

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pemantauan Kesehatan

Sistem pemantauan kesehatan jarak jauh dalam *telemedicine* mengacu pada sumber daya, strategi, metode dan instalasi yang memungkinkan dokter atau profesional medis lainnya bekerja dari jarak jauh [16]. *Monitoring* kesehatan atau yang biasa disebut *medical check up*, kegiatan pengecekan tanda-tanda vital manusia yang meliputi frekuensi pernapasan atau kadar oksigen dalam darah, suhu tubuh dan tekanan darah. Melalui pemeriksaan yang diharapkan suatu gangguan kesehatan dapat dideteksi sejak dini, pengecekan ini untuk merencanakan metode penanganan dan pengobatan yang tepat sebelum penyakit berkembang.

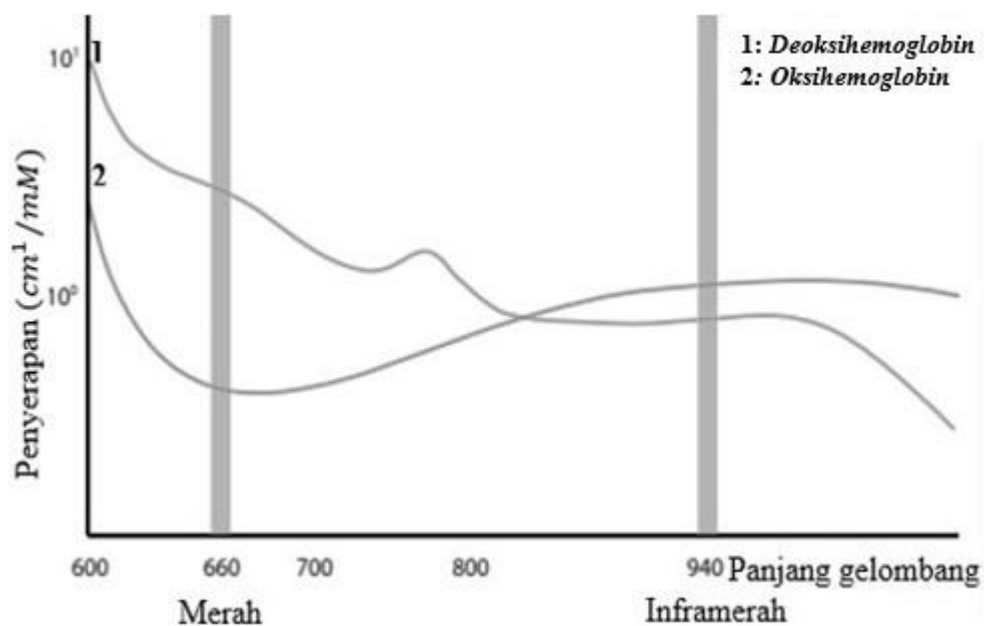
#### 2.2 SpO2 (Saturasi Oksigen)

Pengukuran SpO<sub>2</sub> secara *non invasive* didasarkan pada prinsip bahwa darah arteri menyerap cahaya saat denyut arteri berubah, dan keadaan denyut gelombang nadi direfleksikan oleh perubahan jumlah penyerapan cahaya, menurut Hukum Beer Lambert, pada saat pulsasi arteri, perubahan volum akan membuat jalur transmisi cahaya berubah, dan penyerapan cahaya darah arteri berubah, mengakibatkan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode [17]. Saturasi oksigen merupakan ukuran persentase dari hemoglobin yang mengikat oksigen dalam arteri [18]. Saturasi oksigen normal 95 sampai 100% jika kurang dari 95% dianggap rendah dan disebut hipoksemia [19]. Bahasa kedokteran menyebut SpO<sub>2</sub>. Hemoglobin merupakan molekul protein di dalam darah yang berfungsi untuk mengikat oksigen, karena saturasi oksigen bisa menunjukkan apakah hemoglobin bisa mengikat oksigen atau tidak. Sehingga kekurangan oksigen yang dapat mengakibatkan rusaknya organ organ yang penting dalam tubuh ditanggulangi, saturasi oksigen didefinisikan perbandingan oleh oxyhemoglobin dan deoxyhemoglobin. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada Persamaan (2.1.)

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2} \times 100 \quad (2.1)$$

Berdasarkan Persamaan (2.1)  $HbO_2$  merupakan hemoglobin yang teroksigenasi dan  $Hb$  merupakan hemoglobin yang tidak teroksigenasi, dengan Persamaan (2.1) perkiraan jumlah oksigen dalam darah, digambarkan sebagai persentase jumlah oksigen hemoglobin yang teroksigenasi ( $HbO_2$ ) dibagi terhadap total hemoglobin ( $Hb$ ) yang dijumlahkan dengan ( $HbO_2$ )

Oxyhemoglobin ( $HbO_2$ ) adalah hemoglobin yang sepenuhnya mengikat oksigen sedangkan deoxyhemoglobin ( $Hb$ ) adalah hemoglobin yang tidak sepenuhnya mengikat oksigen, untuk membandingkan serapan  $HbO_2$  dengan  $Hb$  ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Membandingkan Serapan  $HbO_2$  dengan  $Hb$  [20].

Gambar 2.1 menunjukkan serapan dalam kisaran merah ke inframerah, baik  $HbO_2$  maupun  $Hb$ , dapat dilihat bahwa pada 660 nm ter deoksigenasi.  $Hb$  menyerap lebih banyak cahaya daripada hemoglobin teroksigenasi  $HbO_2$  sedangkan pada inframerah sebaliknya. Hukum Beer-Lambert memungkinkan penentuan konsentrasi zat penyerap cahaya dalam larutan ketika intensitas dan panjang gelombang cahaya yang datang, panjang jalur transmisi dan karakteristik absorbansi zat tersebut diketahui [21]. *Pulse oximetry* dapat beroperasi baik dalam mode transmisi atau refleksi dimana penyerapan diukur dengan jumlah cahaya yang ditransmisikan melalui jaringan atau jumlah cahaya yang dipantulkan kembali.

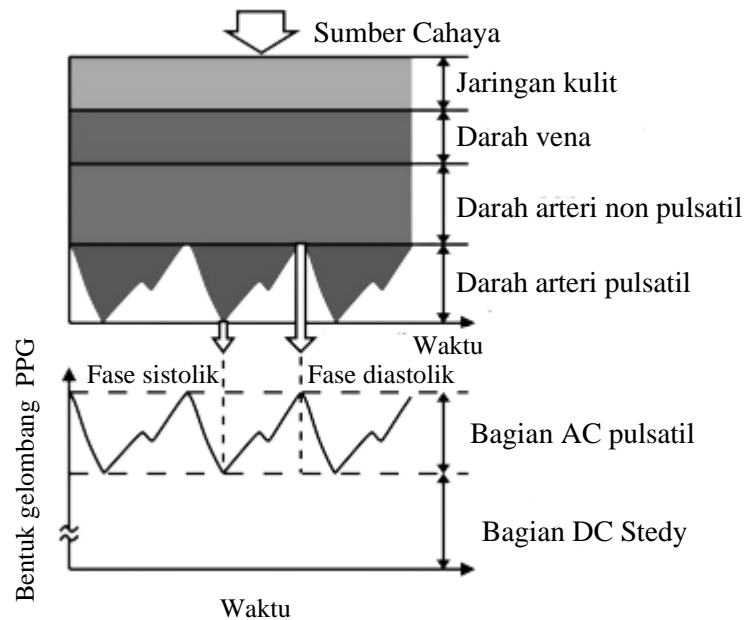
Saturasi oksigen dihitung menggunakan rumus yang disediakan sample Maxim Integrated™ [22] yang ditunjukkan pada Persamaan (2.2) dan Persamaan (2.3).

$$R = \frac{AC_{Red} \div DC_{Red}}{AC_{IR} \div DC_{IR}} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) Rasio (R) didapatkan membagi komponen hasil dari bagi komponen  $AC_{Red}$   $DC_{Red}$  dibagi dengan  $AC_{IR}$   $DC_{IR}$ . SpO<sub>2</sub> dihitung menggunakan rumus Maxim Integrated seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.3).

$$SpO_2 = aR^2 + bR + c \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) menunjukkan nilai R atau rasio didapatkan oleh Persamaan (2.2). a, b, dan c merupakan koefisien kalibrasi. Berikut merupakan gambaran komponen AC dan DC dari sinyal PPG dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komponen AC dan DC dari sinyal PPG [23].

Gambar 2.2 menunjukkan deteksi PPG berbentuk gelombang transmisi yang memiliki arus searah DC dan arus bolak balik AC, komponen DC dari bentuk gelombang PPG sesuai dengan yang ditransmisikan atau sinyal optik tercermin dari jaringan tergantung pada struktur jaringan volume rata rata darah arteri dan vena, komponen DC berubah secara perlahan sedangkan komponen AC berfluktuasi sesuai dengan perubahan volume darah yang terjadi antara siklus sistolik dan diastolik jantung [23].

### 2.3 Detak Jantung Per menit (BPM)

Detak jantung merupakan suatu proses yang terjadi dalam tubuh manusia yang bertugas mengalirkan darah keseluruh tubuh. Jantung memompa darah ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah arteri yang menyebabkan pembuluh darah arteri mengalami kontraksi atau pada pembuluh meregang dan mengecil. Sehingga untuk mengukur detak jantung dapat dilakukan pada pembuluh darah arteri dengan menggunakan *photoplethysmography*.

Detak jantung normal saat istirahat pada bayi adalah 100 sampai 180 BPM, pada balita 100 sampai 130 BPM, pada anak-anak 80 sampai 100 BPM, dan pada remaja adalah 60 sampai 100 BPM. BPM adalah satuan dalam pengukuran detak jantung dalam satu menit. Penelitian lain menunjukkan bahwa detak jantung cenderung menurun seiring bertambahnya usia [24]. Berikut merupakan jumlah detak jantung per menit terhadap usia pasien dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Detak Jantung Per menit Berdasarkan Usia [24].

Usia	Minimal (BPM)	Maksimal (BPM)	Rata -Rata
Baru Lahir	100	180	140
1 bulan sampai 1 tahun	80	160	120
1 tahun sampai 3 tahun	80	130	105
3 tahun sampai 6 tahun	80	120	100
6 tahun sampai 12 tahun	65	100	83
12 tahun sampai 19 tahun	60	90	85
19 tahun sampai 69 tahun	60	100	80
> 70 tahun	60	100	80

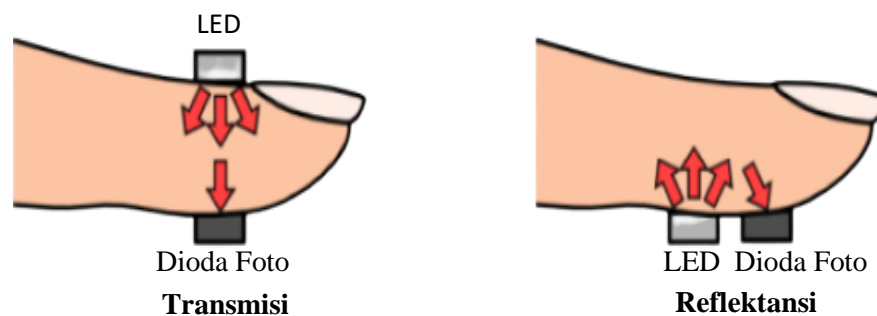
Tabel 2.1 menunjukkan detak jantung per menit berdasarkan usia, dimulai dari baru lahir sampai usia dewasa. Sinyal PPG adalah intensitas cahaya yang terdeteksi berubah karena sistolik dan siklus jantung diastolik, atau juga dikenal sebagai perubahan detak jantung. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan salah satu siklus ini dikenal sebagai variabilitas detak jantung.

### 2.4 *Photoplethysmography*

*Photoplethysmography* merupakan metode untuk mengukur jumlah cahaya yang diserap atau dipantulkan oleh pembuluh darah dalam jaringan hidup. Jumlah penyerapan atau pemantulan optik bergantung pada jumlah darah yang ada di jalur optik. Pengukuran yang berbasis optik yang dapat digunakan untuk mendeteksi

perubahan volume darah serta dapat mendeteksi perubahan cahaya yang diserap dalam darah, memanfaatkan dua buah LED berwarna merah dan inframerah serta dioda foto [25]. Dioda foto berguna sebagai mengukur intensitas cahaya yang berhubungan dengan perubahan volume darah dan cahaya yang terserap oleh darah. Perangkat PPG yang menggunakan cahaya yang berbeda, panjang gelombang dan intensitas berdasarkan dioda pemancar cahaya. Panjang gelombang cahaya yang lebih pendek sangat diserap oleh melanin [26].

Darah menyerap cahaya lebih banyak didaerah ultraviolet dan inframerah namun lampu merah dan cahaya inframerah dekat dan mudah ditransmisikan hasilnya. Panjang gelombang inframerah telah digunakan sebagai sumber cahaya untuk sensor PPG. Pengukuran PPG mempunyai dua metode yaitu transmisi dan reflektansi, dioda foto diletakan diantara jari serta transmisi LED dioda foto diletakan sejajar seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Metode Photoelectric a.Transmisib.Reflektansi.

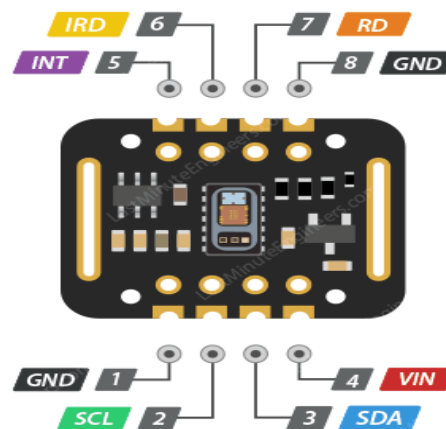
Gambar 2.3 dalam mode transmisi cahaya yang ditransmisikan melalui media terdeteksi oleh dioda foto yang berlawanan dengan sumber LED, sedangkan dalam mode reflektansi dioda foto mendeteksi cahaya yang diserap atau dipantulkan dari jaringan, tulang, maupun pembuluh darah. Metode yang digunakan pada *Photoplethysmography* baik reflektansi maupun transmisi membutuhkan penggunaan sumber cahaya dan sumber pendeteksi cahaya *Light Emitting Diode* (LED) dan fotodetektor yang sangat sensitif biasa digunakan, perbedaan antara kedua mode adalah pada pengaturan sensor.

*Mode* transmisi mampu mendapatkan sinyal yang relatif lebih baik, namun lokasi pengukuran terbatas, agar efektif sensor dapat ditempatkan pada bagian

tubuh yang dimana cahaya ditransmisikan dengan mudah dideteksi, seperti ujung jari, hidung, dan daun telinga [26]. *Mode* reflektansi mudah digunakan dan berbagai tempat pengukuran mudah ditempatkan namun mode reflektansi terpengaruh oleh gerakan dan gangguan tekanan, setiap aktivitas fisik dapat merubah gerakan yang merubah sinyal PPG.

## 2.5 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 digunakan sebagai modul untuk mengukur detak jantung dan konsentrasi oksigen dalam darah yang berisi LED merah, LED inframerah, dan dioda foto yang dapat mengubah energi cahaya menjadi arus listrik serta amplifier yang dapat memperkuat sinyal yang dihasilkan oleh dioda foto. Sensor ini menggunakan komunikasi I2C, *driver bus* I2C bersifat *open drain* dan membutuhkan resistor *pull-up* pada I2C SDA dan SCL agar data keluaran sensor dapat terbaca pada saat sinyal *low* 0 volt dan sinyal *high* [27]. Pengukuran tersebut kemudian diproses, sensor MAX30102 yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



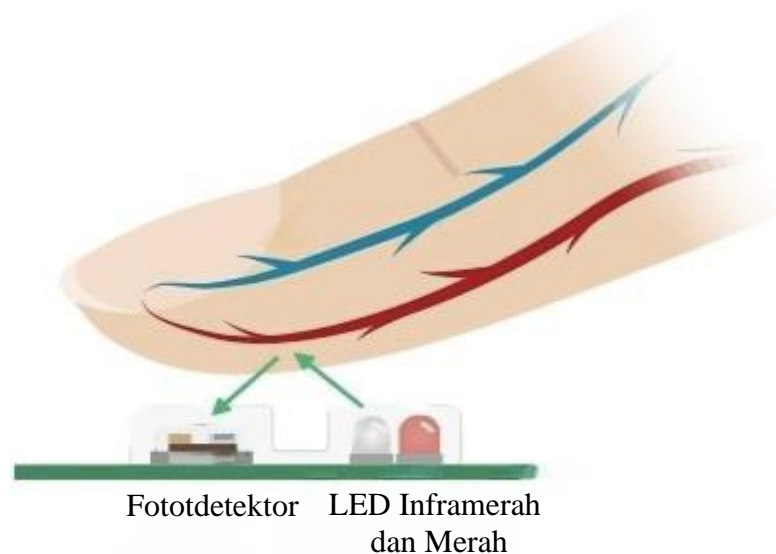
Gambar 2.4 Sensor MAX30102 [28].

Gambar 2.4 merupakan gambaran sensor MAX30102 yang memiliki koneksi *pin* VIN adalah *pin* daya yang dihubungkan pada mikrokontroler yang beroperasi pada catu daya 1,8V untuk IC dan catu daya 3,3V untuk LED merah dan inframerah terpisah untuk LED internal. SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) adalah pin untuk protokol I2C sebagai pengirim maupun penerima data. INT dapat digunakan sebagai intrupsi untuk setiap pulsa, saluran ini terbuka *drain*, sehingga ditarik *high* oleh resistor pada *onboard*, ketika intrupsi terjadi INT menjadi *low*. IR berfungsi

mengintegrasikan *driver* LED untuk menggerakkan pulsa LED untuk pengukuran SpO<sub>2</sub> dan BPM, digunakan jika ingin menggerakkan LED inframerah sendiri. RD digunakan untuk menggerakkan LED merah. Sensor MAX30102 memiliki kelebihan dibandingkan dengan sensor lain memiliki ukuran kecil dan ringan serta memiliki daya tahan yang baik terhadap interferensi elektromagnetik.

## 2.6 Cara Kerja MAX30102

MAX30102 terdiri dari sepasang LED dan fotodetektor yang memiliki panjang gelombang masing masing adalah 660 nm untuk merah dan 880 nm untuk inframerah. MAX30102 bekerja dengan LED menyinari jari dan mengukur jumlah cahaya yang dipantulkan menggunakan fotodetektor [29]. fotodetektor pada sensor MAX30102 terhubung dengan amplifier digunakan untuk mendeteksi pulsa pembuluh darah yang terjadi saat detak jantung, fotodetektor menangkap cahaya yang dipancarkan oleh pembuluh darah yang terpapar oleh sensor kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik. Metode deteksi pulsa melalui cahaya ini sering disebut *photoplethysmogram*. Gambar 2.5 adalah sistem kerja MAX30102.



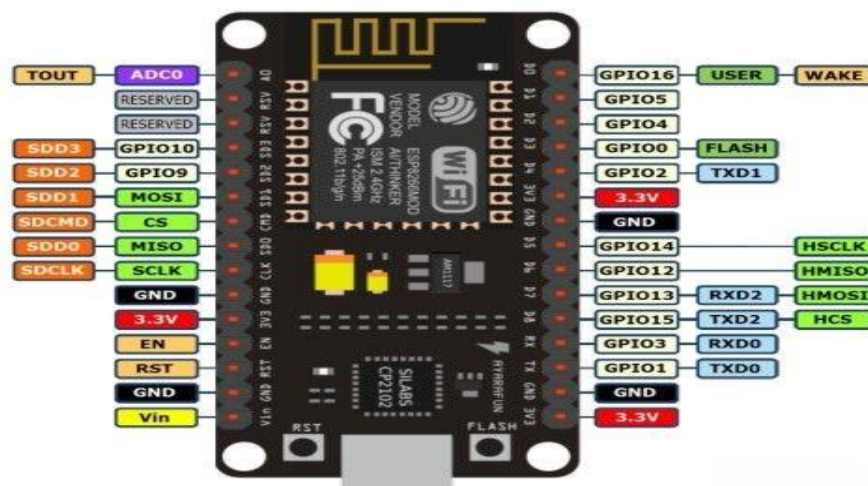
Gambar 2.5 Sistem Kerja MAX30102

Gambar 2.5 memvisualkan sebuah sensor MAX30102 yang terdiri dari fotodetektor dan LED inframerah dan merah. LED inframerah dan merah akan menyinari jaringan kulit pada jari dan mengukur jumlah cahaya yang dipantulkan menggunakan fotodetektor. Sensor MAX30102 terdapat LED merah digunakan

untuk mendeteksi pulsasi pada saat detak jantung bekerja, pulsasi pembuluh darah yang terjadi pada saat detak jantung bekerja akan menyebabkan perubahan pada intensitas cahaya yang dipancarkan kembali oleh jaringan tubuh, dan LED inframerah mengukur perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan kembali oleh jaringan tubuh pasien yang disebabkan oleh oksigen dalam darah. Kegunaan MAX30102 dibagi menjadi dua bagian untuk mengukur *Beats Per Minute*(BPM) dan SpO2. Hemoglobin teroksigenasi dalam darah arteri memiliki karakteristik menyerap sinar IR, semakin tinggi hemoglobin maka semakin banyak sinar IR yang diserap. Saat darah dipompa melalui jari dengan setiap detak jantung, jumlah cahaya yang dipantulkan berubah, menciptakan bentuk gelombang yang berubah pada *output* fotodetektor.

## 2.7 NodeMCU ESP8266

NodeMCUESP8266 merupakan mikrokontroler ESP8266 buatan Espressif System terdiri dari perangkat keras dengan format ESP8266 *on-chip* yang terintegrasi dengan Wi-Fi, Bluetooth dan berbagai *periferal*, dapat memudahkan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* yang memerlukan koneksi *wireless*, format ESP8266 dan menggunakan bahasa pemrograman Lua, ESP8266 NodeMCU membutuhkan tegangan operasi 2,5V hingga 3,6V, ESP8266 ditunjukkan pada Gambar 2.6.



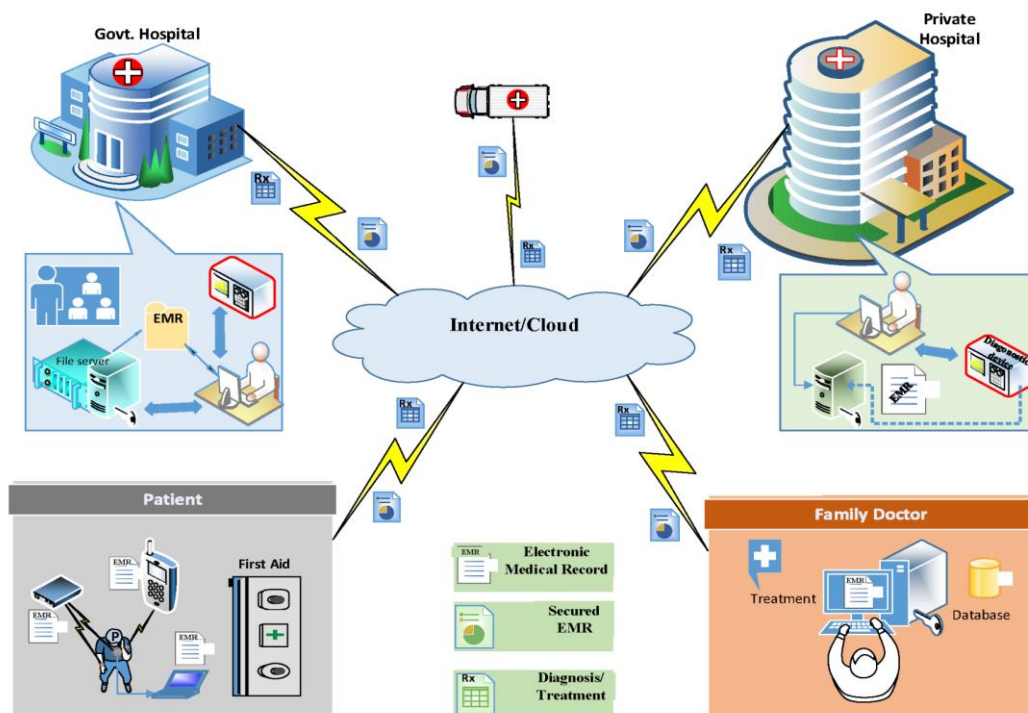
Gambar 2.6 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 [30].



Gambar 2.6 memvisualkan tampilan dari ESP8266 modul WiFi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler agar dapat terhubung dengan WiFi dan membuat koneksi TCP/IP, modul Wifi ini berbasis *Single on Circuit* yang dapat digunakan tanpa bantuan mikrokontroler lain. ESP8266 memiliki total 30 *pin*, dengan *pin* GPIO sebanyak 17 *pin* yang dapat diberi fungsi berbeda dengan memprogram register yang sesuai.

## 2.8 IoT(Internet of Things)

*Internet of things* adalah sebuah konsep yang terhubung dengan koneksi *wireless* maupun *wired* yang dapat berinteraksi satu sama lain dan objek lain untuk menciptakan sesuatu yang baru baik berupa layanan aplikasi untuk menciptakan lingkungan yang cerdas yang membuat energi, transportasi kota, kesehatan, menjadi lebih mudah diakses dimana saja [31]. *Internet of Things* memanfaatkan sinergi yang dihasilkan oleh konvergensi internet konsumen bisnis dan industri yang menghubungkan orang, data, dan berbagai hal lainnya yang memanfaatkan *cloud* untuk menciptakan layanan yang luas. Sistem *Internet of Things* yang ditunjukkan Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Internet of Things* dalam Konteks *Healthcare* [32].

Gambar 2.7 merupakan contoh *Internet of Things* pada bidang kesehatan, dengan terhubungnya mobil penjemputan pasien, rumah sakit, pasien, keluarga pasien, dan juga dokter seperti ditunjukkan gambar 2.7 memudahkan pelayanan kesehatan dan penanganan pasien yang terhubung dengan internet atau *cloud* dapat digunakan sebagai perangkat pemantauan kesehatan pasien yang memerlukan perhatian khusus menggunakan pemantauan berbasis IoT ini, untuk menganalisis dan menyimpan informasi menganalisis data secara nirkabel. Kelebihan dari penggunaan IoT dalam dunia kesehatan memungkinkan pelayanan dapat dilakukan lebih efisien.

## 2.9 Blynk

Aplikasi Blynk pada ponsel cerdas menyediakan sebuah *graphical user interface* (GUI), sebuah monitor dan laporan [33]. *Platform* IoT digunakan sebagai media untuk menyimpan data *monitoring* dan juga memberikan notifikasi. *Internet of things* merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet. *Internet of things* adalah struktur dimana objek orang disediakan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah atau manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. Aplikasi Blynk digunakan untuk mendukung aplikasi IoT dalam pemantauan kesehatan.

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan OS Android untuk mengendalikan Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dalam penelitian ini Blynk digunakan untuk mendukung aplikasi IoT dalam sistem pemantauan kesehatan, yang memungkinkan pengguna dapat menyimpan data detak jantung dan kadar oksigen dalam darah berupa data informasi, khususnya data pasien. Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama, yaitu aplikasi, *serve*, dan *libraries*. Blynk *server* berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara *smartphone* Android dan *hardware*. Widget yang tersedia pada Blynk diantaranya adalah *Button*, *Value Display*, *History Graph*, *Twitter* dan *Email*, Blynk merupakan wadah kreatifitas untuk membuat antarmuka

grafis untuk proyek yang ingin diimplementasikan dengan metode *Drag and Drop Widget*, pengendalian jarak jauh dapat dilakukan dengan aplikasi *platform* aplikasi Blynk, dimanapun selama terhubung dengan internet dengan koneksi yang stabil.

## 2.10 KajianPustaka

Beberapa penelitian telah membuat penelitian berupa pengukuran SpO<sub>2</sub> dan BPM. Penelitian sebelumnya membahas tentang perancangan sistem *monitoring* saturasi oksigen dan denyut nadi menggunakan sensor MAX30100 berbasis IoT dengan Telegram sebagai penyampaian informasi terhadap pasien yang dipantau, dengan persentase kesalahan pada saturasi oksigen sebesar 0,96% dan denyut nadi 1,63% [34].

Penelitian selanjutnya membahas kekurangan oksigen pada tubuh yang dapat menyebabkan tubuh merasa mudah kelelahan, maka dibuatlah alat yang dapat mendiagnosa tubuh seseorang kekurangan oksigen yaitu oximetri dengan menggunakan sensor MAX30100 dengan mikrokontroler arduino nano yang dilengkapi dengan modul *bluetooth* HC-05 [35]. Metode penelitian ini menggunakan PPG reflektansi dan mencoba membandingkan dengan metode transmisi. Penelitian ini mendapatkan kesimpulan metode reflektansi lebih stabil dibandingkan menggunakan metode transmisi dengan keakuratan 95% pada pengukuran menggunakan sensor MAX30100 dengan tambahan dua resistor sebagai *pull-up*.

Penelitian selanjutnya merancang alat ukur saturasi oksigen dan detak jantung yang dapat ditampilkan pada GUI, menggunakan arduino nano dengan cara menghubungkan hasil pembacaan sensor menggunakan USB [36]. Pengukuran yang diperoleh dari penelitian ini adalah pengukuran SpO<sub>2</sub> dan BPM menggunakan sensor MAX30100 dengan tampilan menggunakan desktop *Graphic User Interface* (GUI) dengan rata rata *error* 0.84% untuk SpO<sub>2</sub> dan 1,6 BPM.

Penelitian ini mencoba melakukan pengukuran kejenuhan kadar oksigen dalam darah berbasis Android [37]. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi. Pengukuran yang diperoleh penelitian ini adalah pengukuran SpO<sub>2</sub> dengan rata rata persentase *error* sebesar 1,378% dan BPM sebesar 2,34%. Pengukuran yang dilakukan menggunakan sensor MAX30100

Penelitian berikutnya merancang sebuah alat pendeteksi gejala hipoksia menggunakan metode *decision tree* berdasarkan detak jantung dan kadar oksigen. Penelitian ini menggunakan metode *decision tree* untuk mendapatkan nilai klasifikasi hipoksia atau normal, dengan prototipe alat MAX30100 sebagai sensor untuk mengukur SpO<sub>2</sub>, LCD sebagai *output*, dan Arduino sebagai pengolah dan pengklasifikasian data. Hasil pengukuran dari penelitian ini didapatkan 97,66% keakuratan detak jantung, dan 98,75% untuk keakuratan saturasi oksigen [38].

Berdasarkan referensi yang didapatkan, pengukuran SpO<sub>2</sub> dan BPM akan dilakukan menggunakan sensor MAX30102. Sensor ini memiliki akurasi yang tinggi dan konsumsi daya yang rendah dibandingkan dengan sensor MAX30100. MAX30102 juga memiliki kinerja deteksi sinyal yang lebih baik dan kapasitas penyimpanan buffer FIFO yang lebih besar, yaitu 32 sampel dibandingkan dengan 16 sampel pada MAX30100. Penelitian ini akan menggunakan sistem IoT dengan aplikasi Blynk untuk memantau kondisi kesehatan seseorang, termasuk SpO<sub>2</sub> dan BPM. Selain itu, penelitian ini menggunakan baterai Litium yang dapat diisi ulang, sehingga tidak perlu mengganti baterai dan mudah untuk pengisian daya saat baterai habis.