber cahaya dari VCC, pin 3 sebagai ground, pin 5 sebagai informasi yang diterima dari fotodioda dan pin 9 digunakan untuk mencatu fotodioda. Cara kerja alat ini adalah dengan cara membandingkan intensitas cahaya yang diserap oleh fotosensor setelah melewati ujung jari dan berinteraksi dengan sel darah merah yang mengalir pada ujung jari. Cahaya merah dan inframerah yang melewati ujung jari mengalami pengurangan intensitas cahaya yang berbeda. Absorbsi dan pengurangan intensitas cahaya dari cahaya merah dan inframerah ini dibandingkan dan diolah agar didapat nilai persentasi saturasi oksigen dalam darah (SpO_2). Cara kerja *pulse oxymeter* diperlihatkan pada gambar 2.13.

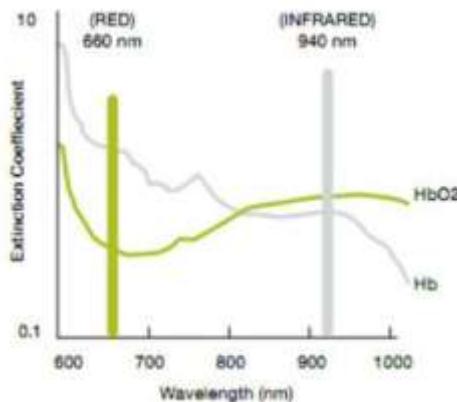


Gambar 2. 13 Cara kerja *pulse oxymeter*

2.11 Metode *Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A*

Sensor *Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A* menggunakan cahaya untuk pengukuran saturasi oksigen, yaitu menentukan kuantitas salah satu komponen darah (hemoglobin). Menurut Guruh (2013:2) saturasi oksigen adalah persentase hemoglobin yang mengandung oksigen. Sensor ditempatkan pada jaringan tubuh yang tipis seperti ujung jari atau daun telinga. Transmisi cahaya melalui arteri adalah denyutan yang diakibatkan pemompaan darah oleh jantung.

Pulse Oxymeter Nellcor DS-100A bekerja berdasarkan kondisi dimana hemoglobin yang mengikat oksigen (HbO_2) menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dengan hemoglobin yang tidak mengikat oksigen (Hb). Grafik absorpsi cahaya oleh hemoglobin diperlihatkan pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Grafik absorpsi cahaya oleh hemoglobin

Menurut Andrey (2011:3) oksigen saturasi pada arteri ditentukan sebagai perbandingan HbO_2 dengan total Hb yang tersedia pada arteri. Rumus perbandingan HbO_2 dengan total Hb diperlihatkan pada persamaan (2.1).

$$\text{SpO}_2 = \frac{[\text{HbO}_2]}{[\text{HbO}_2] + \text{Hb}} \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

Keterangan:

SpO_2 = Presentase saturasi oksigen.

HbO_2 = Hemoglobin yang mengandung oksigen.

Hb = Hemoglobin yang tidak mengandung oksigen.

Alat *Pulse Oxymeter* menggunakan LED merah dan inframerah secara bersama-sama dengan fotosensor untuk mengukur intensitas cahaya yang telah melewati ujung jari. Intensitas cahaya yang telah melewati ujung jari mengalami pengurangan intensitas. Pengurangan intensitas ini disebabkan oleh aliran darah pada vena, aliran darah pada arteri dan jaringan. Pengurangan intensitas cahaya oleh aliran darah vena dan jaringan menghasilkan sinyal yang relatif stabil, yaitu berupa sinyal DC. Pengurangan intensitas cahaya oleh aliran darah arteri menghasilkan sinyal yang relatif tidak stabil, yaitu berupa sinyal AC. Pengukur kadar glukosa

dalam darah dengan metode secara *non invasive* dibutuhkan nilai ADC dari masing-masing sampel yang kita uji. Tujuannya adalah untuk mengkalibrasi alat pengukur kadar gula dalam darah. Selanjutnya kita akan mengkonversi nilai dari pembacaan masing-masing ADC yang kita dapatkan dalam pengukuran kedalam satuan mg/dL. Rumus untuk mengubah ADC ke satuan mg/dL diperlihatkan pada persamaan (2.2).

Keterangan:

Y = variabel dependent (ADC)

b = koefisien regresi (pengaruh positif dan negatif)

x = variabel independent (Glukosa)

a = konstanta (titik potong Y)

2.12 Komunikasi Serial RS-232

RS232 adalah standar komunikasi serial yang digunakan untuk koneksi periperal ke periperal. Biasa juga disebut dengan jalur I/O (*input / output*). Contoh yang paling sering kita temui adalah koneksi antara komputer dengan modem, atau komputer dengan mouse bahkan bisa juga antara komputer dengan komputer, semua biasanya dihubungkan lewat jalur *port serial* RS232. *Standard* RS232 menentukan pula jenis-jenis sinyal yang dipakai mengatur pertukaran informasi antara DTE dan DCE, semuanya terdapat 24 jenis sinyal tapi yang umum dipakai hanyalah 9 jenis sinyal. Sesuai dengan konektor yang sering dipakai dalam *standard* RS232, untuk sinyal yang lengkap dipakai konektor DB25, sedangkan konektor DB9 hanya bisa dipakai untuk 9 sinyal yang umum dipakai. Fungsi dari *serial port* RS232 adalah untuk menghubungkan / koneksi dari perangkat yang satu

dengan perangkat yang lain, atau peralatan *standart* yang menyangkut komunikasi data antara komputer dengan alat-alat pelengkap komputer dan penjelasan dari serial RS-232. Bentuk fisik komunikasi serial RS-232 diperlihatkan pada gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Bentuk fisik komunikasi serial RS-232

2.13 Printer Thermal

Printer ini diperkenalkan pada 1970-an, periode antara diperkenalkannya printer laser dan inkjet printer ke seluruh dunia. Sama seperti namanya, printer thermal menggunakan panas untuk mencetak di atas kertas, bukan kartrid tinta yang biasa digunakan oleh printer jenis lainnya. Ia juga memiliki proses pencetakan yang menarik yang berbeda dari printer biasa. Proses ini adalah salah satu yang digunakan oleh mesin seperti faks, label printer, mesin ultrasound dan mesin barcode. Printer thermal mengandung dua komponen utama. Kepala bagian thermal yang menghasilkan panas, sedangkan rol karet yang disebut *feed* kertas rol mesin tulis. Printer thermal menggunakan kertas pemanasan khusus yang berubah menjadi warna hitam Ketika terkena sejumlah panas. Kepala bagian thermal dipanaskan menggunakan listrik bertegangan khusus guna mempertahankan suhu tertentu. Ketika kertas thermal yang digerakkan oleh rol karet melewati kepala bagian

thermal, maka lapisan thermal berubah menjadi hitam dimana kepala dipanaskan.

Bentuk fisik printer thermal Arduino diperlihatkan pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Bentuk fisik printer thermal arduino

2.14 Pushbutton

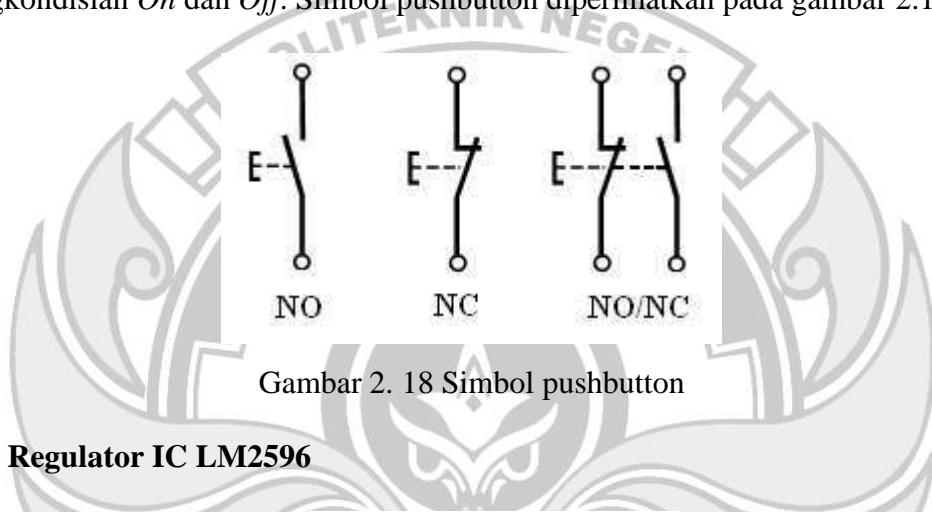
Pushbutton adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan push button terdiri dari saklar tekan *start*, *stop* *reset* dan saklar tekan untuk *emergency*. Pushbutton memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*). Pushbutton diperlihatkan pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Pushbutton

Prinsip kerja pushbutton adalah sebagai *device* penghubung atau pemutus, pushbutton *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, pushbutton *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 pushbutton *switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*. Simbol pushbutton diperlihatkan pada gambar 2.18.



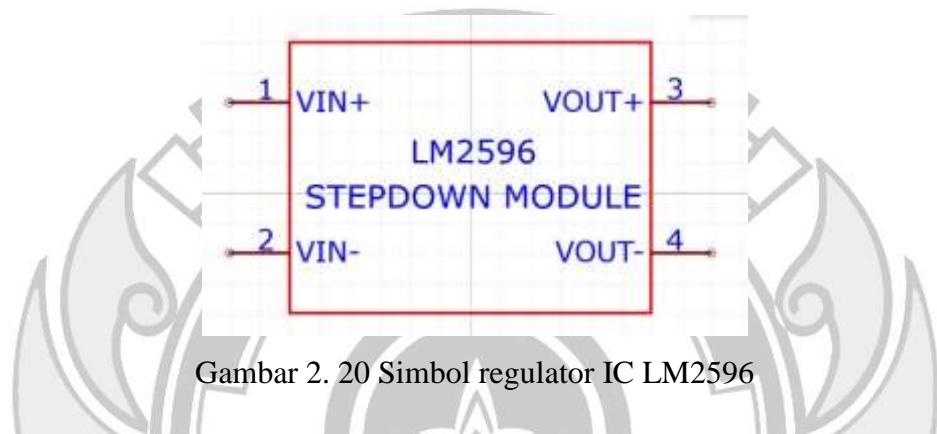
2.15 Regulator IC LM2596



Gambar 2. 19 Regulator IC LM2596

Modul LM2596 adalah sebuah regulator tegangan, dimana IC LM2596 adalah sirkuit terpadu yang berfungsi sebagai regulator DC konverter dengan *current rating* 3A. DC-DC konverter atau buck konverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mengkonversi tegangan searah konstan menjadi tegangan searah yang dapat divariasikan 8 berdasarkan

perubahan *duty cycle* rangkaian kontrolnya. Kelebihan dari IC LM2596 ini adalah besar tegangan output yang tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input naik turun. Perlu adanya DC-DC konverter pada sistem karena tegangan kerja pada mikrokontroler adalah 5V DC sehingga perlu dilakukan penurunan tegangan dari baterai ke mikro. Simbol regulator IC LM2596 diperlihatkan pada gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Simbol regulator IC LM2596

Fitur yang terdapat pada regulator LM2596 adalah sebagai berikut.

1. Parameter: Modul IC Step Down LM2596
2. Input: <40 volt
3. Output: 5-12 volt
4. Fungsi: menurunkan level tegangan
5. Kebutuhan Suplai Daya: 5 V
6. Kegunaan dalam sistem: menurunkan level tegangan baterai dari 12 volt menjadi 5 volt
7. Frekuensi: 150 kHz
8. *Drop Out Minimum* 0.3V
9. Memperbaiki Frekuensi Peralihan 180KHz
10. Output maksimum 3A
11. Efisiensi tinggi hingga 92%

2.16 Regulator IC XL6009



Gambar 2. 21 Regulator IC XL6009

Modul step up atau penaik tegangan DC XL6009 ini berfungsi sebagai penyelesaian masalah perbedaan tegangan yang dibutuhkan dengan yang tersedia. Seringkali dalam pembuatan rangkaian elektronika atau modul-modul mikrokontroler terdapat perbedaan tegangan kerja antar modul sehingga memerlukan sebuah modul regulator untuk menyesuaikan tegangan. Modul step up DC to DC XL6009 ini membantu untuk menaikkan tegangan ke tegangan yang lebih tinggi. Simbol regulator IC XL6009 diperlihatkan pada gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Simbol regulator IC XL6009

Adapun karakteristik dari modul DC to DC XL6009 yaitu:

1. *Input voltage:* DC 3.5 V - 18 V

2. *Output voltage*: DC 4 V - 24 V (tegangan output harus lebih tinggi dari input)

Arus input max: 4 A

3. Ukuran board: 43 mm x 30 mm x 12 mm

Modul regulator penaik tegangan ini menggunakan bahan solid capacitor dan PCB berkualitas untuk menjamin kualitas tegangan yang dibutuhkan.

2.17 Modul BMS 3S

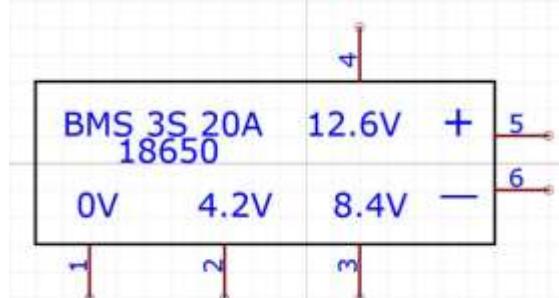


Gambar 2. 23 Modul BMS 3S

Baterai tipe lithium biasanya disusun untuk menghasilkan tegangan dan kapasitas yang diinginkan. Karena rata-rata tegangan baterai lithium adalah 3.7V maka diperlukan susunan 3S (seri) untuk menghasilkan 12V. Agar voltase dan arus susunan baterai ini bisa balance maka diperlukan sistem yang bisa mengaturnya yang disebut BMS. Jadi *Battery Management System* (BMS) adalah perangkat yang digunakan untuk penyeimbang, pemantauan dan proteksi pada baterai yang disusun secara seri atau baterai susun. BMS dilengkapi dengan *passive cell balancing*, sensor tegangan setiap baterai, sensor arus, sensor suhu, Rangkaian proteksi untuk memutus arus.

Sistem manajemen baterai atau *Battery Management System* (BMS) adalah sebuah sistem teknologi yang berfungsi memaksimalkan masa pakai baterai pack. Sangat disarankan agar semua kendaraan listrik atau baterai bank

PLTS bertenaga baterai dipasang BMS. Simbol modul BMS 3S diperlihatkan pada gambar 2.24.



Gambar 2. 24 Simbol modul BMS 3S

Beberapa fungsi spesial sistem manajemen baterai meliputi:

1. Penyeimbangan muatan (*charge balancing*), untuk memastikan semua sel menyelesaikan pengisian pada waktu yang sama lalu untuk mencegah kerusakan melalui pengisian berlebih.
2. Penyeimbangan aktif (*active balancing*), di mana energi dialihkan dari sel lebih kuat ke sel lebih lemah, untuk memastikan semua sel mencapai titik pembuangan maksimum pada saat bersamaan.
3. Pemantauan suhu (*temperature monitoring*), untuk menghindari kerusakan karena terlalu panas.
4. *Cut-off* tegangan rendah (*low-voltage cut-off*), cara mengisolasi baterai ketika sel mana pun mencapai tegangan minimum yang disarankan, serta untuk menghindari kerusakan karena pemakaian berlebih.
5. Pemantauan (SOC) *State of Charge* semua sel baterai untuk pemantauan tegangan dan arus, sisa kapasitas masing-masing sel dapat dihitung.

2.18 Baterai Lithium

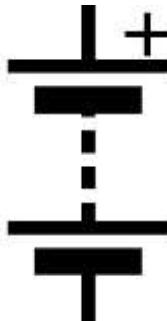
Baterai lithium ion (LIB) merupakan satu diantara perangkat penyimpanan energi terpenting dan paling banyak diminati sebab mampu diisi ulang (*rechargeable*), bobot ringan, awet, aman digunakan, dan mudah diproses dengan berbagai bentuk. Pada bentuk baterai ini, ion Li berpindah dari anoda menuju katoda saat pemakaian dan kembali lagi ke anoda saat pengisian. Baterai lithium ion umumnya ditemukan pada barang-barang elektrik dengan *high energy density*, tanpa efek memori, dan kehilangan kapasitas relatif lama ketika tidak dipakai, sehingga sangat diminati dalam bentuk elektronik portabel. Selain diaplikasikan dalam barang elektrik, baterai ini banyak dipakai dalam industri militer, kendaraan listrik, dan kedirgantaraan. Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan perangkat LIB konvensional, yang berpusat pada kepadatan energi, durabilitas, dana, dan keamanan saat dipakai. Baterai lithium diperlihatkan pada gambar 2.25.



Gambar 2. 25 Baterai lithium

Dibandingkan dengan jenis baterai sekunder lainnya, baterai ini memiliki keunggulan stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (berkelanjutan selama lebih dari 10 tahun), memiliki *high energy density*, tanpa efek memori, dan bobot yang ringan dibandingkan dengan jenis baterai lainnya. Maka dari itu, dengan berat

yang sama baterai lithium dapat menghasilkan energi dua kali lebih banyak dari jenis baterai lainnya. Simbol baterai diperlihatkan pada gambar 2.26.



Gambar 2. 26 Simbol baterai lithium

2.19 *Liquid Crystal Display (LCD)*



Gambar 2. 27 Bentuk LCD 20x4 karakter

LCD merupakan suatu media penampilan data yang sangat efektif dan efisien dalam penggunaannya. Untuk menampilkan sebuah karakter pada layar LCD diperlukan beberapa rangkaian tambahan. Untuk lebih memudahkan para pengguna, maka beberapa perusahaan elektronik menciptakan modul LCD. Simbol LCD 20x4 diperlihatkan pada gambar 2.27.



Gambar 2. 28 Simbol LCD 20x4

LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel LCD yang terdiri dari banyak dot atau titik LCD dan mikrokontroler yang menempel pada bagian belakang panel LCD yang berfungsi untuk mengatur titik-titik LCD sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan symbol khusus yang dapat terbaca (Amarudin et al., 2020). Pin LCD diperlihatkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Pin LCD

Pin Number	Symbol	Function
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V atau +5V
3	Vo	Pengaturan Kecerahan
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A (anoda) / Vee	Tegangan Positif Backlight

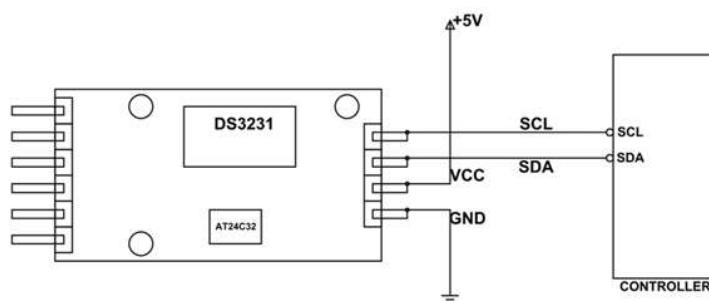
Sumber: Baskara tahun 2013

2.20 RTC2 DS3231



Gambar 2. 29 Modul RTC DS3231

RTC (*Real Time Clock*) adalah modul jam elektronik yang berfungsi untuk mengatur waktu mulai detik sampai tahun dengan tepat dan menjaga atau menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Maka setelah proses hitung waktu dilakukan, *output* datanya langsung dikirim atau tersimpan ke *device* lain melalui sistem *interface*. Modul RTC DS3231 sering dijumpai pada *motherboard* PC (*personal computer*). Modul juga dilengkapi dengan baterai CR2032 agar modul tetap bekerja atau berjalan secara mandiri walaupun tanpa ada sumber tegangan yang berasal dari listrik PLN dengan baterai CR2032 modul RTC DS3231 mampu tetap bekerja dalam waktu yang cukup lama sekitar 2-3 tahun. RTC DS3231 dinilai akurat sebagai *timer* karena menggunakan osilator kristal (Yuhanas et al., 2021). Simbol modul RTC DS3231 diperlihatkan pada gambar 2.29.



Gambar 2. 30 Simbol modul RTC DS3231

2.21 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler Arduino memiliki banyak tipe dan salah satu mikrokontroler arduino yang ada di pasaran dan dipakai pada penelitian ini adalah arduino uno. Arduino Uno adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, yang di turunkan dari wiring *platform*, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* memiliki prosesor atmel AVR dan *software* memiliki bahasa pemrograman sendiri. Secara *software Open source* IDE yang digunakan untuk mendevelop aplikasi mikrokontroler yang berbasis arduino platform (Mandagi & Immanuel, 2014). Module arduino uno diperlihatkan pada gambar 2.30.



Gambar 2. 31 Modul arduino uno

Secara *hardware single board* mikrokontroller yang bersifat *open source hardware* yang dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroler AVR 8 bit dan ARM 32 bit. Arduino ini merupakan sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328. Arduino uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang

mikrokontroler, untuk menghubungkan ke komputer menggunakan kabel USB (Firmansyah Safitri, 2015). Spesifikasi arduino uno diperlihatkan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi arduino uno

No	Spesifikasi	Deskripsi
1	Mikrokontroler	ATmega328
2	Operating Voltage	5 V
3	Digital Pins I/O	14
4	Analog Input	6
5	Flash Memory	32 K bytes
6	SRAM	2 KB (ATmega328)
7	EEPROM	1 KB (ATmega328)
8	Kecepatan Clock	16 MHz
9	Dimensi	Panjang 68.6 mm Lebar 53.4 mm
10	Berat	25 gr

Sumber: Langit Robotika

1. Power Supply

Board Arduino Uno memiliki *power* yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via *power supply eksternal*. Pilihan *power* yang digunakan akan dilakukan secara otomatis.

Eksternal *power supply* dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin V_{in} yang ada di board. *Board* dapat beroperasi dengan *power* dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6 V hingga 20 V. Ada beberapa hal yang GND merupakan pin *ground* atau negatif. Harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7 V, pin 5 V tidak akan memberikan nilai murni 5 V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika

diberi tegangan lebih dari 12 V, regulator tegangan bisa over heat yang pada akhirnya bisa merusak pcb. Demam demikian, tegangan yang rekomendasikan adalah 7 V hingga 12 V.

Beberapa pin *power* pada Arduino Uno:

- a. V_{in} adalah pin yang digunakan jika anda ingin memberikan *power* langsung ke *board* Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7 V - 12 V.
- b. Pin 5 V adalah pin *output* dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5 V yang telah melalui regulator.
- c. 3V3 adalah pin *output* dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3 V yang telah melalui regulator.
- d. IOREF adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler. Biasanya digunakan pada *board shield* untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5 V atau 3.3 V.

2. Memori

Chip ATmega328 pada Arduino Uno memiliki memori 32 KB, dengan 0.5 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk *bootloader*. Jumlah SRAM 2 KB, dan EEPROM 1 KB, yang dapat di baca-tulis dengan menggunakan EEPROM *library* saat melakukan pemrograman.

3. *Input* dan *Output* Digital (I/O)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Arduino Uno memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digital(Read)`, pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5 V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20 mA, dan

memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maksimum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroler.

Beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. Serial terdiri dari 2 pin yaitu pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.
- b. External Interrups terdiri dari Pin 2 dan Pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan *interrups*.
- c. PWM terdiri dari pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite*.
- d. SPI terdiri dari Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI *Library*.
- e. LED terdiri dari Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in* led yang dikendalikan oleh digital pin no 13.
- f. TW1 terdiri dari A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang mendukung komunikasi TW1 dengan menggunakan *Wire Library*.

Arduino Uno memiliki enam buah *input* analog, yang diberi tanda tangan dengan A0, A1, A2, A3, A4, A5. Setiap pin analog memiliki resolusi 10 bit. Secara *default*, pin-pin tersebut diukur dari ground 5 V, namun bisa juga menggunakan fungsi *analogReference()*. Beberapa lainnya pada *board* ini adalah:

- a. AREF sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
- b. *Reset* digunakan untuk melakukan *reset* terhadap mikrokontroler.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

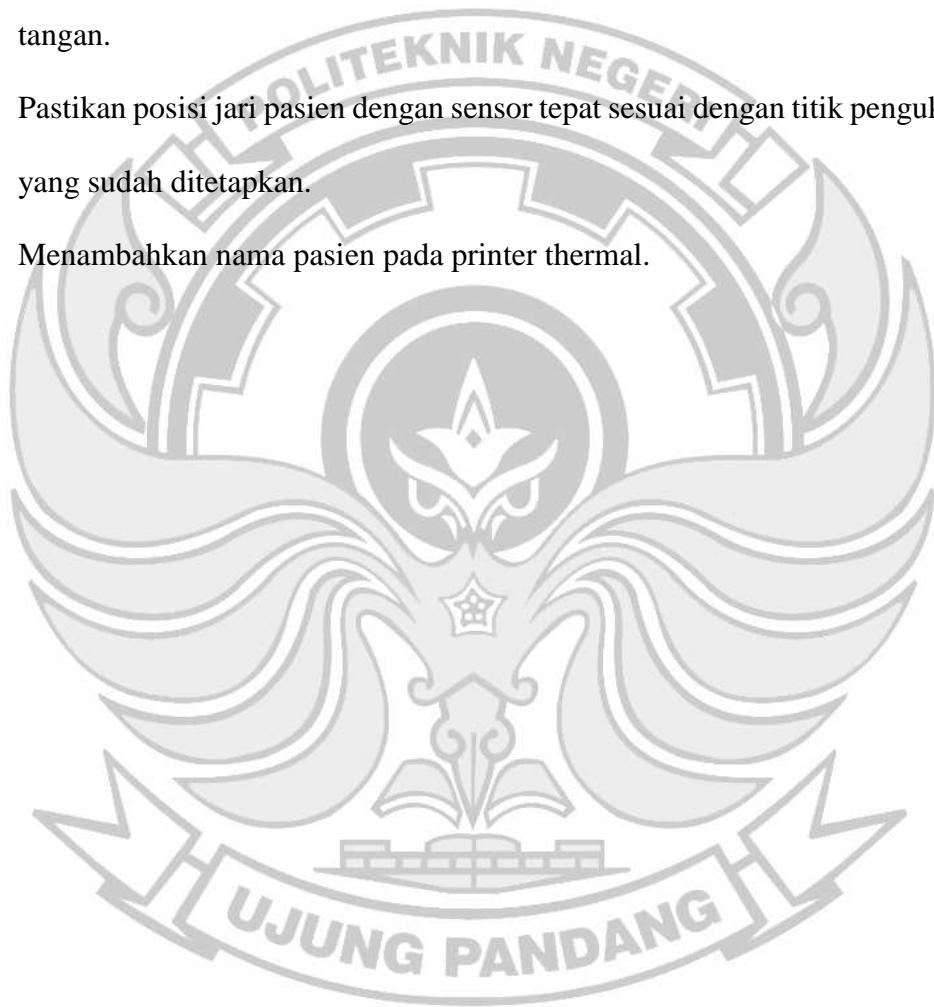
Dari Rancang Bangun “Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Menggunakan Teknik *Non Invasive* Berbasis Mikrokontroler” dapat disimpulkan:

1. Alat ukur kadar glukosa darah secara *non invasive* dibuat menggunakan sensor *pulse oxymeter DS-100A* dan arduino uno, menggunakan LCD 20x4 sebagai display dan printer thermal untuk mengeprint hasil pengukuran. Alat pengukur glukosa darah *non invasive* pada penelitian ini untuk mengurangi limbah medis dan penggunaannya lebih nyaman.
2. Tahap penelitian alat ini yaitu pengambilan data glukosa menggunakan teknik *invasive* bersamaan dengan itu kami mengambil data nilai ADC menggunakan sensor photodioda yang ada pada sensor *pulse oxymeter*, setelah itu menghitung rumus koefisien regresi (b) dan menghitung rumus intercept (a) agar mendapatkan nilai dalam rumus regresi linear dan memasukkan nilai ADC ke dalam rumus regresi linear untuk mendapatkan nilai glukosa *non invasive*
3. Pengukuran kadar glukosa darah menggunakan teknik *non invasive* berbasis mikrokontroler dilakukan dengan cara memasukkan input (jari tangan). Alat ukur ini memiliki akurasi dan ketepatan pembacaan dengan rata-rata error sebesar 0,783%. Hal ini dikarenakan sensor sangat peka oleh cahaya yang berasal dari luar, besar-kecilnya jari setiap orang, dan posisi jari pada sensor *pulse oxymeter*.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian dan pembacaan terdapat beberapa saran yang bisa digunakan untuk mengembangkan atau memperbaiki sistem alat ukur kadar glukosa darah ini.

1. Meningkatkan sistem kerja alat agar sensor dapat dipakai pada semua jari tangan.
2. Pastikan posisi jari pasien dengan sensor tepat sesuai dengan titik pengukuran yang sudah ditetapkan.
3. Menambahkan nama pasien pada printer thermal.



DAFTAR PUSTAKA

- Amarudin, A., Saputra, D. A., & Rubiyah, R. (2020). Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 1(1), 7–13. <https://doi.org/10.33365/jimel.v1i1.231>
- Balaram Naik, P Karunakar,1 M Jayadev, 1 and V Rahul Marshal2. (2013). e. *J Conserv Dent. 2013, 16(4)*, 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23956527/>
- Bhatt, H., Saklani, S., & Upadhayay, K. (2016). Anti-oxidant and anti-diabetic activities of ethanolic extract of Primula Denticulata Flowers. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 27(2), 74–79. <https://doi.org/10.14499/indonesianjpharm27iss2pp74>
- Elektro, S., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, S., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (n.d.). *MENGHITUNG DETAK JANTUNG BERBASIS ARDUINO Riza Yulian Bambang Suprianto Abstrak. d.*
- Lesmana, H. S., & Broto, E. P. (2019). Profil Glukosa Darah Sebelum, Setelah Latihan Fisik Submaksimal dan Selelah Fase Pemulihan Pada Mahasiswa FIK UNP. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 8(2), 44–48. <https://doi.org/10.15294/miki.v8i2.12726>
- Mandagi, A., & Immanuel, S. (2014). Penggunaan Sensor Gas Mq-2 Sebagai Pendekksi. *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*, Vol 03(No 09), 260–261. <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/JTIK/article/view/826/805>
- Mandala, A. S. *Optimasi waktu sintering pada sintesis libob menggunakan metode solid state reaction untuk aplikasi baterai lithium ion* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Mufida, E. (2018). Alat Pengendali Eskalaotor Otomatis Dengan Sensor Infrared Dan Photodioda Berbasis Mikrokontroler Atmega16. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, VI(1).
- Nurmar'atin, T., Sumarti, H., & Wulandari, A. (2022). Validasi Alat Ukur Kadar Gula Darah Secara Non- Invasive Menggunakan Sensor Tcrt5000 Untuk. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 9, 51–61.

Putra, Andrey Arantra Ir., M.T., Kemalasari W, S.T. 3, P. S. (2006). Rancang Bangun Pulse Oximetry Digital Berbasis Mikrokontroller. *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, 2(1), 332–338.

Suyono, H., & Hambali, H. (2020). Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.107482>

Yuhanas, M., Charis Fathul Hadi, & Risk Fita Lestari. (2021). Rancang Bangun Running Text Menggunakan Modul Led Matrix P10 Berbasis Arduino Uno Di Fakultas Teknik Universitas Pgri Banyuwangi. *Journal Zetroem*, 3(2), 16–22. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i2.1479>

