

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR SATURASI OKSIGEN *NON-
INVASIVE* DALAM DARAH MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR
OXIMETER DS-100A BERBASIS MIKROKONTROLER
NODEMCU ESP 8266**

(Skripsi)

Oleh

Mutia Aziza



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

ABSTRACT

DESIGN OF NON-INVASIVE OXYGEN SATURARION MEASUREMENT IN HUMAN BLOOD USING OXIMETER DS-100A SENSOR BASED ON NODEMCU ESP 8266 MICROCONTROLLER

By

MUTIA AZIZA

Hypoxemia is a condition in which the body lacks oxygen or below 90% which can cause a person experiencing shortness of breath, or in organs such as the heart can lead to infarction (death of tissue). So we need a tool that can calculate the amount of oxygen (O₂) in the human body. Oximeter is a device used to measure dan monitore oxygen levels in human blood by measurement of hemoglobin levels to help assess the physical condition of humans without taking the blood sample or invasive method. Oxygen saturation level is a parameter that can be used to determine the presence of respiratory diffusion and prevent early the hypoxemia which it can cause a person feel breathless and refer to an infarction or death in a body tissue. The *oximeter* uses the Oximeter DS-100A sensor with different wavelengths of red light LED (660 nm) and infrared LED (940 nm) and the light is received by the photodiode after being transferred through the blood at the fingertips. NodeMCU ESP 8266 microcontroller is used to process data from the photodiode, then the data that has been processed on the microcontroller is displayed on the LCD and Buzzer as an indicator that indicate the patient's condition. The error results of measuring oxygen levels reached 1.02% while it's compared to standard measuring devices.

Keywords : Oximeter, oxygen saturation, and hypoxemia

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT UKUR SATURASI OKSIGEN NON- INVASIVE DALAM DARAH MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR OXIMETER DS-100A BERBASIS MIKROKONTROLER NODEMCU ESP 8266

Oleh

ABSTRAK

Hipoksemia merupakan suatu kondisi dimana tubuh kekurangan oksigen atau berada dibawah 90% yang dapat menyebabkan seseorang mengalami sesak nafas, atau pada organ seperti jantung dapat berujung pada *infark* (matinya jaringan). Untuk itu dibutuhkan alat yang dapat mengukur dan memonitoring jumlah satuasi oksigen (O₂) dalam tubuh manusia. *Oksimeter* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah manusia melalui pengukuran kadar hemoglobin untuk membantu menentukan kondisi fisik manusia tanpa melalui analisa tes darah atau *invasive*. Kadar saturasi oksigen merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya difusi pernafasan dan mencegah lebih dini terjadinya Hipoksemia yang dapat menyebabkan seseorang mengalami sesak nafas dan merujuk pada *infark*. *Oximeter* menggunakan sensor *Oximeter* DS-100A dengan panjang gelombang dari cahaya LED merah (660 nm) dan cahaya LED inframerah (940 nm) dan fotodioda sebagai detektor yang dideteksi perubahan penyerapan cahaya oleh jari. Mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 digunakan untuk memproses data dari fotodioda, kemudian data dari mikrokontroler ditampilkan pada LCD dan Buzzer sebagai inidikator yang mengindikasikan keadaan seseorang. Hasil pengukuran saturasi oksigen mempunyai tingkat *error* 1.02 % dibanding dengan alat ukur standar.

Kata kunci : Oksimeter, saturasi oksigen, hipoksemia.

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR SATURASI OKSIGEN NON-
INVASIVE DALAM DARAH MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR
OXIMETER DS-100A BERBASIS MIKROKONTROLER
NODEMCU ESP 8266**

**Oleh
Mutia Aziza**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN ALAT UKUR SATURASI
OKSIGEN *NON-INVASIVE* DALAM DARAH
MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR
OXIMETER DS-100A BERBASIS
MIKROKONTROLER NODEMCU ESP 8266**

Nama Mahasiswa

: **Mutia Aziza**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515031001

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19731004 199803 2 001

Dr. Ir. Sri Ratna S., M.T.
NIP. 19651021 199512 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T.
NIP. 19711130 199903 1 003

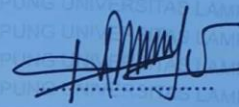


Scanned with
CamScanner

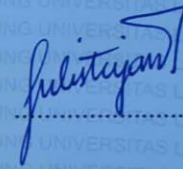
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

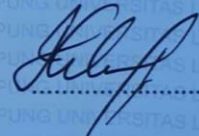
Ketua : **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Sri Ratna S., M.T**



Penguji : **Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 September 2019



Scanned with
CamScanner

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam pembuatan skripsi ini dilakukan oleh saya sendiri, tidak terdapat karya orang lain, dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain. Adapun karya orang lain yang terdapat pada skripsi ini telah tercantumkan sumbernya dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia terkena sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 7 Oktober 2019

Mutia Aziza

1515031001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Provinsi Lampung pada tanggal 7 Maret 1997. Penulis merupakan anak terakhir dari empat bersaudara dari padangan bapak Aktob dan ibu Alfis Salfini yang diberi nama Mutia Aziza.

Mengenai riwayat pendidikan, penulis memulai pendidikan di TK Departemen Agama Kotabumi dan lulus pada tahun 2003. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 4 Kotabumi dan lulus pada tahun 2009. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 7 Kotabumi dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Kotabumi dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif organisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Minat dan Bakat periode 2016-2017. Selain itu penulis juga menjadi Asisten di Laboratorium Elektronika pada praktikum Dasar Elektronika dan Elektronika Lanjut dan menjadi Sekertaris Asisten Laboratorium Elektronika pada tahun 2018-2019. Penulis juga pernah Kerja Praktik (KP) di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi di Serpong, Tangerang dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sripendowo, Kecamatan Sribawono, Kabupaten Lampung Timur.

PERSEMBAHAN



Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW,
dan penuh dengan kerendahan hati ku persembahkan karya tulis ini kepada :

Kedua orang tuaku,

Drs. Hi. Aktob, MM.

Dra. Hj. Alfis Salfini

Saudara kandungku,

Bripka. Muhammad Robert Murshal

Ferdian Achmad, S.Pd., M.Pd.

Annisa Soraya, Amd.Keb.

Almamaterku,

Universitas Lampung

Terima kasih untuk semua yang telah diberikan kepadaku. Jazakallah Khairan

MOTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu membenci sesuatu padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui”

(QS. Al-Baqarah:216)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Asy-Syrah:5-6)

“Dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa padamu, ya Tuhanku”

(QS. Maryam: 4)

“Ora et Labora”

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil' alamin, segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, keselamatan, kesempatan, kekuatan, dan kemampuan berpikir kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis ucapkan kepada Rasulullah SAW karena dengan perantarnya kita semua dapat merasakan nikmatnya kehidupan.

Skripsi ini dengan judul **“Rancang Bangun Alat Ukur Saturasi Oksigen Non-Invasive Dalam Darah Manusia Menggunakan Sensor Oximeter DS-100A Berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP 8266”**, ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama melaksanakan penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan pemikiran baik moril, materi, maupun petunjuk serta bimbingan dan saran dari berbagai pihak yang didapat secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hariadi Mat Akin, M.S. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. FX. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik penulis atas saran yang membangun serta arahan yang telah diberikan kepada penulis.
5. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Utama tugas akhir penulis atas kesediannya untuk memberikan masukan, bimbingan, saran dan kritik dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T., selaku dosen Pembimbing Pendamping tugas akhir penulis atas kesediaannya untuk membimbing dan memberikan ilmu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dosen Penguji yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran kepada penulis.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis.
9. Mba Ning, dan seluruh jajaran Staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas bantuannya dalam menyelesaikan urusan administrasi.
10. Mama dan Papa tersayang, terima kasih sudah memberikan segala yang terbaik untuk ku, yang selalu menjadi penyemangat hidupku, yang selalu mencurahkan doa di setiap langkahku sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kepada Geng Kotabumi yaitu Papa do, Mama do, Ayah do, Bunda do, Mama bilal, Papa bilal, serta keponakanku yang imut-imut Do Ayi, Do

Daffa, Kakak Bilal, dan Kemeng. Terima kasih untuk doa, dukungan, serta cinta dan kasih yang telah diberikan kepadaku.

12. Anggie Novianto, terima kasih telah menjadi *partner* skripsiku yang telah menemani proses pembelajaran hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Teman-teman EIE 2015, Asisten Laboratorium Elektronika (Kak Alam, Kak Riko, Kak Dapin, Mbah, Kak Arif Fauzi, Kak Andre, Agung, Dian, Ibrahim, Egy, Haedar, serta adik-adik 2016, 2017, dan 2018), 13/13 (Sora, Ebot, Chiko, Septi, Vini, Syinthia, Tiya, Dinda, Ade, Oslin, Nur, dan Ftri), Mbah Munif, Kak Cin, Kak Nadia, dan Kak Ardhi, yang telah memberikan ilmu, saran, kritik, canda dan tawa sejak penulis memulai pendidikan di Teknik Elektro.
14. GM Squad yaitu Annisa Apriliani Sitoemorang, S.TP., Devi Peggy Utami, S.T., Intan Cahaya Putri, Amd.Keb., Nadya Chairunnisa, Amd.Keb., Rahma Khoirunnisa, S.Pi., Rizki Rama Danti Putri, S.P., Tricia Margareta, Amd. Keb., atas canda-tawa, motivasi, semangat dan waktunya yang telah diberikan untukku.
15. Frigandra Syahputri, S.Ked. telah menemaniku dikala suka maupun duka, selalu mendukungku, dan menjadi sahabatku sejak 14 tahun yang lalu.

Semoga kebersamaan ini membawa kebaikan, keberkahan, kemurahan hati, serta Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis meminta maaf atas kesalahan dan ketidak sempurnaan dalam penulisan akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kebaikan dan kemajuan mendatang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 8 Oktober 2019

Penulis

Mutia Aziza

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK.....	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTO	ix
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Hipotesis.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Darah dan Oksigen	8
2.2 Hipoksemia	10
2.3 <i>Pulse Oximetry</i>	11
2.3.1 Hukum Beer-Lambert	12
2.4 Sensor <i>Oximeter</i> DS-100A	15
2.4.1 LED	17
2.4.2 Fotodioda.....	18
2.5 NodeMCU ESP8266.....	18

2.6 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	20
2.7 Buzzer	22
2.9 <i>Software</i> Arduino IDE.....	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Spesifikasi Alat.....	23
3.4 Diagram Alir Penelitian	25
3.5 Metode Pengukuran	26
3.6 Diagram Blok Alat.....	27

BAB V SIMPULAN

5.1 SIMPULAN	56
5.2 SARAN	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Sensor <i>Oximeter</i> pada Jari.....	11
Gambar 2. 2 Hukum Beer-Lambert	12
Gambar 2. 3 Perbedaan Penyerapan Cahaya oleh Hemoglobin	14
Gambar 2. 4 Sensor <i>Oximeter</i> DS-100A.....	16
Gambar 2. 5 <i>Pin</i> pada Sensor <i>Oximeter</i> DS-100A	16
Gambar 2. 6 Modul NodeMCU ESP8266.....	19
Gambar 2. 7 <i>Pin</i> pada Modul NodeMCU ESP8266	19
Gambar 2. 8 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) 16x2	21
Gambar 2. 9 Buzzer	22
Gambar 3. 1 Blok Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Diagram Blok Alat.....	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Kadar Hb Normal	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi <i>Pin</i> pada LCD.....	21
Tabel 2. 3 Spesifikasi Buzzer	22
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Darah adalah bagian terpenting pada tubuh manusia dan sebagai sistem transportasi di tubuh, dapat membawa zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Terdapat zat-zat yang ditransportasikan oleh darah adalah sari makanan dari usus, hormon yang berasal dari pusat produksi hormon, sisa metabolisme sel yang dibuang ke ginjal, dan O₂ dari paru-paru. O₂ merupakan satu diantara bagian terpenting dari tubuh. Kadar O₂ yang rendah di dalam darah dapat terkena Hipoksemia.

Hipoksemia merupakan kondisi yang menggambarkan rendahnya oksigen (O₂) dalam darah, terkhusus bagian arteri yang berdampak gangguan pada proses biologis tubuh manusia. Hipoksemia dapat mengganggu fungsi normal organ tubuh, termasuk fungsi otak bila terjadi penurunan oksigen di pembuluh darah otak mengakibatkan korban tidak sadarkan diri, fungsi hati, fungsi jantung sehingga jantung mengalami iskemia (kekurangan O₂) bahkan sampai terjadinya *infark*. (kematian jaringan), dan organ-organ tubuh lainnya. Hipoksemia dapat diketahui melalui pengukuran kadar O₂ menggunakan *Oximeter*. Nilai kadar pada O₂ dalam arteri manusia dikatakan normal bila

bernilai antara 75 hingga 100 milimeter merkuri *Hydrargyrum* (mmHg), sementara apabila oksigen arteri berada dibawah 60 mmHg dapat mengindikasikan bahwa jaringan pada tubuh tidak mendapatkan O₂ yang mencukupi sehingga membutuhkan tindak lanjut medis. Pembacaan pada *Oximeter* normal bila berkisar antara 95% hingga 100%, dan saat pembacaan *Oximeter* berada dibawah 90% mengindikasikan bahwa kadar oksigen dalam arteri rendah dan terkena Hipoksemia (Effendy, 2009).

Kadar O₂ dalam darah sebaiknya selalu dipantau agar tidak terjadi Hipoksemia, untuk itu dibutuhkan sebuah instrumen yang dapat mengukur jumlah saturasi O₂ dalam darah. Ada beberapa metode yang bias digunakan untuk mengukur saturasi O₂ di dalam darah, yaitu metode *invasive* (melukai tubuh) dan metode *non-invasive* (tanpa melukai tubuh). Metode *invasive* menggunakan analisa gas darah (AGD), adapun untuk menggunakan AGD dengan mengambil sampel darah sebanyak 1 mL oleh dokter atau perawat untuk dianalisis saturasi oksigennya pada Laboratorium, dan membutuhkan waktu 15 menit untuk mendapatkan hasilnya. Adapun metode *non-invasive* (tanpa melukai tubuh manusia) menggunakan perbandingan beda penyerapan kedua LED yaitu LED merah dan LED inframerah oleh darah. LED bertindak sebagai *transmitter* dan fotodioda bertindak sebagai *receiver* yang berfungsi untuk menerima pancaran cahaya yang melewati jari dan dapat mengetahui hasil saturasi O₂ secara *real time*. Berdasarkan kedua metode tersebut maka digunakan metode *non-invasive* pada penelitian ini.

Oximeter merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur atau mendeteksi jumlah saturasi O_2 dalam darah dengan menggunakan metoda *non-invasive* (tanpa melukai) tubuh. Perancangan *Oximeter* bertujuan untuk mengetahui jumlah saturasi O_2 pada manusia berdasarkan perbandingan hemoglobin yang mengandung O_2 dalam tubuh, guna mendeteksi Hipoksemia sehingga pasien dapat diberi pelayanan yang tepat.

Sebelumnya telah ada penelitian yang membahas mengenai *Oximeter*. Penelitian sebelumnya dibahas oleh Andrey Arantra Putra yang berjudul “Rancang Bangun *Pulse Oximetry* Digital Berbasis Mikrokontrol” dengan memakai Oxisensor D-25 dan mikrokontroler ATmega 8535 dan menampilkannya pada LCD, namun penelitian ini sebatas memonitor saturasi pada pasien dan tidak adanya indikator (alarm) yang mengindikasikan pasien mengalami kekurangan O_2 . Kemudian pada penelitian selanjutnya yaitu oleh Rifki Yanwardhi yang berjudul “Rancang Bangun *Oximeter* Digital berbasis Mikrokontroler ATmega 16” menggunakan 2 buah LED yang dirakit bersama fotodioda, menggunakan mikrokontroler ATmega 16, dan menampilkannya pada LCD, pada penelitian ini sensor dan LED yang dirakit secara manual sehingga sering terjadinya ketidak tepatan pemasangan alat pada jari dan menyebabkan berkurangnya keakuratan sinyal yang diperoleh.

Pada penelitian ini dirancang alat ukur saturasi O_2 menggunakan sensor *oximeter* DS-100A dimana *output* sensor *oximeter* DS-100A akan diteruskan melalui DB9 *connector*, kemudian data diprogram oleh mikrokontroler

NodeMCU ESP8266 dan menampilkannya pada LCD, kemudian alat dilengkapi dengan Buzzer sebagai indikator keadaan saturasi O₂ pasien, dan menggunakan *power bank* agar alat *portable*.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Merancang alat ukur saturasi O₂ dalam darah manusia dengan metode *non-invasive* menggunakan sensor *Oximeter* DS-100A berbasis mikrokontroler nodeMCU ESP8266.
2. Menampilkan data hasil pengukuran saturasi oksigen dalam tubuh menggunakan LCD.
3. Mempermudah pasien untuk mengukur saturasi oksigen pasien dengan tanpa melukai bagian tubuh pasien.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yaitu :

1. Memperoleh informasi jumlah saturasi oksigen pada darah manusia melalui LCD (*Liquid Cristal Display*) secara *real time* yang dapat digunakan rumah sakit untuk memberikan penanganan yang tepat pada pasien.
2. Mengetahui tingkat akurasi dari sensor *Oximeter* DS-100A dalam *monitoring* saturasi oksigen pada pasien.
3. Penggunaan sensor *Oximeter* DS-100A dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 pada bidang kesehatan.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat ukur saturasi oksigen dengan menggunakan metode *non-invasive*?
2. Bagaimana menggunakan sensor *oximeter* DS-100A untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah manusia?
3. Bagaimana sistem pengiriman dan komunikasi data dari alat pendeteksi saturasi oksigen menuju LCD?

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian yaitu:

1. Menampilkan saturasi oksigen pada LCD (*Liquid Crystal Display*).
2. Peletakan sensor *oximeter* DS-100A pada jari tangan manusia.

1.6 Hipotesis

Alat penelitian dapat mengukur saturasi O₂ secara *non-invasive* dan nilai hasil pengukuran ditampilkan pada LCD serta dilengkapi Buzzer sebagai indikator apabila nilai saturasi O₂ yang terukur berada dalam keadaan tidak normal.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan ini terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan secara umum mengenai penelitian yang meliputi latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan landasan teori yang mendukung dalam pembahasan untuk perancangan pada penelitian. Membahas penelitian yang telah dilakukan dan teori yang berhubungan dengan penelitian.

Bab III. Metodologi Penelitian

Memuat langkah-langkah penelitian yang dilakukan seperti waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan penentuan spesifikasi sistem, perancangan sistem, serta diagram alir sistem.

Bab IV. Hasil dan Pembahasan

Memuat hasil perancangan pada penelitian, hasil pengujian, dan hasil analisa sistem yang telah dibuat pada penelitian.

Bab V. Simpulan dan Saran

Memuat simpulan dari perancangan dan pengujian alat berdasarkan data hasil percobaan, dan memuat saran-saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Darah dan Oksigen

Eritrosit merupakan salah satu komponen darah yang jumlahnya terbanyak dalam darah (Prasetyo, 2011). Eritrosit normal berbentuk bikonkaf dan mengandung hemoglobin yang merupakan representasi warna merah dalam darah (Usman, 2005). Hemoglobin terbagi menjadi *heme* dan *globin* dimana *heme* memiliki kemampuan mengikat oksigen.

Konsentrasi oksigen atau biasa disebut dengan kandungan O_2 yang berasal dari darah arteri sistemik bergantung pada beberapa faktor yaitu tekanan parsial O_2 inspirasi, kecukupan ventilasi saat pertukaran gas berlangsung, konsentrasi hemoglobin, dan afinitas hemoglobin untuk oksigen. Dari O_2 yang diangkut oleh darah, proporsi sangat kecil dilarutkan ke dalam larutan sederhana dengan sebagian besar kimia terikat ke dalam molekul hemoglobin pada sel eritrosit yang merupakan proses *reversible*.

CaO_2 merupakan kandungan atau konsentrasi O_2 dalam darah arteri yang dinyatakan dalam mililiter (mL) O_2 per 100 mL atau perliter darah. SaO_2 adalah saturasi O_2 dalam darah arteri yang dinyatakan dalam persentase yang mewakili keseluruhan persentase situs pengikatan pada hemoglobin yang

mengikat O₂. Contohnya seperti pada orang sehat yang menghirup O₂ pada permukaan laut memiliki saturasi O₂ atau SaO₂ adalah antara 96% hingga 98%. Volume maksimum O₂ yang dapat dibawa oleh darah ketika sepenuhnya jenuh disebut sebagai kapasitas pembawa O₂, dengan hemoglobin normal berkisar dari 20 mL oksigen per 100 mL darah (Collins, 2015).

Eritrosit yang mengandung protein dikatakan sebagai hemoglobin. *Oxyhemoglobin* atau HbO₂ adalah hasil dari terjadinya reaksi antara O₂ dan protein, yang kemudian O₂ akan melekat pada protein. Eritrosit dan *oxyhemoglobin* akan beredar melalui jaringan ke seluruh tubuh. Ketika darah menyatu dengan sel, eritrosit dari hemoglobin akan melepaskan O₂ dan menjadi *deoxyhemoglobin* atau hemoglobin yang tidak mengandung O₂ (Hb). Pada titik ini, darah tanpa O₂ kembali ke atrium kanan untuk mengulangi proses respirasi (Sakar, 2017). Adapun perbedaan kadar Hb pada laki-laki dan perempuan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kadar Hb Normal (Marry, 2013).

No.	Kadar Hb Normal	
1	Laki-laki	14 – 17.5 gr/dL
2	Perempuan	12.3 – 15.3 gr/dL

O₂ merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan dan tanpa O₂ dalam beberapa menit manusia tidak dapat bertahan hidup. Kebutuhan dan keseimbangan pengiriman O₂ pada tubuh sangat dibutuhkan untuk mempertahankan homeostatis. Adapun dua sistem organ utama yang bertanggung jawab untuk pengiriman O₂ ke dalam tubuh dan mempertahankan

homeostasis yaitu sistem pernapasan, dan kardiovaskuler. Apabila terjadi fungsi abnormal dari keduanya bisa mengakibatkan perkembangan Hipoksemia, berdampak sangat merugikan bagi tubuh manusia. Ada beberapa macam mekanisme terjadinya hipoksemia, namun umumnya adalah ketidakcocokan ventilasi atau perfusi merupakan mekanisme hipoksemia yang paling umum (Sakar, 2017).

2.2 Hipoksemia

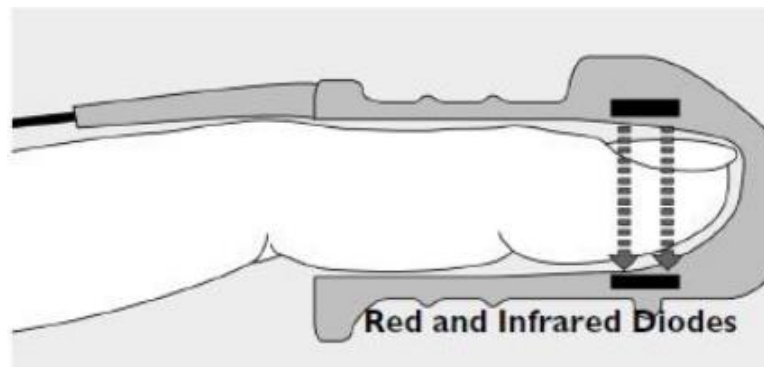
Tubuh manusia membutuhkan keseimbangan O_2 dalam darah. Hipoksemia merupakan kondisi kadar O_2 berada di bawah normal dalam darah. Pada alat pengukuran saturasi O_2 dapat dikatakan hipoksemia bila menunjukkan saturasi dibawah 90% (Sinex, 1999).

Hipoksia dan hipoksemia tidaklah identik dimana hipoksemia dapat didefinisikan sebagai penurunan tekanan parsial O_2 yang berada di dalam darah, namun berbeda halnya dengan hipoksia memiliki definisi sebagai tingkat oksigenasi yang ada dalam jaringan. Hipoksemia dan hipoksia tidak selalu berada berdampingan atau hipoksemia dapat terlepas dari hipoksia. Terdapat beberapa contoh untuk membedakan perbedaan antara hipoksemia dan hipoksia ialah hipoksia dapat disebabkan oleh pengiriman O_2 yang tidak sempurna oleh jaringan. Hipoksemia dapat dikembangkan tanpa adanya hipoksia jika adanya peningkatan kompensasi kadar Hb dan curah jantung (CO). Sehingga dapat terjadi hipoksia tanpa hipoksemia. Contohnya seperti pada pasien yang

menderita keracunan Sianida, sel-sel tidak dapat menggunakan O_2 meskipun memiliki kadar O_2 dan jaringan darah normal (Sakar, 2017).

2.3 *Pulse Oximetry*

Pulse oximetry ialah pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) menggunakan metode *non-invasive* (tanpa melukai tubuh). Saturasi O_2 dapat didefinisikan sebagai persentase jumlah O_2 yang terlarut di dalam darah dari total seluruh darah yang berada didalam tubuh manusia. Adapun peletakkan dari *Oximeter* pada jari dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sensor *Oximeter* pada Jari (Gomathy, 2017)

Pulse oximetry bekerja berdasarkan hukum Beer Lambert. *Pulse oximetry* memiliki limitasi pengukuran dimana bila dilakukan pengukuran saturasi O_2 dibawah 75% hingga 80% maka pendeteksian saturasi O_2 akan tidak akurat (Sinex, 1999).

Gambar 2.1 memperlihatkan *probe* pada *Oximeter* pada umumnya dapat ditempatkan pada ujung jari atau pada ujung daun telinga, kemudian sebuah fotodiode akan mengukur intensitas cahaya berdasarkan sumber cahaya yang ditransmisikan oleh LED. Transmisi cahaya melalui arteri adalah denyutan oleh pemompaan darah oleh jantung (Hill *et al*, 2006).

2.3.1 Hukum Beer-Lambert

Hukum Beer-Lambert menyatakan absorpsi cahaya saat melewati sampel sabanding dengan ketebalan sampel dan konsentrasi penyerapan. Beer-Lambert diperlihatkan pada Gambar 2.2 dan penyerapan cahaya hukum Beer-Lambert terdapat pada Persamaan (2.1) yaitu:

$$I = I_0 \cdot e^{-\varepsilon(\alpha)\beta L} \quad (2.1)$$

Keterangan :

I = Intensitas Cahaya Dalam Medium

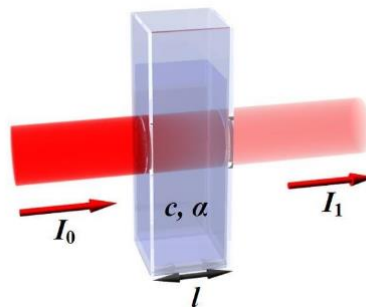
I_0 = Intensitas Cahaya yang Terpancar

ε = Koefisien Medium Penyerapan

β = Konsentrasi dari Medium Penyerapan

L = Panjang Lintasan

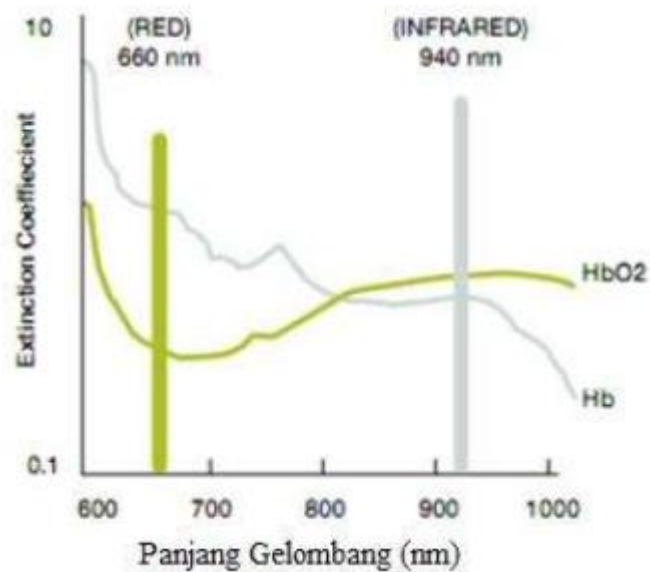
α = Panjang Gelombang



Gambar 2. 2 Hukum Beer-Lambert (Gomathy, 2017)

Dua gelombang cahaya yang memiliki panjang gelombang yang berbeda berguna untuk mengukur perbedaan yang nyata dalam spektrum serapan *oxygenated* hemoglobin (HbO_2) dan *deoxygenated* hemoglobin (Hb). Aliran darah dipengaruhi oleh konsentrasi dari HbO_2 dan Hb, dan koefisien absorpsi mereka diukur melalui dua panjang gelombang yaitu 660 nm untuk spektrum cahaya yang berasal dari LED merah dan 940 nm untuk spektrum cahaya yang berasal dari LED inframerah. Hemoglobin yang terikat dengan O_2 memiliki daya serap lebih tinggi pada 940 nm, hemoglobin yang tidak mengikat O_2 memiliki daya serap lebih tinggi pada 660 nm (Lopez, 2012).

Terdapat dua jenis hemoglobin atau Hb berdasarkan kandungan O_2 didalamnya yaitu *oxygenated* hemoglobin (HbO_2) dan *deoxygenated* hemoglobin (Hb). HbO_2 adalah hemoglobin yang mengandung O_2 sedangkan Hb adalah hemoglobin yang tidak mengandung O_2 . Adapun grafik yang dapat menjelaskan perbedaan penyerapan cahaya pada HbO_2 dan Hb diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Perbedaan Penyerapan Cahaya oleh Hemoglobin

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa cahaya LED merah lebih banyak diserap oleh Hb dan cahaya inframerah lebih banyak diserap oleh HbO₂. Rasio perbedaan penyerapan cahaya tersebut yang menjadi acuan untuk menentukan saturasi O₂. Rasio (R) adalah jumlah perbandingan antara penyerapan cahaya LED merah dan cahaya LED inframerah. Nilai rasio dapat dihitung dengan rumus terdapat pada persamaan (2.2) dan (2.3) yaitu sebagai berikut:

$$SpO_2 = \frac{[HbO_2]}{[Hb] + [HbO_2]} \quad (2.2)$$

Keterangan :

[HbO₂] = Hemoglobin yang mengandung oksigen.

[Hb] = Hemoglobin yang tidak mengandung oksigen.

$$R = \frac{ac660/dc660}{ac940/dc940} \quad (2.3)$$

Keterangan :

R = Rasio

AC660 = *Alternating Component* pada LED merah (660 nm).

DC660 = *Direct Component* pada LED merah (660 nm).

AC940 = *Alternating Component* pada LED inframerah (940).

AC940 = *Alternating Component* pada LED inframerah (940).

Nilai SpO₂ dapat dihitung dengan memasukkan nilai R pada persamaan linier (2.4) (Hariyanto, 2016).

$$SpO_2 = 110 - 25 \times R \quad (2.4)$$

Keterangan :

SpO₂ = Saturasi O₂.

R = Rasio.

2.4 Sensor *Oximeter* DS-100A

Pada sensor *Oximeter* DS-100A terdapat komponen-komponen yaitu LED inframerah, LED merah, dan fotodiode. Sensor *Oximeter* DS-100A dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan *pin* pada sensor *Oximeter* DS-100A dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 4 Sensor *Oximeter* DS-100A (Lopez, 2012)

Berdasarkan pada Gambar 2.4, adapun *pin-pin* yang digunakan pada sensor *Oximeter* DS-100A dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 5 Pin pada Sensor *Oximeter* DS-100A (Lopez, 2012)

Sensor *Oximeter* DS-100A sangat kompatibel untuk *finger probe*, yang mana sensor ini terhubung dengan konektor tipe D-9. Sensor ini terdiri dari fotodioda, LED merah, dan LED inframerah (Gomathy, 2017).

2.4.1 LED

LED ialah jenis dioda yang dapat memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang bervariasi (Opel, 2015). LED merupakan komponen semikonduktor aktif yang bisa mengkonversi energi listrik menjadi energi cahaya, memiliki lebar spektral 10 nm yang dapat dimodulasi pada kecepatan tinggi. LED dapat memancarkan berbagai warna cahaya. Adapun jenis-jenis LED yaitu inframerah LED, cahaya tampak atau *visible light*, dan ultraviolet (Astuti, 2011).

Spektrofotometri *visible* atau spektrofotometri cahaya tampak, yang dapat dilihat oleh manusia memiliki spektrum gelombang 400 nm hingga 800 nm. Panjang gelombang untuk LED merah yaitu 600 nm hingga 800 nm, LED hijau 500 nm hingga 560 nm (Wiratama, 2014).

Inframerah ialah gelombang elektromagnetik dengan *range* panjang gelombang antara 750 nm hingga 10.000 nm. Jenis-jenis dari gelombang infrared yaitu *near* inframerah, *mid* inframerah, dan *far* inframerah. Jenis *near* inframerah dengan panjang gelombang 750nm hingga 2500 nm. Kelompok jenis *near* inframerah atau disingkat sebagai NIR ini biasa digunakan untuk melakukan pengukuran, karena NIR mampu menembus jaringan dengan tebal 1 mm hingga 100 mm, termasuk didalamnya dapat menembus tulang (Anwar, 2016).

2.4.2 Fotodioda

Fotodioda ialah sensor cahaya yang dapat mengubah perubahan intensitas cahaya yang diterima menjadi konduktansi pada terminal sensor tersebut. Fotodioda dapat mengalirkan arus listrik secara *forward bias* dimana arus listrik mengalir dari kaki anoda menuju kaki katoda pada saat menerima intensitas cahaya (Yanuadhi, 2016).

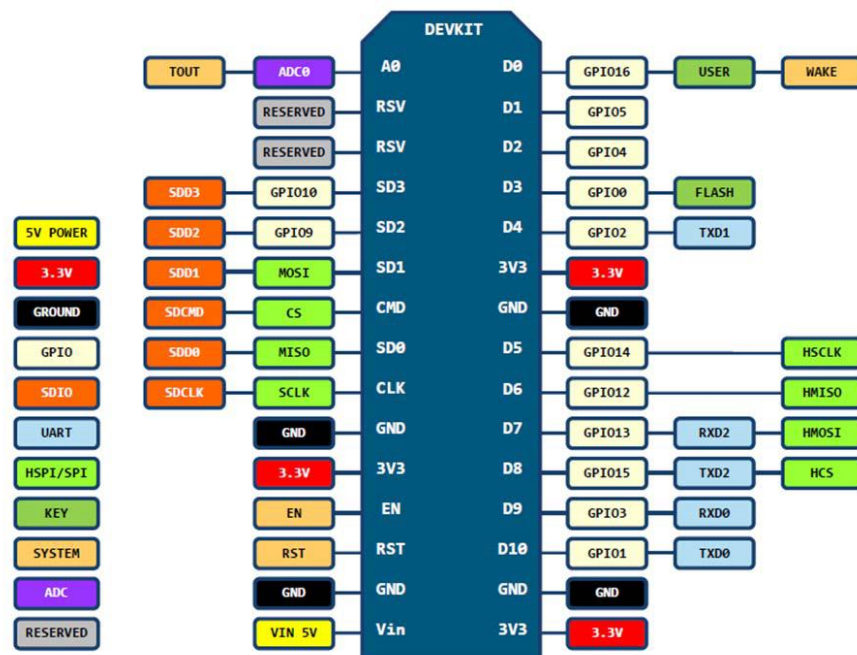
2.5 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 ialah mikrokontroler yang didesain oleh sistem Espressif. NodeMCU ESP8266 ialah mikrokontroler yang memiliki keunggulan yaitu dapat menjembatani fungsi mikrokontroler ke jaringan WiFi dan mampu menjalankan aplikasi secara mandiri serta dilengkapi dengan konektor USB *built in* dan memiliki *pin out* yang digunakan untuk *interface* terhadap komponen lainnya. Modul NodeMCU ESP8266 dapat diperlihatkan pada Gambar 2.6 dan *pin* yang terdapat pada modul ESP 8266 nodeMCU diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 6 Modul NodeMCU ESP8266

Adapun beberapa fungsi dari *pin out* pada modul NodeMCU ESP8266 dapat ditampilkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Pin pada Modul NodeMCU ESP8266

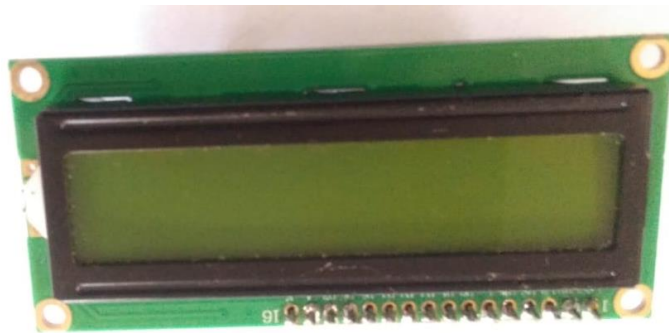
Adapun spesifikasi yang dimiliki oleh NodeMCU ESP8266 yaitu sebagai berikut :

1. Tegangan: 3.3V.
2. Konsumsi arus: 10mA-170mA.
3. Memori *flash* : maksimum 16MB (512K normal).
4. Terintegrasi TCP/IP *protocol stack*.
5. Prosesor: Tensilica L106 32 bit.
6. Kecepatan prosesor : 80-160MHz.
7. RAM: 32K + 80K.
8. GPIOs: 17 (termultiflexi dengan fungsi lainnya).
9. *Analog ke Digital*: 1 *input* dengan 1024 *step resolution*.
10. *Maximum concurrent TCP connections*: 5.

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD ialah suatu modul *display* elektronik yang digunakan untuk menampilkan informasi didalamnya. Layar LCD 16x2 ialah modul dasar dan sangatlah umum digunakan di berbagai perangkat dan sirkuit. LCD 16x2 memiliki kelebihan yaitu lebih ekonomis dan mudah diprogram. LCD 16x2 memiliki arti yaitu dapat menampilkan 16 karakter dalam 1 baris, dan 2 artinya memiliki 2 baris untuk memuat masing-masing 16 karakter. LCD memiliki 2 *register* yaitu *register command* dan data. *Command* yaitu daftar instruksi yang menyimpan perintah yang diberikan ke LCD untuk melakukan tugas yang telah ditetapkan oleh *user*. Contoh dari perintah itu sendiri yaitu menginisialisasi, membersihkan layar, mengatur posisi kursor, mengontrol layar, dan menampilkan karakter

pada layar. *Register* data berfungsi sebagai penyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD. Gambar 2.8 menunjukkan LDC 16x2.



Gambar 2. 8 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

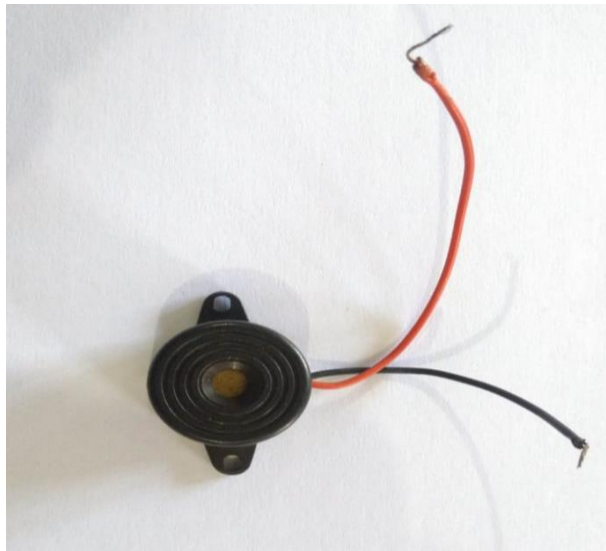
Berdasarkan pada gambar 2.8, adapun Tabel 2.2 menjelaskan *pin out* pada LCD sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Pin* pada LCD

<i>Pin No</i>	<i>Pin Name</i>	<i>Description</i>
1	VSS	Ground 0V
2	VDD	Logic Power Supply
3	V0	Operating Voltage For LCD
4	RS	Data
5	R/W	Read / Write
6	E	Enable Signal
7	DB 0	Data Bit 0
8	DB 1	Data Bit 1
9	DB 2	Data Bit 2
10	DB 3	Data Bit 3
11	DB 4	Data Bit 4
12	DB 5	Data Bit 5
13	DB 6	Data Bit 6
14	DB 7	Data Bit 7
15	LED_A	Back Light Anode
16	LED_K	Back Light Cathode

2.7 Buzzer

Buzzer ialah komponen elektronik yang berfungsi mengubah getaran listrik menjadi getaran suara, dapat digunakan sebagai indikator bahwa suatu proses telah selesai atau *reminder* jika terjadi suatu masalah pada alat (alarm). Adapun gambar dari pada komponen buzzer yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. 9 Buzzer

Berdasarkan pada Gambar 2.9, adapun spesifikasi yang dimiliki oleh buzzer dapat ditulis pada tabel berikut:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Buzzer

Parameter	Deskripsi	Min	Max	Units
Tegangan Operasi		3	16	Vdc
Konsumsi arus			50	mA
Tingkat tekanan suara	30 cm	102		dB
Suhu operasi		-30	85	°C
Frekuensi terukur		2300	3300	Hz
Suhu penyimpanan		-40	90	°C

2.9 Software Arduino IDE

IDE Arduino adalah perangkat lunak yang canggih dan menggunakan bahasa

C. IDE Arduino terdiri dari 3 komponen penting yaitu :

1. *Editor Program*

Editor Program merupakan sebuah jendela yang digunakan *user* dalam menuliskan dan *edit* program dalam bahasa *processing*.

2. *Compiler*

Compiler merupakan modul yang digunakan untuk mengubah kode program atau bahasa *processing* menjadi kode-kode biner agar mikrokontroler dapat mengakses perintah yang diberikan melalui kode biner.

3. *Uploader*

Uploader merupakan modul yang memuat kode biner dari suatu komputer ke dalam memori yang berada dalam papan Arduino (Feri, 2011).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Februari tahun 2019 sampai bulan Agustus 2019 di Laboratorium Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah
1	Laptop/PC	1 unit
2	Mikrokontroler NodeMCU ESP8266	1 unit
3	Sensor <i>oximeter</i> DS-100A	1 unit
5	Buzzer	1 unit
6	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) 16x2	1 unit
7	Kabel <i>Jumper</i>	Secukupnya

3.3 Spesifikasi Alat

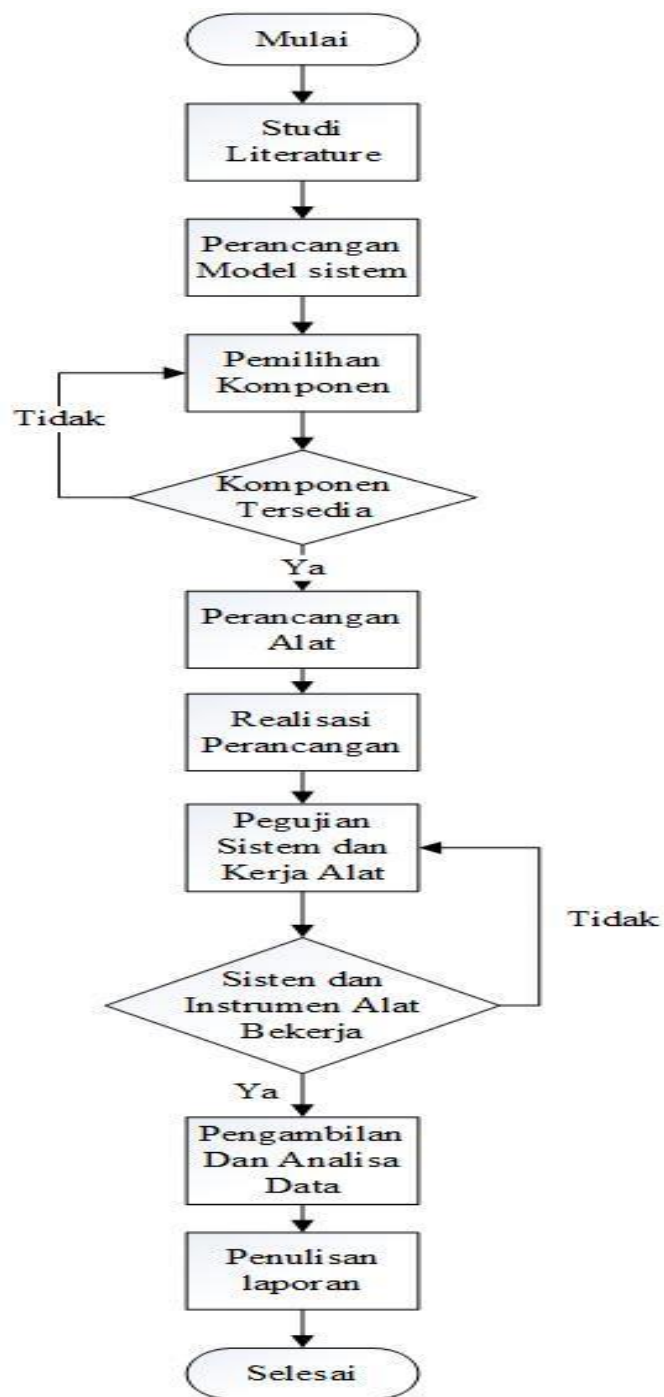
Adapun spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop/PC yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler NodeMCU ESP8266.

2. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai prosesor untuk mengendalikan *output* seperti yang kita inginkan.
3. Sensor *Oximeter* DS-100A berfungsi sebagai sensor untuk mengakuisisi saturasi O₂ dalam arteri manusia.
4. Buzzer berfungsi sebagai indikator yang mengindikasikan bahwa jumlah saturasi O₂ tidak normal.
5. LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 berfungsi sebagai tampilan dari persentase saturasi O₂.
6. Kabel *jumper*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini dituliskan dalam *flowchart* sebagai berikut:



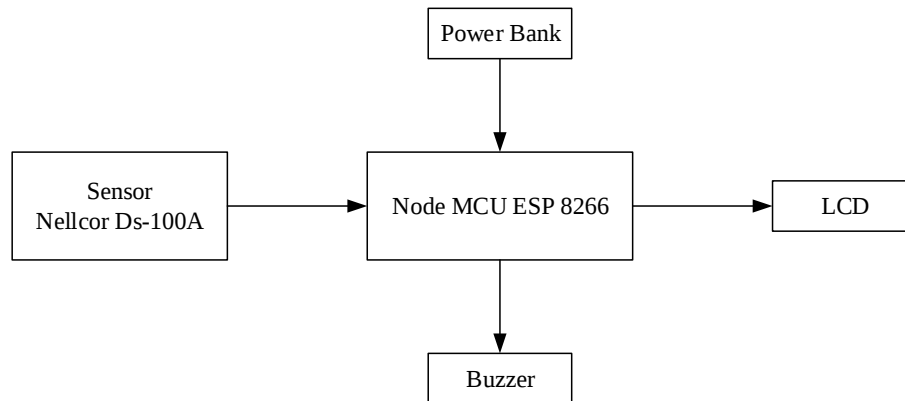
Gambar 3. 1 Blok Diagram Alir Penelitian

3.5 Metode Pengukuran

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran *non-invasive*. *Non-invasive* ialah metode yang digunakan untuk mengukur saturasi O_2 tanpa melukai tubuh atau tanpa mengambil sampel darah manusia. Metode *non-invasive* ini membutuhkan beberapa komponen yaitu LED merah, LED inframerah dan fotodioda. Hemoglobin yang tidak mengandung O_2 (*deoxyhemoglobin*) memiliki karakteristik tinggi penyerapan terhadap pancaran cahaya LED merah dengan panjang gelombang 660 nm dan Hemoglobin yang mengandung O_2 (*oxyhemoglobin*) memiliki karakteristik tinggi penyerapan terhadap pancaran cahaya LED inframerah dengan panjang gelombang 940 nm. Fotodioda digunakan sebagai *receiver* yang menerima perbedaan perbandingan pancaran cahaya yang terpancar melewati jari. Perbedaan pancaran cahaya inilah yang dideteksi oleh fotodioda sehingga dapat dikalkulasi untuk menghasilkan saturasi O_2 dalam satuan persen.

3.6 Diagram Blok Alat

Adapun blok diagram alat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Blok Alat

Gambar 3.2 dapat dijelaskan diagram blok alat yaitu terdapat sensor *oximeter* DS-100A sebagai pengakuisisi jumlah saturasi O₂ manusia yang terpasang pada jari, kemudian data yang terakuisisi akan diteruskan pada *pin* A0 pada mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 yang berfungsi sebagai ADC (*analog to digital converter*). Data pada mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 diolah menggunakan bahasa program C yang kemudian *output* akan ditampilkan pada LCD. Buzzer pada penelitian ini berfungsi sebagai indikator yang mengindikasikan bahwa saturasi O₂ pasien dalam keadaan abnormal atau terkena hipoksemia.

BAB V

SIMPULAN

5.1 SIMPULAN

Adapun simpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu :

1. Telah terealisasi alat ukur saturasi oksigen *non-invasive* menggunakan NodeMCU ESP 8266 dengan sensor *Oximeter* DS-100A.
2. Alat penelitian ini dapat menampilkan data jumlah saturasi oksigen pada tubuh manusia melalui LCD (*Liquid Crystal Display*).
3. Dapat memproses dan mengakuisisi saturasi oksigen secara *real time* dengan *error* sebesar 1.02%, dan akurasi sebesar 98.8%.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diajukan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat memodifikasi tampilan untuk *output* saturasi oksigen, seperti melalui *interface* PC atau Android.
2. Dapat menambahkan parameter pengukuran lainnya seperti BPM, Kolesterol, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, B. I., dkk. 2016. *Perancangan dan Implementasi Alat Ukur Kadar Glukosa Dalam Darah Secara Non-invasive Berbasis Arduino*. e-Proceeding of Engineering. Vol. 3.
- Astuti, S. D. 2011. *Potensi Blue Light Emitting Dioda (LED) untuk fotoinaktivasi Bakteri Staphylococcus aureus Bacteria dengan Porfirin Endogen*. JBP Vol. 13, No. 3.
- Collins, Julie-Ann, dkk. 2015. *Relating oxygen partial pressure, satturation and content: the haemoglobin–oxygen dissociation curve*. Breathe. Vol 11, No. 3
- Feri, D. 2011. *Pengenalan Arduino*. Penerbit Elexmedia.
- Gomathy, V. 2017. *Development of oxygen saturasion monitoring system by embedded electronics*. Washington : University of Arkansas, Fayetteville.
- Hariyanto, G. 2016. *Rancang Bangun Oksimeter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 16*. e-Proceeding of Applied Science. Vol. 2, No. 1
- Lee, M. 2013. *Basic Skills Lab in Interpreting Laboratory Data*. American Society of Health-System Phramacits.
- Lopez, S. 2012. *Oximeter Fundamental and Design*. Freescale Semiconductor Japan, Ltd. Japan. Rev. 2.
- Anonim. 2018. Piezo Buzzer Indicator. Headquarters.
- Opel, D. R., dkk. 2015. *Light Emitting Diode*. US, National Library of Madicine.
- Sakar, M., dkk. 2017. *Mechanism of Hypoxemia*. Lung India. Vol. 34.

Sinex, J. E.1999. *Pulse oximetry: Principles and limitations*. UK : The American Journal of Emergency Medicine.

Wiratama, A. R., dkk. 2014. *Rancang Bangun Telemonitoring*

Oxymetry, ECG, dan Temperature Nirkabel. e-Proceeding of Applied Science. 2014.

Yanuadhi, Y., dkk. 2016. *Rancang Bangun Oximeter Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega 16*. e-Proceeding of Applied Science. Vol. 2, No.