

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Laili et all terkait membandingkan hasil dari alat *pulse oximetry* dengan hasil yang ditampilkan *smartphone* yaitu pada aplikasi *Cayenne*. Sensor yang digunakan yaitu sensor MAX30100 yang nantinya akan berguna dalam mengukur kadar oksigen dan juga denyut jantung. Setelah itu hasil pembacaan sensor akan diolah oleh Wemos D1 yang kemudian akan ditampilkan pada Layar OLED, serta aplikasi *Cayenne* pada *handphone* melalui jaringan WIFI. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil perbandingan antara *bedside monitor* dengan *pulse oximetry* yaitu pada saturasi oksigen terdapat persentase kesalahan 2%, dan untuk detak jantungnya memiliki persentase kesalahan terbesar yaitu 1%. Dari penelitian ini juga membantu perawat ataupun dokter untuk efisiensi waktu dalam pengecekan kondisi pasien [9].

Kemudian penelitian oleh Adrian et all yang bertujuan untuk memonitor suhu tubuh, detak jantung, dan saturasi oksigen. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor MAX30102 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi saturasi oksigen dan detak jantung. Lalu untuk mendeteksi suhu tubuh, penulis menggunakan sensor DS18B20. Hasil dari deteksi sensor ditampilkan pada LCD dan juga pada *smartphone* yang sudah terintegrasi dengan modul ESP8266 yang terdapat pada mikrokontroler. Percobaan dilakukan dengan masing-masing lima percobaan, di mana pembanding untuk saturasi oksigen dan detak jantung adalah *pulse oximetry*, sedangkan pembanding untuk suhu yaitu menggunakan termometer digital. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil nilai rata-rata selisih untuk perekaman detak jantung yaitu sebesar 4,88%, untuk perekaman saturasi oksigen sebesar 1,22%, dan untuk perekaman suhu tubuh sebesar 0,92%. Untuk akurasi perangkat didapatkan hasil 98,78% saat mengukur saturasi oksigen, 95,12% untuk detak jantung, dan 99,07% untuk suhu tubuh [6].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Sofiani et all yaitu penelitian mengenai monitoring *Heart Rate* dan juga oksigen dalam darah menggunakan

modul komunikasi LoRa. Pada penelitian ini menggunakan sensor MAX30100, NodeMCU 8266 sebagai mikrokontroler, Arduino IDE sebagai *compiler* untuk mentransfer program ke dalam mikrokontroler, dan juga LoRa Ra-02 berfungsi untuk modul komunikasi yang akan mengirimkan hasil pengukuran dari sensor ke *smartphone*. Pengujian sensor dilakukan dalam beberapa kondisi, diantaranya bangun tidur, setelah olahraga, sehat, kurang sehat, dan setelah makan. Untuk pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan *line of sight* serta di dalam ruangan, jarak mulai dari 1 meter hingga 1,02 kilometer. Hasil dari penelitian tersebut antara lain didapatkan nilai 4,78% untuk persentase *error* detak jantung dan saturasi oksigen didapatkan hasil 1,94%. Kemudian jarak yang mampu dijangkau oleh Lora Ra-02 yang berfungsi untuk modul komunikasi dengan *line of sight* yaitu <1,02 km, sedangkan jarak jika di dalam ruangan yaitu <8,25 meter [7].

Selanjutnya yaitu penelitian Harianto et all yang membahas mengenai analisis sensor MAX30100 pada sistem yang mengukur drtak jantung dan saturasi oksigen dan ditampilkan pada aplikasi *Blynk*. Sensor yang digunakan yaitu MAX30100, lalu juga terdapat NodeMCU EPS8266 sebagai perangkat penghubung sistem ke *cloud*, data pengukuran ditampilkan pada layar OLED dan juga *Blynk* untuk menampilkan data pada *smartphone*. Pengujian dilakukan kepada tujuh orang dengan rentang usia 8 – 23 tahun, setiap pengujian dilakukan 8 kali percobaan untuk *heart rate* serta SpO2. Hasil dari penelitian ini bahwa tingkat akurasi pada *heart rate* yaitu sebesar 96,2%, sedangkan untuk saturasi oksigen yaitu sebesar 98,43% [10].

Kemudian penelitian yang terakhir yaitu penelitian Surya Sanjana et all yang bertujuan untuk memantau tanda alat vital berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor MAX30102 yang digunakan dalam pengukuran *heart rate* serta SpO2, lalu sensor akselerometer MPX5700DP yang digunakan sebagai sensor tekanan darah, serta berguna dalam pengukuran suhu menggunakan sensor suhu DS18B20. Selanjutnya setelah sensor-sensor melakukan pengukuran untuk hasil data, langkah selanjutnya yaitu data tersebut diproses oleh mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 terhubung pada konektivitas Wi-Fi agar dapat mengakses internet. Kemudian data akan dikirimkan ke *firebase* untuk disimpan maupun ditampilkan pada *website*. Hasil

dari penelitian tersebut antara lain nilai keakuratan pada pengukuran saturasi oksigen yaitu sebesar 98,77%, untuk sensor suhu sebesar 99,48%, keakuratan pada tekanan darah sebesar 98,31%, serta untuk denyut nadi yaitu sebesar 95,67%. Dan untuk hasil akuisisi data sistem yang bisa terkirim ke *Firebase* dengan nilai *packet loss* pada rentang 0,36%-2,04%, kecepatan *throughput* sebesar 51,6kbps-53,72kbps, dan untuk *delay* sebesar 44,99ms-46,34ms [11]. Berikut merupakan tabel yang meringkas mengenai penelitian sebelumnya yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

| Penulis | Judul | Tahun | Metode |
|----------------------|---|-------|---|
| Baiq Nurul Laili | Rancang Bangun <i>Pulse Oximetry</i> dengan Sistem Monitoring <i>Internet of Things</i> (IoT) | 2020 | Menggunakan sensor MAX30100 dan data akan diolah oleh Wemos D1. Hasil data akan ditampilkan pada layar OLED serta aplikasi <i>Cayenne</i> melalui jaringan WiFi. |
| Mohammad Aldi Adrian | <i>Health Monitoring System</i> dengan Indikator Suhu Tubuh, Detak Jantung, dan Saturasi Oksigen Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) | 2021 | Menggunakan sensor MAX30102 dan juga DS18B20 untuk mendeteksi suhu tubuh. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP8266 dan hasil data ditampilkan pada layar LCD. |
| Inda Rusdia Sofiani | Sistem Monitoring <i>Heart Rate</i> dan Oksigen dalam Darah Berbasis Lora | 2021 | Menggunakan sensor MAX30100, mikrokontroler NodeMCU 8266, dan Arduino IDE sebagai <i>compiler</i> . Data ditampilkan pada <i>smartphone</i> menggunakan modul komunikasi LoRa. |
| Budi Harianto | Analisis Penggunaan Sensor MAX30100 pada Sistem Pendeteksi Detak Jantung Berbasis IoT <i>Blynk</i> | 2021 | Menggunakan sensor MAX30100 dan juga mikrokontroler NodeMCU 8266. Hasil data akan ditampilkan pada layar OLED serta aplikasi <i>Blynk</i> . |
| Agung Surya Sanjaya | Pemantauan Tanda Alat Vital Non-Kontak Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32 | 2021 | Menggunakan sensor MAX30102, MPX5700DP untuk mengukur tekanan darah, dan DS18B20 untuk mengukur suhu. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP32 yang akan mengirimkan hasil data ke <i>website firebase</i> menggunakan WiFi. |

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Detak Jantung

Detak jantung merupakan salah satu tanda vital bagi manusia. Maka dari itu diperlukan adanya perhitungan detak jantung untuk mengetahui tingkat kesehatan seseorang. Detak jantung bisa dihitung pada saat manusia berada pada kondisi beristirahat atau sedang tidak melakukan aktifitas fisik. Perhitungan *heart rate* bisa dilakukan dengan menghitung perubahan tekanan darah yang merambat pada arteri. Selain itu, detak jantung juga bisa dihitung menggunakan *stethoscope* yang mana hal ini juga merupakan cara manual dan hanya dapat dilakukan oleh seseorang yang sudah terlatih. *Heart rate* normal seseorang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya umur serta jenis kelamin. Tabel 2.2 di bawah ini merupakan nilai normal *heart rate* seseorang dalam bit per menit.

Tabel 2. 2 Detak Jantung Manusia Normal Pria [12]

| No | Usia | Kondisi Tubuh | |
|----|-------|---------------|-------------|
| | | Istirahat | Aktifitas |
| 1 | 0-10 | 100-130 bpm | 130-170 bpm |
| 2 | 10-17 | 80-100 bpm | 120-160 bpm |
| 3 | >18 | 60-90 bpm | 100-150 bpm |

Pada Tabel 2.2 menampilkan detak jantung manusia normal berjenis kelamin laki-laki. Data tersebut dibedakan menjadi tiga bagian dengan rentang usia yang berbeda-beda. Pertama dari usia 0-10 tahun, lalu 10-17 tahun, dan yang terakhir yaitu dengan usia diatas 18 tahun. Pada tabel tersebut juga dibedakan lagi kedalam dua kondisi yang berbeda, yaitu pada saat kondisi istirahat dan juga kondisi setelah beraktifitas.

Pada saat kondisi istirahat, detak jantung manusia normal pria usia 0-10 tahun yaitu bernilai 100-130 bpm, usia 10-17 tahun bernilai 80-100 bpm, dan usia >18 tahun bernilai 60-90 bpm. Sedangkan pada saat kondisi setelah beraktifitas atau setelah berolahraga, detak jantung manusia normal pria usia 0-10 tahun bernilai 130-170 bpm, usia 10-17 tahun bernilai 120-160 bpm, dan untuk usia lebih dari 18 tahun bernilai 100-150 bpm.

Tabel 2. 3 Detak Jantung Manusia Normal Wanita [12]

| No | Usia | Kondisi Tubuh | |
|----|-------|---------------|-------------|
| | | Istirahat | Aktifitas |
| 1 | 0-10 | 105-130 bpm | 135-170 bpm |
| 2 | 10-17 | 83-100 bpm | 123-160 bpm |
| 3 | >18 | 65-90 bpm | 105-150 bpm |

Tabel 2.3 menampilkan detak jantung manusia normal berjenis kelamin wanita. Data tersebut dibedakan juga menjadi tiga bagian dengan rentang usia yang berbeda-beda. Pertama dari usia 0-10 tahun, lalu 10-17 tahun, dan yang terakhir yaitu dengan usia diatas 18 tahun. Pada tabel tersebut juga dibedakan lagi kedalam dua kondisi yang berbeda, yaitu pada saat kondisi istirahat dan juga kondisi setelah beraktifitas. Pada saat kondisi istirahat, detak jantung manusia normal wanita paling kecil yaitu bernilai 65 bpm dan paling tinggi yaitu bernilai 130 bpm. Sedangkan pada saat kondisi setelah beraktifitas, detak jantung manusia normal wanita paling kecil yaitu bernilai 105 bpm dan paling tinggi yaitu bernilai 170 bpm.

Dari kedua tabel di atas diketahui bahwasannya detak jantung normal seseorang dapat dibedakan dalam beberapa kriteria, antara lain yaitu jenis kelamin, usia, dan juga dalam kondisi tubuh sedang istirahat maupun setelah melakukan aktivitas [12].

2.2.2 Saturasi Oksigen

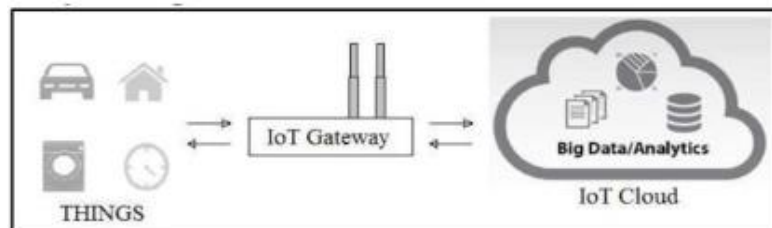
SpO₂ atau saturasi oksigen merupakan persentase hemoglobin (Hb) yang mengalami saturasi oleh oksigen. Pengamatan terhadap saturasi oksigen diperlukan guna mencegah serta mengenali risiko terjadinya hipoksia jaringan. Hipoksia jaringan ini nantinya akan mengakibatkan risiko trauma sekunder pada jaringan otak, di mana akan fatal yaitu bisa sampai mengakibatkan kematian.

Saturasi oksigen juga digunakan untuk mengetahui kondisi tubuh. Saturasi oksigen normal yaitu berkisar antara 95-100%, saturasi oksigen 90-94% berarti hipoksia, saturasi oksigen 85-89% berarti hipoksia serius, saturasi oksigen $\leq 85\%$ berarti mengalami hipoksia kritis, saturasi oksigen $\leq 92\%$ pada pasien yang memiliki penyakit pernapasan seperti *influenza* dan juga asma maka membutuhkan

oksigen tambahan, dan apabila saturasi oksigen $\leq 92\%$ dan pasien memiliki penyakit kronis seperti penyakit paru obstruktif kronik maka diperlukan penanganan lebih lanjut dari tenaga medis untuk dilakukan terapi oksigen jangka panjang [13].

2.2.3 *Internet of Things*

Internet of Things adalah kumpulan benda (*things*) yang dapat bertukar informasi, layanan, dan perangkat lain yang terhubung ke sistem untuk memberikan manfaat yang lebih besar. Contoh dari IoT ini yaitu sistem tertanam perangkat keras. Selain itu, istilah *Internet of Things* (IoT) mengacu pada konsep yang bertujuan untuk meningkatkan konektivitas internet secara berkelanjutan. Manfaat dari IoT antara lain sebagai *remote control* dan juga untuk berbagi data. Dalam proses pengumpulan data, memanfaatkan perangkat *Internet of Things* (IoT), sensor akan mengirimkan data ke server melalui internet. Berikut merupakan arsitektur *Internet Of Things* secara singkat [14].



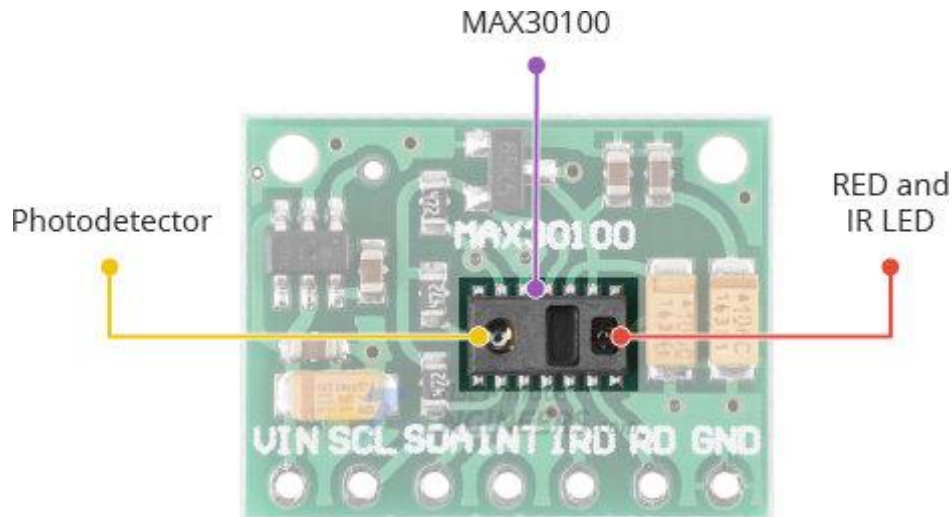
Gambar 2. 1 Arsitektur *Internet of Things* [14]

Gambar 2.1 merupakan gambar mengenai arsitektur *Internet of Things*. Berawal dari kumpulan benda-benda (*things*) kemudian terhubung dengan IoT gateway, terhubung juga dengan IoT Cloud dan nantinya akan kembali lagi menuju benda-benda yang terhubung satu sama lain (*things*).

2.2.4 Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 ini adalah alat yang berguna sebagai pemantauan *heart rate* serta SpO2. Cara kerja sensor tersebut yaitu dengan menyerap denyut jantung dan cahaya pada aliran darah melalui pembuluh darah. Sensor MAX30100 ini terdapat dua buah LED antara lain IR (*Infrared*) dan LED Merah serta terdapat satu potodetektor. Pendeteksi cahaya pada setiap sisi *probe* akan menyebarkan cahaya

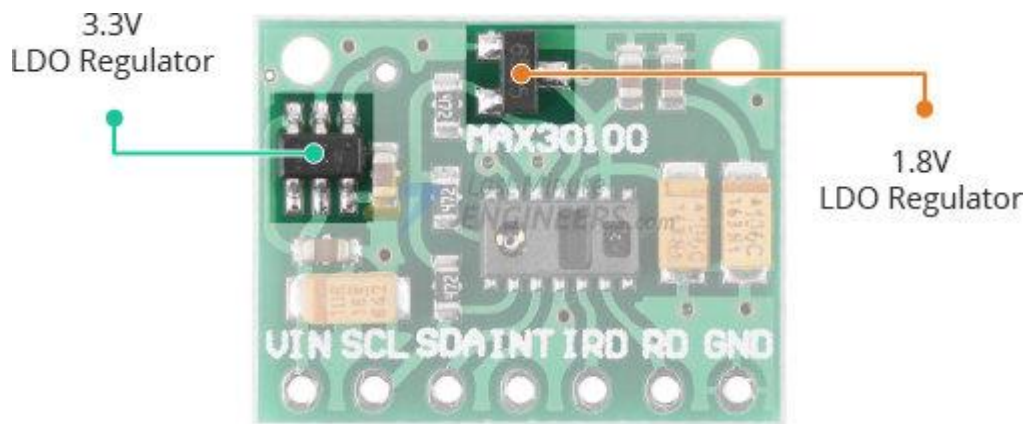
melewati jaringan tubuh. Hemoglobin yang mengandung banyak kadar oksigen akan menyerap LED Merah, sedangkan hemoglobin yang kurang atau tidak mengandung kadar oksigen akan menyerap *Infrared* [15].



Gambar 2. 2 Sensor MAX30100 [16]

Gambar 2.2 merupakan sensor MAX30100, pada sebelah kanan sensor MAX30100 terdapat dua LED yang ditandai dengan garis merah, yaitu LED *RED* dan LED *Infrared*. Sedangkan di sebelah kiri sensor MAX30100 yang ditandai dengan garis kuning memiliki *Photodetector* yang sangat sensitif. Pada hal ini, tangan akan disinari satu LED pada waktu bersamaan dan mendeteksi jumlah cahaya yang bersinar kembali ke detektor, serta bisa mengukur SpO2 dan *heart rate*.

Sensor MAX30100 atau *pulse oximeter* terintegrasi modern dan IC sensor detak jantung dari perangkat analog. Pada sensor MAX30100 ini menggabungkan dua LED, fotodetektor, optik yang dioptimalkan, dan pemrosesan sinyal analog dengan *noise* rendah untuk mendeteksi sinyal oksimetri nadi (SpO2) dan detak jantung (HR). LED RED dan juga *Infrared* (IR) nantinya akan memancarkan sinar dan akan ditangkap oleh *Photodetector*. Daya yang dibutuhkan oleh *chip* pada sensor MAX30100 membutuhkan dua suplai yang berbeda, yaitu 1.8V untuk IC dan 3,3V untuk LED RED dan IR. Sehingga sensor ini dilengkapi oleh dua regulator yaitu 3,3V dan 1,8V. Maka dari itu sensor ini memungkinkan untuk dihubungkan dengan berbagai mikrokontroler dengan I/O 5V, 3,3V, bahkan 1,8V.



Gambar 2. 3 LDO Regulator Sensor MAX30100 [16]

Gambar 2.2 menampilkan LDO regulator sensor MAX30100. Fitur yang menjadi keunggulan sensor MAX30100 adalah konsumsi dayanya yang rendah. Selama pengukuran sensor MAX30100 mengonsumsi daya kurang dari 600 μA . Sensor MAX30100 ini juga memungkinkan untuk digunakan pada mode siaga, di mana pada mode ini sensor hanya akan mengonsumsi daya sebesar 0,7 μA . Berdasarkan konsumsi dayanya yang rendah tersebut, maka sensor ini dapat diimplementasikan pada perangkat bertenaga baterai.

Sensor MAX30100 terdapat *buffer* FIFO yang digunakan untuk menyimpan sampel data. Pada FIFO terdapat 16 memori sampel yang berarti dapat menyimpan hingga 16 sampel detak jantung dan SpO₂. *Buffer* FIFO ini juga dapat melepaskan mikrokontroler dari setiap pembacaan sampel data baru yang dilakukan oleh sensor, sehingga menghemat daya sistem.

Fitur lain yang terdapat pada sensor MAX30100 ini yaitu dapat diprogram untuk menghasilkan interupsi. Sehingga saat data sedang dikumpulkan oleh sensor memungkinkan untuk mikrokontroler melakukan tugas lain. Lima sumber yang dapat dilakukan interupsi antara lain:

- *Power Ready* : terpicu saat *power-up* dalam kondisi mati listrik atau setelah kondisi mati listrik.
- *Data Detak Jantung Ready* : terpicu setelah data sampel detak jantung dikumpulkan.
- *Data SpO₂ Ready* : terpicu setelah data sampel SPO₂ dikumpulkan.

- *Temperature Ready* :terpucu saat konversi suhu internal mati setelah selesai.
- *FIFO Almost Full* : terpucu saat FIFO akan penuh dan data yang datang akan hilang.



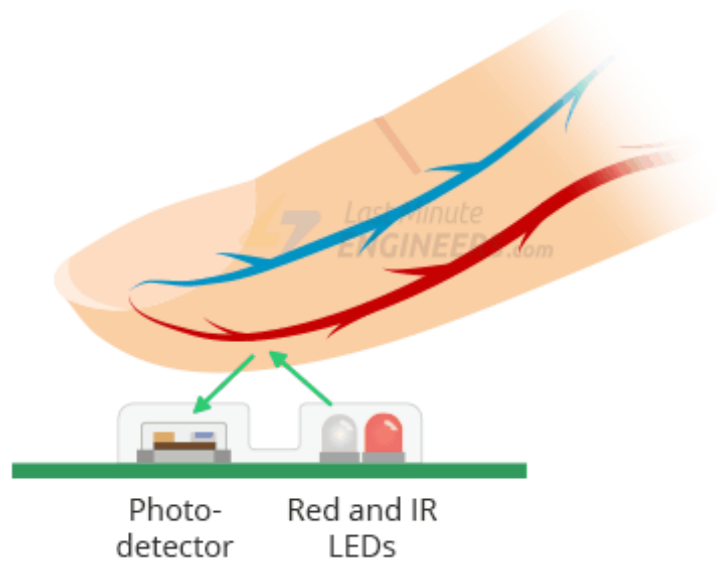
Gambar 2. 4 INT pada Sensor MAX 30100 [16]

Gambar 2.4 menampilkan pin INT pada sensor. Garis INT merupakan saluran terbuka, yang mana akan ditarik tinggi oleh resistor *onboard*. Pin INT akan berubah rendah dan akan tetap rendah dari interupsi terjadi sampai interupsi dihapus.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Teknis dari Sensor MAX30100 [16]

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Sumber Daya Listrik | 3,3V – 5,5V |
| Besaran Arus Listrik | 600 μ A (saat pengukuran) |
| | 0,7 μ A (selama mode siaga) |
| Panjang Gelombang LED <i>Red</i> | 660 nm |
| Panjang Gelombang LED <i>Infrared</i> | 880 nm |
| Kisaran Suhu | -40°C hingga +85°C |
| Akurasi Suhu | $\pm 1^\circ$ C |

Tabel 2.4 menampilkan spesifikasi teknis dari sensor MAX30100. Sensor MAX30100 memiliki sepasang LED dengan intensitas tinggi, yaitu LED *Red* dan *Infrared*. Di mana kedua LED tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda dan juga *photodetector*. Panjang gelombang pada masing-masing LED yaitu 660 nm untuk LED *Red* dan 880 nm untuk LED *Infrared*.



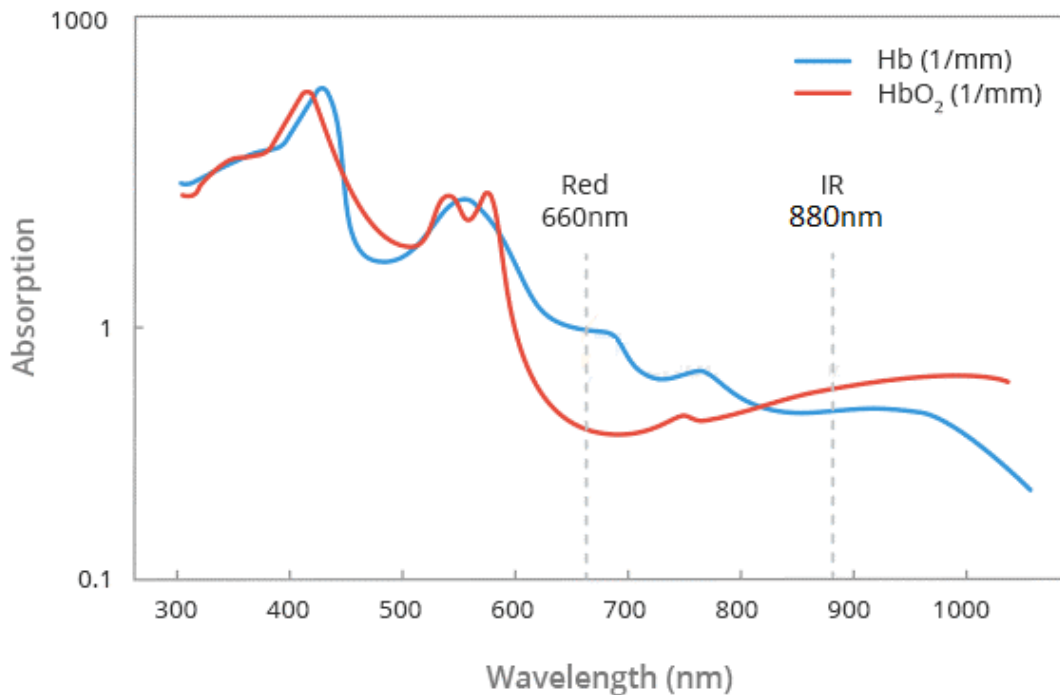
Gambar 2. 5 Cara Kerja Sensor MAX30100 [16]

Cara kerja dari sensor MAX30100 dapat dilihat pada Gambar 2.5 yaitu dengan menyorotkan kedua lampu ke ujung jari maupun daun telinga. Kedua bagian tersebut merupakan bagian yang biasa digunakan untuk mengukur SpO₂ serta *heart rate*, namun pada dasarnya dapat dilakukan di mana saja dengan syarat kulit tidak terlalu tebal sehingga kedua lampu dapat menembus jaringan kulit dengan mudah. Dan juga mengukur jumlah cahaya yang dipantulkan dengan *photodetector*. Metode deteksi detak melalui cahaya ini disebut *Photoplethysmogram*.

Cara kerja pada sensor MAX30100 dibagi dalam dua bagian, antara lain pengukuran *heart rate* dan pengukuran saturasi oksigen (SpO₂). Dalam pengukuran detak jantung LED yang berperan adalah LED *Infrared*, dikarenakan hemoglobin teroksigenasi (HbO₂) dalam darah memiliki karakteristik untuk menyerap sinar *Infrared*. Semakin tinggi hemoglobin dalam darah atau semakin merah darah tersebut, maka semakin banyak sinar *Infrared* yang diserap. Darah yang dipompa pada setiap detak jantung, jumlah cahaya yang dipantulkan berubah, sehingga menciptakan gelombang yang berubah pada *output photodetector*. Maka dari itu akan didapatkan pembacaan detak jantung.

Pada perhitungan saturasi oksigen didasarkan pada prinsip jumlah cahaya antara LED *Red* dan *Infrared* yang diserap bervariasi tergantung pada jumlah oksigen yang terdapat pada darah. Berikut merupakan gambar mengenai grafik

spektrum serapan hemoglobin teroksigenasi (HbO₂) dan hemoglobin terdeoksigenasi (Hb).



Gambar 2. 6 Grafik Spektrum Serapan Hemoglobin Teroksigenasi (Hbo₂) Dan Hemoglobin Terdeoksigenasi (Hb) [16]

Seperti yang tertera pada Gambar 2.6, bahwa darah yang terdeoksigenasi menyerap lebih banyak cahaya LED Red (660 nm), sedangkan darah yang teroksigenasi menyerap cahaya *Infrared* lebih banyak (880 nm). Dengan mengukur rasio cahaya IR serta MERAH yang ditangkap fotodetektor, tingkat oksigen (SpO₂) dalam darah bisa dihitung [16].

2.2.5 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan dari yang sebelumnya yaitu ESP8266. ESP32 ini dikenalkan oleh *Espressif System*, di mana pada mikrokontroler tersebut terdapat WiFi di dalam *chip* yang bisa digunakan untuk pembuatan sistem aplikasi berbasis *Internet of Things*. Pada ESP32 juga terdapat pin-pin sebagai *input* maupun *output* yang berguna untuk menyalakan lampu, LCD,

maupun menggerakkan motor DC. Berikut dipaparkan perbedaan antara ESP32 dengan mikrokontroler lain.

Tabel 2. 5 Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain [17]

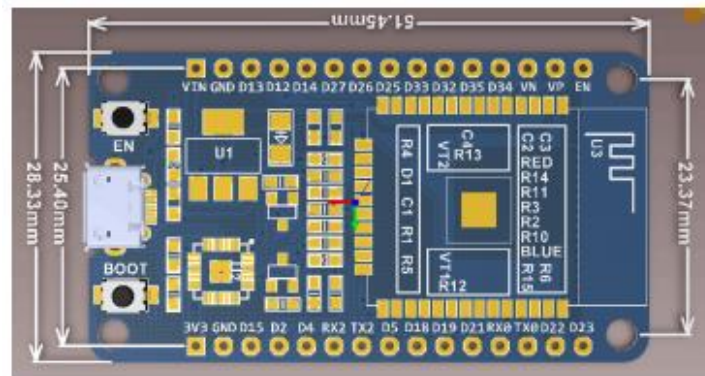
| | Arduino Uno | Node MCU ESP8266 | ESP32 |
|-----------------------|-----------------------|--|--|
| Tegangan | 5 Volt | 3,3 Volt | 3,3 Volt |
| CPU | Atmega328 – 16 MHz | Xtensa <i>single core</i> L106 – 60 MHz | Xtensa <i>dual core</i> LX6 – 160 MHz |
| Arsitektur | 8 bit | 32 bit | 32 bit |
| <i>Flash Memory</i> | 32 kB | 16 MB | 16 MB |
| SRAM | 2 kB | 160 kB | 512 kB |
| GPIO Pin (ADC/DAC) | 14 (6/-) | 17 (1/-) | 36 (18/2) |
| <i>Bluetooth</i> | Tidak ada | Tidak ada | Ada |
| WiFi | Tidak ada | Ada | Ada |
| SPI/I2C/UAR T | 1/1/1 | 2/1/2 | 4/2/2 |

Dapat dilihat dari Tabel 2.5 di atas bahwa terdapat perbedaan antara ESP32 dengan mikrokontroler yang lain, di mana hal tersebut merupakan keunggulan dari ESP32 sendiri. Seperti memori yang lebih besar, pin *out* dan pin analog lebih banyak, tersedia WiFi, dan juga terdapat *bluetooth 4.0 low energy* yang dapat diaplikasikan untuk *Internet of Things* [15]. Dapat dilihat untuk tampilan mikrokontroler ESP32 pada Gambar 2.7 sedangkan untuk tata letak dan dimensi mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.8 [18]



Gambar 2. 7 Tampilan Mikrokontroler ESP32 [18]

Gambar 2.7 merupakan tampilan mikrokontroler ESP32 yang terlihat dari atas dan juga bawah mikrokontroler. Mikrokontroler ESP32 dilengkapi Wi-Fi 2.4 GHz dan teknologi *Bluetooth* berdaya rendah. *Chip* ESP32 terdiri atas *microprocessor Xtensa 32bit*, *cryptographic hardware acceleration*, DAC, ADC, UART, CAN, SPI, dan I2C.



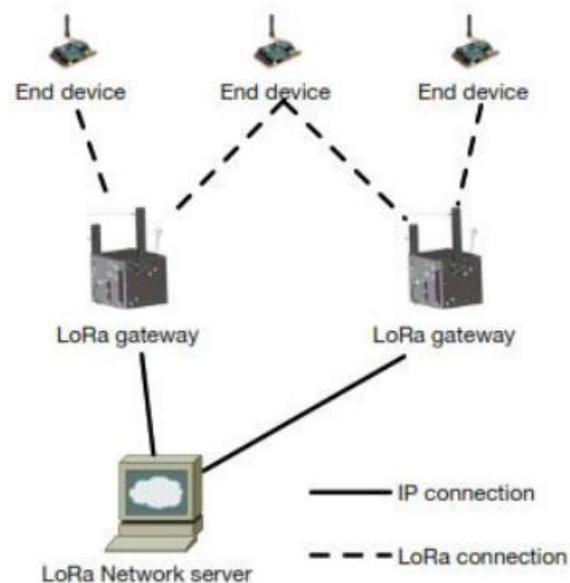
Gambar 2. 8 Tata Letak dan Dimensi Mikrokontroler ESP32 [18]

Gambar 2.8 merupakan gambar tata letak dan juga dimensi dari mikrokontroler ESP32. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwasannya terdapat 30 pin yang dapat digunakan. Terdapat juga tombol EN dan juga BOOT. Tombol EN pada ESP32 digunakan sebagai tombol reset yang berfungsi untuk mengatur ulang kode yang sedang berjalan pada mikrokontroler ESP32. Sedangkan tombol BOOT atau *Booting* digunakan untuk mengunggah program yang sudah dibuat pada Arduino IDE ke dalam *board* ESP32 [19].

2.2.6 Long Range (LoRa)

LoRa adalah sistem komunikasi IoT nirkabel berdaya rendah yang dapat berkomunikasi dengan jarak hingga 15 kilometer dalam kondisi LOS (*Line of Sight*). Karena kebisingan sistem transmisi, LoRa memiliki ketahanan yang baik. Kelebihan lainnya yaitu keamanan yang cukup tinggi dikarenakan yang terintegrasi dengan jaringan hanya *gateway*nya saja. LoRa juga lebih efisien untuk menghemat kanal komunikasi karena sebuah kanal cukup untuk *gateway* daripada sebuah kanal untuk setiap perangkat IoT. Pada umumnya, LoRa mengacu terhadap dua *layer* yang berbeda, antara lain.

1. *Physical Layer*, yaitu memakai *Chirp Spread Spectrum* (CSS) atau teknik modulasi radio. Pada *layer* ini memungkinkan LoRa untuk berkomunikasi jarak jauh, dengan *throughput* rendah, dan juga daya yang rendah. Kecepatan datanya mencapai 50 Kbps saat agregasi saluran digunakan dengan muatan setiap transmisinya dari 2-255 *byte*. *Layer* ini beroperasi pada pita ISM 433 MHz, 868 MHz, maupun 915 MHz, tergantung lokasi dari Lora tersebut digunakan. Muatan setiap transmisi dapat berkisar dari 2-255 *byte*, dan kecepatan data dapat mencapai hingga 50 Kbps saat agregasi saluran digunakan. Teknik modulasi adalah teknologi milik Semtech.
2. Protokol MAC *layer* (LoRaWAN), pada protokol ini menyediakan mekanisme kontrol akses, di mana akan banyak perangkat akhir yang berkomunikasi dengan *gateway* memakai modulasi LoRa. Kemudian LoRa adalah hak milik, LoRaWAN adalah standar terbuka yang dikembangkan oleh LoRa Alliance. [8].

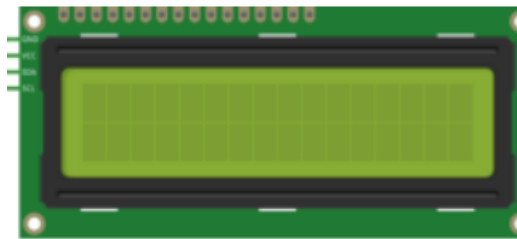


Gambar 2. 9 Ilustrasi Arsitektur Jaringan LoRa [8]

Gambar 2.9 merupakan ilustrasi mengenai arsitektur jaringan LoRa. Pada gambar tersebut terdapat beberapa *End Device* yang mendapatkan data dari LoRa *Gateway* yang digambarkan menggunakan garis putus-putus yang berarti LoRa *connection*. Kemudian LoRa juga mempunyai jaringan pusat yaitu LoRa *Network Server*, dimana LoRa *Gateway* terhubung dengan LoRa *Network Server* yang digambarkan dengan satu garis lurus yang berarti IP *connection* [8].

2.2.7 LCD 16x2

Liquid Crystal Display merupakan suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk menampilkan bilangan atau teks. Rangkaian LCD pada sistem ini disambungkan dengan *module Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Mikrokontroler I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan mikrokontroler I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock* [20].



Gambar 2. 10 LCD 16x2 [21]

Gambar 2.10 merupakan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang merupakan jenis media tampilan atau *display* dari bahan cairan kristal sebagai penampil utama. LCD I2C 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dengan tiap baris menampilkan 16 karakter. Di perancangan sistem ini, LCD berfungsi untuk menampilkan BPM (*Beats Per Minute*) yang berarti *heart rate* dan SpO2 yang berarti saturasi oksigen [21].

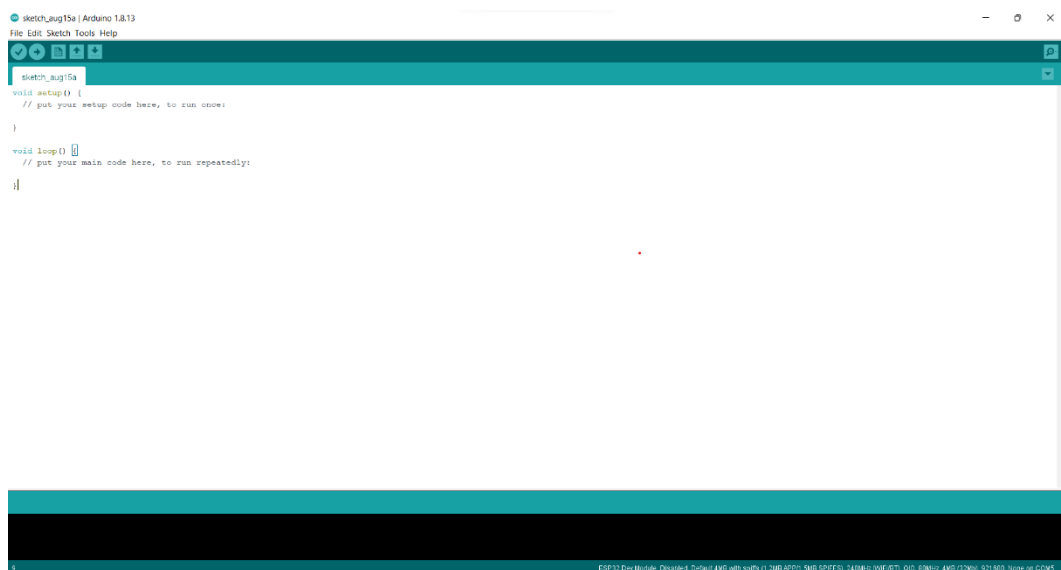
2.2.8 Arduino IDE

Dalam menuliskan kode sumber dibutuhkan Arduino IDE, dimana Arduino IDE ini merupakan program untuk menuliskan kode sumber ke dalam mikrokontroler arduino dan bahasa pemrogramannya sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C dan Java dikarenakan struktur bahasa pemrograman

dan penggunaan *library* yang mirip dengan C dan Java. *Software* Arduino IDE terdiri dari 3 (tiga) bagian:

- 1) *Uploader*, modul yang berfungsi memasukan kode biner kedalam memori mikrokontroler.
- 2) Editor program, untuk menulis dan mengedit program. *Listing* program pada Arduino disebut *sketch*.
- 3) *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa pemrograman yang dipahami oleh mikrokontroler.

Untuk struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* ini berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan, sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dihidupkan [22]. Berikut merupakan tampilan Arduino IDE yang tertera pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Tampilan Arduino IDE

2.2.9 Platform Antares

Antares merupakan *platform* IoT dari Telkom yang memiliki fitur seperti penyimpanan data dan manajemen perangkat yang tidak tergantung *platform*, artinya dapat mendukung semua jenis koneksi yang umum digunakan dalam solusi IoT seperti 3G/4G LTE, NB-IoT, dan LoRa. Antares juga menyediakan *library*

mikrokontroler berbasis Android dan Arduino untuk kemudahan pengembangan. Selain itu, Antares mematuhi standar *OneM2M* global, memungkinkan Antares untuk mengintegrasikan berbagai komponen *Internet of Things* dan memungkinkan aplikasi IoT untuk berinteraksi dengan data perangkat IoT dalam berbagai solusi industri [23].

Terdapat beberapa parameter yang terdapat pada *platform* Antares, namun pada penelitian ini, fokus penulis yaitu menganalisis dua parameter, yaitu *delay* dan RSSI. *Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman data dari *transmitter* ke receiver. *Delay* dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jarak dan media fisik. Sedangkan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) adalah parameter untuk mengetahui sensitivitas atau daya minimum sehingga sinyal dapat diterima. Sinyal dikatakan baik apabila RSSI yang diperoleh mendekati 0. Nilai RSSI dinyatakan dalam dBm dan memiliki nilai negatif. Nilai RSSI dapat dikategorikan dalam beberapa indikator, yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 [24].

Tabel 2. 6 Indikator Sinyal RSSI [24]

| RSSI (dBm) | Keterangan |
|---------------|--------------|
| -30 s/d -60 | Sangat kuat |
| -60 s/d -90 | Sangat baik |
| -90 s/d -105 | Baik |
| -105 s/d -115 | Buruk |
| -115 s/d -120 | Sangat buruk |

Tabel 2.6 di atas menunjukkan mengenai indikator sinyal RSSI yang terbagi menjadi lima bagian. Lima bagian tersebut yaitu RSSI dikatakan sangat kuat, sangat baik, baik, buruk, dan sangat buruk. RSSI dikatakan sangat kuat apabila bisa menyentuh angka -30 dBm, dan dikatakan sangat buruk apabila mencapai -120 dBm [24].