

LAPORAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

We-DCare : *Wearable Device* Pemantauan Kesehatan Tubuh Manusia Berbasis *Internet of Things*



Penyusun:

Gina Bhita Shafira (18524033)

Chalief Yafi Sudira (18524121)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

HALAMAN PENGESAHAN

We-DCare : *Wearable Device* Pemantauan Kesehatan Tubuh Manusia Berbasis *Internet of Things*

Penyusun:

Gina Bhita Shafira (18524033)

Chalief Yafi Sudira (18524121)

Yogyakarta, 25 Juli 2022

Dosen Pembimbing 1



Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., PhD

NIP. 025240101

Dosen Pembimbing 2



Dr. Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan, S.T., M.T

NIP. 195240101

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

We-DCare : *Wearable Device* Pemantauan Kesehatan Tubuh Manusia Berbasis *Internet of Things*



Disusun oleh:

Gina Bhita Shafira 18524033

Chalief Yafi Sudira 18524121

Telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal: 3 Agustus 2022

الإسلام الإندونيسي
Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., PhD

Anggota Penguji 1 : Husein Mubarak, S.T., M.Eng,

Anggota Penguji 2 : Abdullah 'Azzam, S.T., M.T.

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 16 Agustus 2022

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, paten merupakan milik bersama antaraa tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 10 Agustus 2022



Gina Bhita Shafira (18524033)



Chalief Yafi Sudira (18524121)

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| <i>HALAMAN PENGESAHAN</i> | 2 |
| <i>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</i> | 3 |
| <i>DAFTAR ISI</i> | 5 |
| <i>RINGKASAN TUGAS AKHIR</i> | 6 |
| <i>BAB 1 : Definisi Permasalahan</i> | 7 |
| <i>BAB 2 : Observasi</i> | 10 |
| <i>BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem</i> | 12 |
| 3.1 Usulan Rancangan Sistem | 12 |
| 3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem | 21 |
| <i>BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem</i> | 23 |
| 4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem | 23 |
| 4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya | 24 |
| 4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi | 24 |
| <i>BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis</i> | 26 |
| 5.1 Hasil dan Analisis Implementasi | 26 |
| 5.1.1 Kalibrasi Sensor | 26 |
| 5.1.2 Data Hasil Uji Coba | 30 |
| 5.2 Pengalaman Pengguna | 35 |
| 5.3 Dampak Implementasi Sistem | 36 |
| 5.3.1 Teknologi/Inovasi | 36 |
| 5.3.3 Ekonomi | 37 |
| <i>BAB 6 : Kesimpulan dan Saran</i> | 38 |
| 6.1 Kesimpulan | 38 |
| 6.2 Saran | 38 |

RINGKASAN TUGAS AKHIR

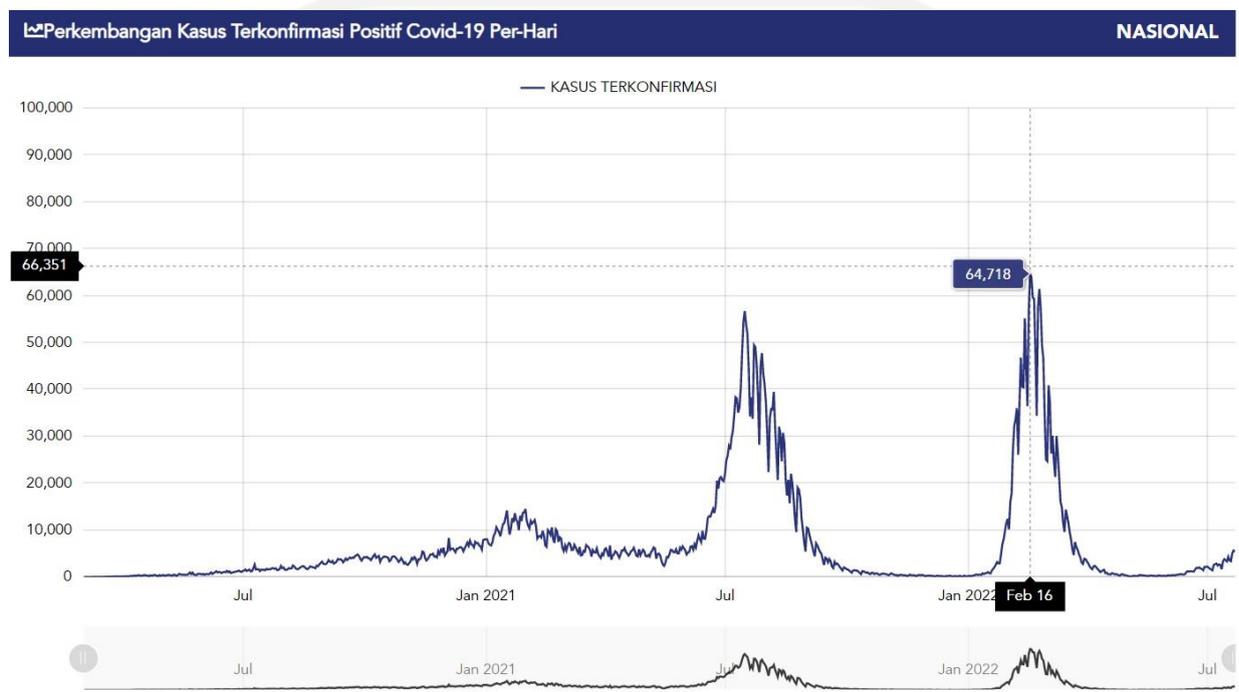
Virus *novel coronavirus (covid-19)* di Indonesia berkembang sangat pesat hingga menyebabkan beban berlebih di rumah sakit. Pasien dengan gejala ringan dianjurkan untuk melakukan isolasi mandiri di rumah masing-masing. Namun, pasien isolasi mandiri tidak diberikan fasilitas agar keadaannya dapat dipantau oleh ahli medis di rumah sakit. Minimnya pengetahuan, menyebabkan pasien melakukan diagnosis mandiri yang dapat mengakibatkan salah penanganan hingga berakibat fatal, yaitu adanya kasus pasien isolasi mandiri meninggal. Adanya permasalahan tersebut, penulis mengusulkan untuk membuat *wearable device* berupa gelang yang dapat mengukur detak jantung, saturasi oksigen (SpO₂) dan suhu tubuh secara *real-time* sebagai faktor penentu dalam memperkuat diagnosis pasien. Dari desain tersebut, pengguna dapat membawa alat ke mana saja dengan nyaman karena dilengkapi dengan proteksi tahan dengan keringat pengguna. Selain itu, terdapat pemberitahuan melalui email ke rumah sakit dan pengguna ketika pembacaan data tidak sesuai dengan standar kesehatan.

Digunakan mikrokontroler Wemos ESP32 Mini sebagai perangkat IoT, MAX30100 sebagai sensor SpO₂ dan detak jantung tubuh, dan MLX90614 sebagai sensor suhu tubuh. Data pembacaan dari sensor akan dikirimkan ke *000webhost* dan disimpan menggunakan *database phpMyAdmin* menggunakan Wi-Fi mikrokontroler, sehingga rumah sakit dapat memantau pengukuran setiap parameter melalui *website* dan pengguna melalui aplikasi Android yang didesain menggunakan kodular. Selain itu, pengguna dan rumah sakit dapat mengakses riwayat pengukuran pada *website* maupun aplikasi Android. Digunakan baterai dengan kapasitas 500mAh sebagai sumber daya alat. Pada penelitian ini, terdapat beberapa perbedaan realisasi penggunaan komponen dari usulan, seperti perubahan penggunaan mikrokontroler IoT berupa ESP32 menjadi Wemos ESP32 Mini, sensor suhu SMT172 menjadi MLX90614, baterai LiR2032 menjadi lithium polimer HST 582728, dan penambahan rangkaian regulator serta *module charger*. Perubahan dan penambahan komponen ini dilakukan untuk membuat alat menjadi versi terbaik hingga dapat bekerja secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan.

Pada proses uji coba, penulis mendapatkan nilai akurasi pembacaan suhu tubuh sebesar 98,96%, detak jantung tubuh sebesar 95,07%, dan SpO₂ tubuh sebesar 98,59%. *Delay* pengiriman data dari *serial monitor* pada Arduino IDE ke *website* sebesar dua detik dan ketahanan penggunaan baterai selama 1 jam 39 menit 26 detik. Berdasarkan hasil uji coba, alat sudah memenuhi spesifikasi sebagai usulan terbaik. Dampak teknologi atau inovasi, yaitu alat dapat digunakan untuk mengukur kesehatan tubuh berupa detak jantung, SpO₂, dan suhu tubuh menggunakan *wearable device*. Data pemantauan dapat dipantau melalui *website* rumah sakit dan aplikasi Android pengguna serta dilengkapi riwayat pembacaan. Dampak ekonomi, yaitu biaya produksi alat lebih rendah apabila dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada. Diharapkan, alat yang dibuat oleh penulis menjadi layanan medis yang membantu fasilitas rumah sakit.

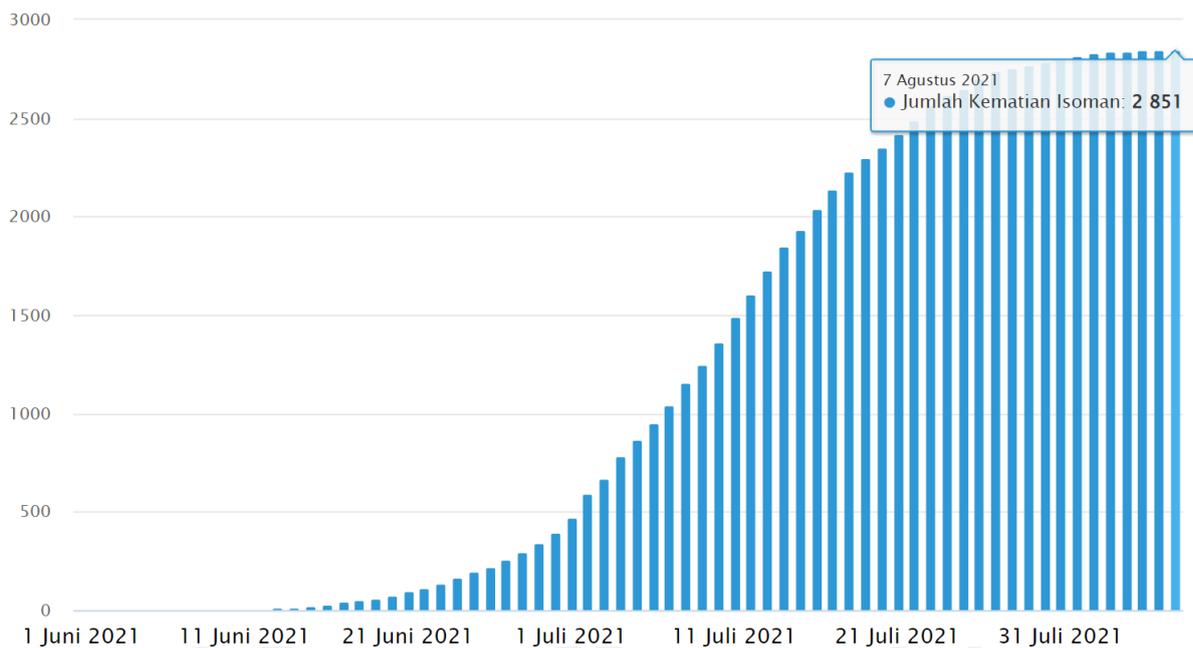
BAB 1 : Definisi Permasalahan

Sejak pertama kali teridentifikasi virus menular terbaru di Wuhan, Cina yang disebabkan oleh *novel coronavirus* pada tahun 2019, yaitu *coronavirus disease-19*. Pada 2 Maret 2020, Presiden Joko Widodo mengumumkan bahwa terdapat dua warga Indonesia yang teridentifikasi positif terjangkit virus tersebut [1]. Perkembangan *covid-19* di Indonesia berkembang sangat pesat. Dari awal teridentifikasi hingga bulan Februari, terdapat penambahan kasus baru terbanyak pada 16 Februari 2022 yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 [2].



Gambar 1.1 Perkembangan kasus terkonfirmasi positif *covid-19* per hari nasional

Lonjakan kasus *covid-19* menyebabkan jumlah pasien di rumah sakit terus meningkat. Melihat keadaan ini, pasien dengan gejala ringan dianjurkan untuk melakukan isolasi mandiri di rumah masing-masing untuk mengurangi beban berlebih di rumah sakit. Namun, belum ada sistem pemantauan yang terhubung antara pasien isolasi mandiri dengan pihak ahli medis hingga terjadi mandiri. Hal tersebut mengakibatkan adanya peningkatan jumlah kasus pasien isolasi mandiri yang meninggal dengan jumlah tertinggi mencapai 2.851 pada 7 Agustus 2021 (Gambar 1.2) [3]. Bahkan, terdapat kasus penemuan seorang pria yang terjangkit positif *covid* meninggal di penginapan oleh pelayan yang hendak mengantarkan makan pagi [4].



Gambar 1.2 Grafik jumlah kematian isolasi mandiri hingga 7 Agustus 2021

Berdasarkan kasus tersebut, dirumuskan permasalahan “Bagaimana cara ahli medis dapat memantau kondisi pasien isolasi mandiri yang terpapar *COVID-19* secara *real-time*?”.

Penggunaan internet di tengah kerumitan pelayanan rumah sakit di masa pandemi dapat dimanfaatkan menjadi munculnya teknologi pada bidang kesehatan secara digital. Penulis mengajukan suatu usulan berupa aplikasi pada Android dan *website* menjadi sistem pemantauan pasien isolasi mandiri secara *real-time*. Pemantauan tersebut akan dikirimkan ke rumah sakit, sehingga dapat membantu ahli medis dalam melakukan pengawasan. Terdapat beberapa batasan realistis dari aspek *engineering*, yaitu alat didesain berupa *wearable device* agar mudah dibawa ke mana saja dengan akurasi yang tinggi, alat tidak akan mengganggu pergerakan, dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang menggunakan konektivitas Wi-Fi. Adapun batasan masalah, yaitu sistem pemantauan dapat aktif selama alat digunakan di pergelangan tangan pengguna, hasil pemantauan dapat diakses melalui aplikasi *We-DCare* dan *website*, dan terdapat sistem pemantauan kurang dari standar kesehatan akan muncul peringatan, sehingga dapat memudahkan ahli medis untuk memberi layanan khusus.

Usulan solusi sistem tersebut bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan tidak adanya sistem pemantauan khusus dari ahli medis untuk pasien isolasi mandiri secara *real-time* yang menjadi penyebab adanya kasus pasien isolasi mandiri meninggal. Manfaatnya, sistem ini didesain agar untuk mengirimkan dan menampilkan data pembacaan saturasi oksigen (SpO₂), detak jantung, dan suhu tubuh manusia. Parameter data tersebut merupakan faktor penentu dalam memperkuat diagnosis pasien secara *real-time* pada *website* dan aplikasi Android. Perubahan

sistem tubuh pada pembacaan data parameter tersebut akan dipantau dan diawasi penuh oleh ahli medis. Selain itu, alat ini dilengkapi oleh fitur pemberitahuan melalui email ketika pembacaan data tidak sesuai dengan standar kesehatan, sehingga akan mempermudah ahli medis untuk memprioritaskan penanganan kepada keadaan pasien yang darurat. Diharapkan dengan adanya sistem ini, rumah sakit dapat memberikan kualitas layanan yang sama antara pasien di rumah sakit dan pasien isolasi mandiri.



BAB 2 : Observasi

Tahap observasi dilakukan agar penulis dapat memastikan bahwa rancangan sistem *monitoring* kesehatan tubuh secara *real-time* berbasis IoT yang dibuat sudah sesuai dengan batasan yang telah ditentukan. Metode observasi yang digunakan adalah studi literatur terhadap jurnal yang berkaitan dengan masalah dan tujuan dari topik tugas *capstone*. Penulis mendapatkan informasi riset yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sehingga penelitian ini akan menghasilkan sistem yang terbaik untuk menangani masalah yang diangkat.

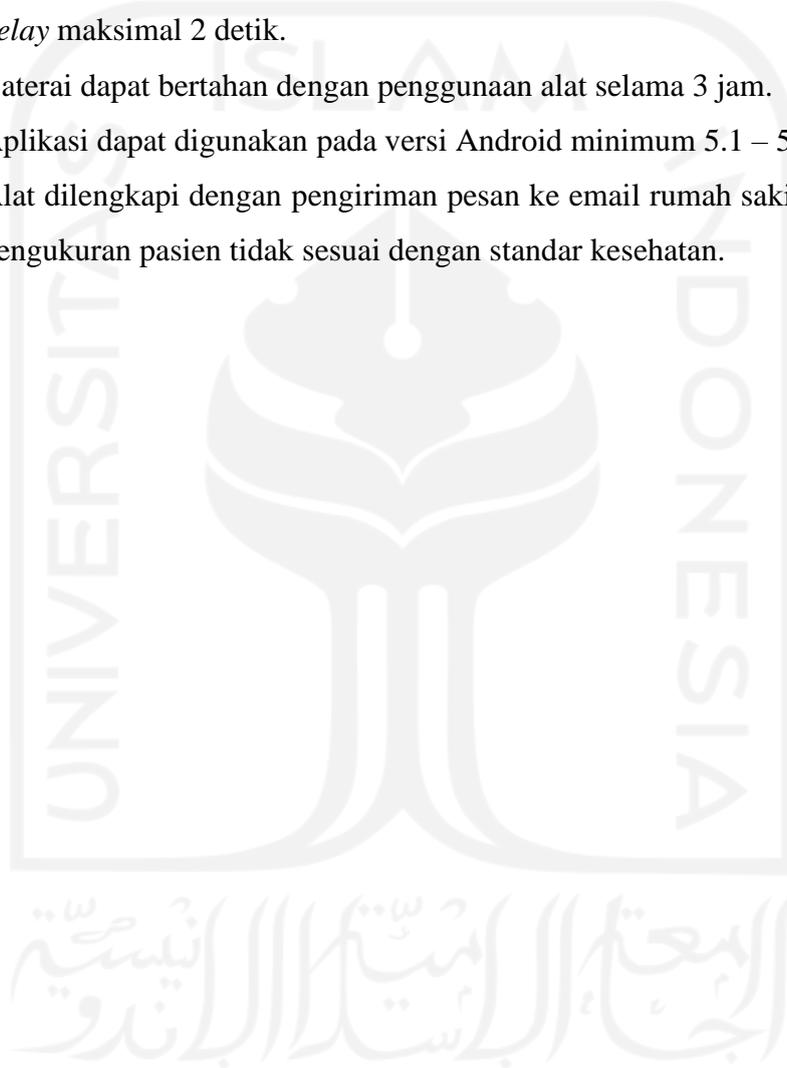
Tabel 2.1 Kumpulan studi literatur terhadap jurnal yang berkaitan dengan proyek Tugas Akhir

| Penulis | Usulan Solusi | Hasil / Evaluasi |
|-------------------|--|--|
| Anwar, dkk [5] | Sistem pemantauan <i>real-time</i> data SpO2 dan detak jantung tubuh manusia menggunakan sensor MAX30102 serta suhu tubuh manusia menggunakan sensor DS18B20 yang dikirimkan melalui <i>Bluetooth</i> ESP32 ke <i>Android</i> dan <i>server thingspeak</i> . | Hasil pembacaan parameter sesuai dengan standar akurasi, namun saat membaca suhu tubuh manusia memiliki respons yang kurang cepat, yaitu kurang dari 20 detik. Sistem yang dibuat tidak terdapat pemberitahuan ketika keadaan pasien kurang dari standar kesehatan. Dampaknya, ahli medis tidak dapat memberikan penanganan secara optimal. |
| Asmawaty, dkk [6] | Sistem pemantauan <i>real-time</i> data SpO2 dan detak jantung tubuh manusia menggunakan sensor MAX30102 serta suhu tubuh manusia menggunakan sensor MLX90614 yang dikirimkan melalui Wi-Fi Arduino WeMos D1 Mini ke <i>website</i> rumah sakit. | Hasil pembacaan parameter sesuai dengan standar akurasi. Sistem yang dibuat tidak menggunakan aplikasi Android sehingga masih belum fleksibel dan tidak ada pemberitahuan apabila keadaan pasien kurang dari standar kesehatan. Dampaknya, ahli medis tidak dapat memberikan penanganan secara optimal. |
| Panji, dkk [7] | Sistem pemantauan <i>real-time</i> data SpO2 tubuh manusia menggunakan sensor MAX30100 serta suhu tubuh manusia menggunakan sensor MLX90614 yang dikirimkan pada layar LCD. | Hasil pembacaan parameter sesuai dengan standar akurasi. Sistem yang dibuat tidak terdapat sistem pemantauan untuk ahli medis, namun terdapat <i>buzzer</i> yang menjadi pemberitahuan untuk pengguna agar ke rumah sakit apabila pembacaan parameter kurang dari standar kesehatan. |
| Haqimah, dkk [8] | Sistem pemantauan <i>real-time</i> data SpO2 dan detak jantung tubuh manusia menggunakan sensor MAX30100 serta suhu tubuh manusia menggunakan sensor DS18B20 yang dikirimkan melalui nRF24L01 ke <i>website</i> . | Hasil pembacaan parameter sesuai dengan standar akurasi. Sistem yang dibuat mengalami kegagalan transfer data yang disebabkan oleh modul nRF24L01 sensitif terhadap <i>noise</i> pada kabel. Tidak terdapat aplikasi Android, sehingga penggunaan kurang fleksibel dan tidak terdapat pemberitahuan apabila keadaan pasien kurang dari standar kesehatan. Dampaknya, ahli medis tidak dapat memberikan penanganan. |

Berdasarkan informasi riset yang didapatkan dari studi literatur pada Tabel 2.1, penulis mendapatkan informasi yang dapat dikembangkan lagi untuk mencapai usulan terbaik dari solusi permasalahan yang diangkat, yaitu alat pengukuran mengukur SpO2, detak jantung, dan suhu

tubuh manusia secara *real-time* yang dilengkapi dengan sistem pemantauan melalui *website* dan aplikasi Android, dengan spesifikasi :

1. Alat dibuat mudah dibawa ke mana saja dan tahan dari keringat pengguna.
2. Alat dapat mengukur SpO₂, detak jantung, dan suhu tubuh manusia dengan toleransi *error* maksimum sebesar 5%.
3. Hasil pengukuran dapat dipantau melalui *website* rumah sakit oleh ahli medis dan aplikasi Android.
4. Pengiriman data dari sensor yang sudah terhubung Wi-Fi ke *database* memiliki *delay* maksimal 2 detik.
5. Baterai dapat bertahan dengan penggunaan alat selama 3 jam.
6. Aplikasi dapat digunakan pada versi Android minimum 5.1 – 5.1.2 (API 22).
7. Alat dilengkapi dengan pengiriman pesan ke email rumah sakit ketika hasil pengukuran pasien tidak sesuai dengan standar kesehatan.



BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

3.1 Usulan Rancangan Sistem

Perancangan sistem We-DCare : *Wearable Device* Pemantauan Kesehatan Tubuh Manusia Berbasis IoT pada tugas *capstone* menggunakan konsep *design thinking* untuk menghasilkan sebuah ide baru [9]. Terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam *engineering design*, yaitu *understanding*, *exploration*, dan *materialize*. Dengan tahapan tersebut, penulis membuat perancangan sistem menggunakan diagram blok pada Gambar 3.1 dan penjelasannya pada Tabel 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan perancangan sistem

Tabel 3.1 Penjelasan tahapan perancangan sistem

| Tahapan | Keterangan |
|----------------------|--|
| Identifikasi Masalah | Penulis mencari pemahaman kondisi terkini mengenai sistem pemantauan keadaan pasien isolasi mandiri oleh ahli medis di rumah sakit dari berita. Dari tahapan tersebut, diketahui bahwa dengan adanya peningkatan kasus <i> covid-19 </i> terjadi peningkatan penggunaan internet. Peluang penggunaan internet dapat dimanfaatkan dengan pembuatan teknologi digital ahli medis di rumah sakit untuk memberikan fasilitas sistem pemantauan pasien isolasi mandiri di rumah. Dari potensi yang ada, diangkat permasalahan mengenai pembuatan sistem pemantauan kondisi pasien isolasi mandiri secara <i> real-time </i> . |
| Studi Literatur | Mendapatkan informasi riset mengenai permasalahan yang diangkat hingga penulis dapat memutuskan penggunaan komponen dan spesifikasi alat untuk mencapai usulan solusi terbaik. Diketahui bahwa detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh manusia menjadi faktor penentu dalam membuat diagnosis keadaan pasien. |
| Usulan Solusi | Dari hasil studi literatur, penulis mendapatkan dua usulan solusi, yaitu : 1. Membuat alat pengukuran detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh dengan desain berupa <i> wearable device </i> . Sensor SMT172 digunakan untuk mengukur suhu tubuh dengan metode kontak langsung antara sensor dan pergelangan tangan. Sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur SpO2 dan detak jantung menggunakan metode <i> reflective oximeter </i> . Hasil pengukuran dapat diakses melalui <i> website </i> dan aplikasi Android. 2. Membuat alat pengukuran detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh dengan desain berupa <i> wearable device </i> . Sensor MLX9016 digunakan untuk mengukur suhu tubuh dengan metode <i> non-kontak </i> menggunakan inframerah. Sensor |

| Tahapan | Keterangan |
|--|---|
| | <p>MAX30100 digunakan untuk mengukur SpO2 dan detak jantung menggunakan metode <i>reflective</i> oximeter. Hasil pengukuran dapat diakses melalui <i>website</i> dan aplikasi Android.</p> <p>Dari dua usulan tersebut, penulis memilih usulan pertama. Sensor SMT172 memiliki spesifikasi rentang tegangan 2,7-5,5V, tingkat akurasi $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ dengan rentang pengukuran $-10^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$, dan <i>noise</i> $0,002^{\circ}\text{C}$ dengan arus ketika aktif 60uA dan <i>idle</i> 220uA. Spesifikasi tersebut memenuhi kebutuhan alat yang membutuhkan rentang pengukuran suhu untuk tubuh yang rendah daya.</p> |
| Perancangan Alat | Dari usulan solusi yang diangkat, penulis mendapatkan hambatan untuk membeli sensor SMT172. Sehingga, digunakan MLX90614 sebagai sensor suhu tubuh yang memenuhi kebutuhan alat. Dibuat fitur tahan keringat untuk meningkatkan kenyamanan pengguna. Terdapat <i>strap</i> pada alat agar penggunaan lebih fleksibel mengikuti diameter pergelangan tangan pengguna. |
| Pengujian dan Pengambilan Data Pada Alat | Pengujian dilakukan dengan memasang alat pada pergelangan tangan pengguna untuk melakukan uji coba dengan dua tahap, yaitu kalibrasi sensor dan toleransi <i>error</i> pada pembacaan sensor SpO2, detak jantung, dan suhu tubuh. Kemudian, penulis melakukan uji coba pada durasi baterai dan <i>delay</i> pada pengiriman data di <i>website</i> . Tahapan tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat sudah sesuai dengan usulan spesifikasi dan menyelesaikan masalah yang ada. |
| Final Alat | Memperbaiki tampilan alat agar lebih menarik dan melakukan uji coba hingga waktu pelaksanaan pameran. |

Alat dibuat untuk dapat mengukur dan menampilkan tiga data kesehatan manusia yang dapat diakses secara *real-time* melalui aplikasi Android dan *website*, yaitu detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh. Pengukuran detak jantung mengacu pada kontraksi arteri atau pembuluh darah saat memompa darah dari jantung ke seluruh tubuh hingga mendapatkan jumlah waktu yang dibutuhkan oleh detak jantung per satuan waktu atau *beats per minute* (bpm) dengan metode *photoplethymograph* (PPG). Pengukuran tersebut dapat dilakukan pada arteri radialis yang terletak dekat permukaan tulang pergelangan tangan [10]. Penempatan tersebut merupakan lokasi yang nyaman untuk pasien [11]. Detak jantung normal dalam keadaan istirahat ditunjukkan pada Tabel 3.2. Penelitian lain mengatakan bahwa detak jantung cenderung menurun seiring bertambahnya usia [12].

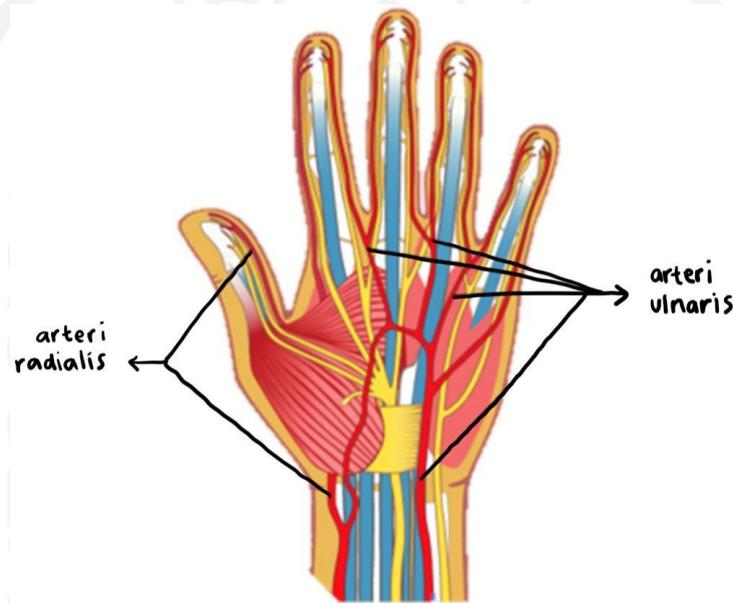
Tabel 3.2 Standar nilai detak jantung normal

| | |
|-----------|------------|
| Anak-anak | 90-100 BPM |
| Remaja | 80-100 BPM |

Pengukuran SpO2 mengacu pada pengukuran dan perhitungan perbandingan persentase *oxyhemoglobin* (HbO₂) dengan *deoxyhaemaglobin* (RHb) pada pembuluh darah yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1. HbO₂ adalah hemoglobin atau molekul protein dalam darah yang sepenuhnya mengikat oksigen sedangkan Hb adalah hemoglobin yang tidak sepenuhnya mengikat oksigen, SpO2 normal adalah $>95\%$ [13]. Metode yang digunakan adalah *non-invasive* yaitu tidak menerapkan perusakan bagian tubuh untuk mendapatkan sampel darah dengan memanfaatkan optik penyerapan cahaya pada panjang gelombang spesifik glukosa darah [14].

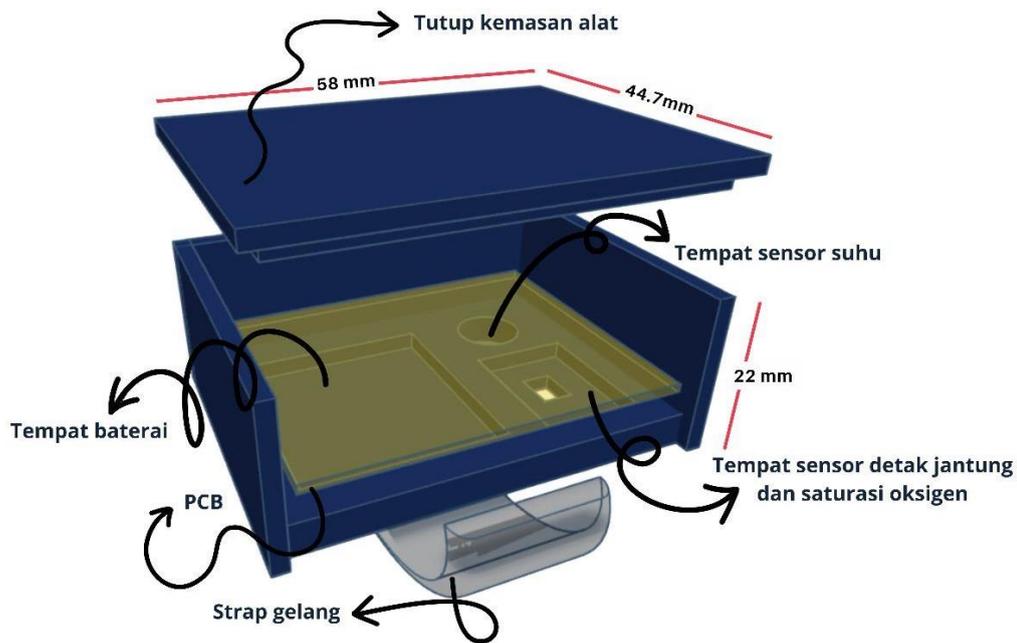
$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{RHb + HbO_2} \times 100\% \quad (3.1)$$

Pengukuran suhu tubuh menggunakan sensor suhu inframerah yang mempunyai prinsip dasar mengukur pantulan radiasi inframerah dari suatu objek yang difokuskan melalui lensa ke detektor *termopile*. *Termopile* berfungsi untuk menyerap radiasi inframerah dan mengubah energi tersebut menjadi panas. Energi panas diubah menjadi energi listrik yang dideteksi oleh detektor untuk menentukan suhu objek. Standar pengukuran suhu tubuh dalam keadaan normal adalah 37°C, di atas nilai tersebut akan masuk ke dalam kategori demam [15].



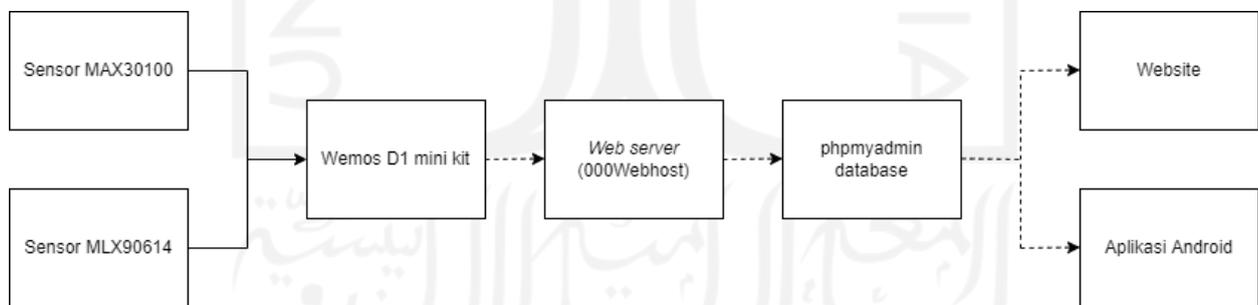
Gambar 3.2 Posisi pembuluh darah di tangan

Berdasarkan Gambar 3.2, terdapat arteri radialis merupakan pembuluh darah terbesar di sepanjang lengan dan tangan yang membawa darah kaya oksigen dari jantung ke tulang pengumpil (radius) sampai ibu jari. Adapun arteri ulnaris merupakan pembuluh darah yang membawa darah kaya oksigen dari jantung ke tulang hasta (ulna) hingga jari tengah, manis, dan kelingking. Penempatan pembuluh darah pada pergelangan tangan tersebut yang menjadi dasar usulan penulis untuk membuat desain *wearable device* berupa gelang (Gambar 3.3). Selain itu, pasien COPD mengungkapkan bahwa lebih menyukai melakukan pemantauan secara terus menerus dengan desain tersebut yang cocok untuk penggunaan jangka panjang, elegan, dan nyaman [16]. Berdasarkan ISO 80601-2-61, alat didesain dengan metode *non-invasive*, tidak digunakan oleh bayi, dan pemantauan diperuntukkan untuk digunakan pada pasien yang menjalani pemantauan di luar rumah sakit.



Gambar 3.3 Desain 3D alat

Desain pada Gambar 3.3 dilengkapi dengan proteksi tahan dari keringat pengguna. Alat dilengkapi dengan pengikat alat dengan pergelangan tangan atau *strap* agar pengguna dapat mengatur diameter yang sesuai dan fleksibel sementara pemilihan bahan *rubber* pada *strap* karena terbuat dari karet dan tidak menyerap air, sehingga pengguna akan merasa lebih nyaman menggunakan alat untuk sehari-hari. Adapun diagram blok yang digunakan untuk menjelaskan tahapan kerja alat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram blok sistem

dengan keterangan,

—→, adalah *wired*

- - - - -→, adalah *wireless*

Digunakan sensor MAX30100 yang menggunakan dua *Light Emitting Diode* (LED), yaitu LED merah dengan panjang gelombang 660nm yang akan menyerap darah yang mengandung oksigen dan LED inframerah dengan panjang 940nm yang akan menyerap darah yang tidak

mengandung oksigen sebagai transmiter dan fotodiode sebagai fotodetektor yang terpasang secara sejajar untuk menangkap intensitas cahaya menggunakan mode *reflectance* Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Metode *reflectance* pada sensor MAX30100

Dengan menggunakan metode tersebut, sumber cahaya yang melalui arteri akan dilewatkan, diserap, dan dipantulkan oleh zat atau hemoglobin pada darah lalu diterima oleh fotodiode. Kemudian, pembacaan data akan dioptimalkan dan dilakukan proses pengolahan sinyal di unit ADC dan filter secara dikomunikasikan melalui *microbus I2C interface*. *Bus driver I2C* merupakan *open drain*, di mana saat sinyal *low* adalah nol volt dan sinyal *high* dalam keadaan *floating*, maka untuk dapat membaca data keluaran sensor, digunakan SDA dan SCL pada I2C. Sensor ini dapat dikonfigurasi melalui register, yaitu berupa konfigurasi arus LED yang dapat di program dari 0mA hingga 50mA. Selain itu data keluaran sensor yang disimpan pada FIFO dapat menampung hingga 16 sampel. Tiap sampel pada FIFO adalah *4byte* data, sehingga total data yang dapat disimpan di FIFO adalah *64byte*, dan dari *4byte* data tersebut *2byte* terdiri dari data LED inframerah dan *2byte* adalah data dari LED merah. Membaca *pulse* detak jantung hanya menggunakan LED inframerah dan menghitung kadar SpO₂ dalam darah menggunakan LED merah dan LED inframerah [17].

Digunakan sensor MLX90614, yaitu jenis detektor suhu pasif inframerah yang tersusun dari *chip* pengenal suhu berbasis inframerah dengan pengkondisi sinyal ASSP yang dikoordinasikan dengan TO-39. Sensor ini dilengkapi oleh *intensifier* tegangan rendah, 17 bit ADC dan DSP unit. Dengan 10 bit PWM, sensor ini dapat membaca suhu tubuh dengan rentang pengukuran dari -40°C s.d. 125°C sehingga memiliki emisivitas yang baik untuk melakukan pengukuran suhu tubuh [18].

Pembacaan data pengukuran dari sensor MAX30100 dan MLX90164 diunggah ke internet menggunakan layanan *hosting webhost000*. Data akan disimpan pada *database phpMyAdmin* yang

tersedia pada *000webhost* dan hasil pengukuran ditampilkan pada halaman *website* dan aplikasi Android dengan bentuk grafik. Diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.3 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai spesifikasi yang dibuat.

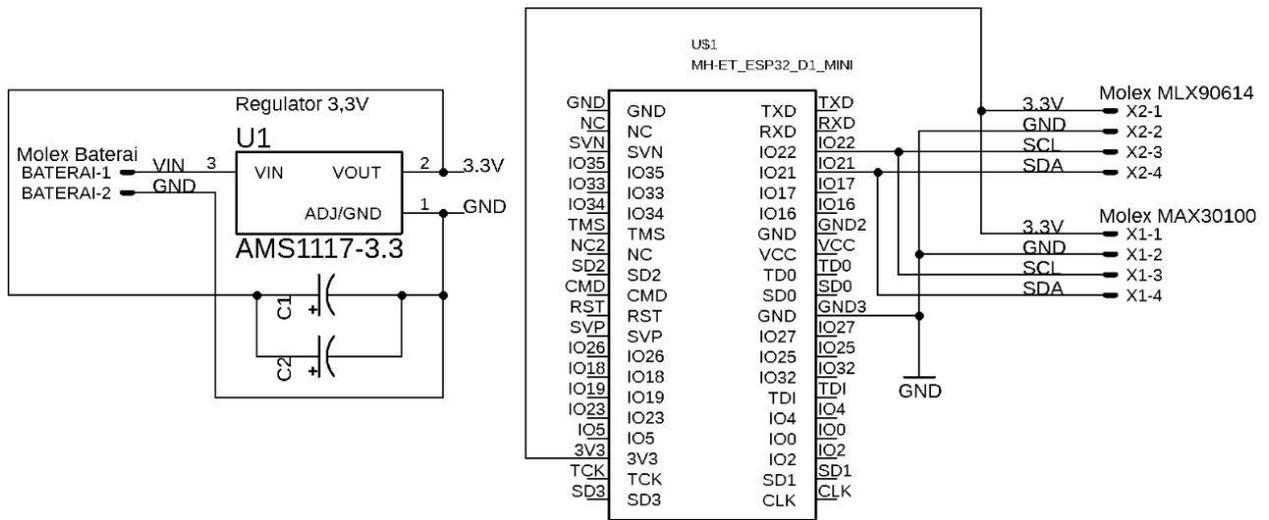
Tabel 3.3 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem alat

| No | Nama Alat | Keterangan |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | Kemasan Alat | Dibuat untuk menjadi tempat perlindungan alat yang telah didesain agar dapat melindungi dari keringat. Perangkat ini dibuat dari bahan filamen <i>3D printing</i> . |
| 2 | Sensor MAX30100 | Sensor SpO2 dan detak jantung dengan menggunakan metode <i>reflection oximetry</i> yang dapat digunakan pada <i>wearable device</i> dengan penempatan tertentu, seperti arteri radialis [19]. MAX30100 tidak memerlukan syarat minimal ketebalan dalam pengukuran sehingga bisa ditempatkan pada pergelangan tangan. |
| 3 | Sensor MLX90614 | Sensor suhu berupa sensor inframerah yang secara spesifik dirancang untuk penggunaan <i>healthcare</i> dan <i>body temperature measurement</i> yang dapat membaca pengukuran suhu tubuh hingga berjarak 5 cm dengan rentang pengukuran adalah -40°C s.d 125°C [20]. |
| 4 | Baterai Lipo Li-Po HST 582728 | Baterai <i>rechargeable</i> digunakan sebagai sumber daya alat dengan spesifikasi sebesar 3,7V 500mAh. Baterai ini digunakan karena ukuran yang kecil dengan kapasitas yang cukup untuk penggunaan alat. |
| 5 | D1 mini ESP32 | Mikrokontroler D1 mini ESP32 digunakan sebagai <i>Central Processing Unit</i> (CPU) karena menggunakan tegangan masuk sebesar 3 – 3,6 V dan terdapat pin SDA dan SCL untuk sensor serta sudah dilengkapi fitur Wi-Fi untuk sistem IoT. Dan ukuran dimensi yang kecil yaitu 39mm × 31,5mm sehingga cocok untuk digunakan pada <i>wearable device</i> [21]. |
| 6 | Rangkaian regulator | Digunakan untuk menurunkan tegangan baterai dari 3,7V menjadi 3,3V. Rangkaian ini terdiri dari komponen AMS1117, kapasitor 100nF, dan kapasitor 100uF. Pemilihan nilai kapasitor untuk menghilangkan sinyal <i>ripple</i> yang dihasilkan oleh rangkaian regulator, sehingga dapat meningkatkan stabilitas <i>output</i> dari respons transien [22]. |

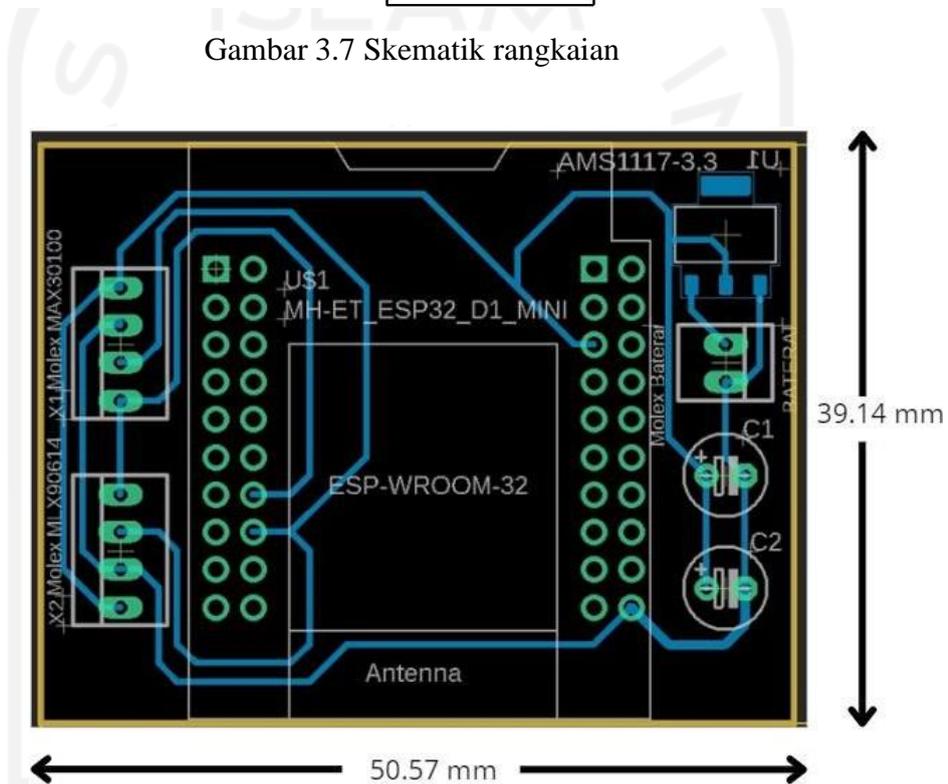


Gambar 3.6 Diagram alir tahapan kerja sistem

Berdasarkan Gambar 3.6, tahapan kerja sistem diawali dengan melakukan inisialisasi *library* agar dapat membaca sensor dan komunikasi IoT. Dilanjutkan dengan mengaktifkan koneksi Wi-Fi pada alat hingga terhubung dengan protokol internet. Alat dapat mengukur dan sistem akan mengirimkan data SpO2, detak jantung, dan suhu tubuh manusia ke *database*.

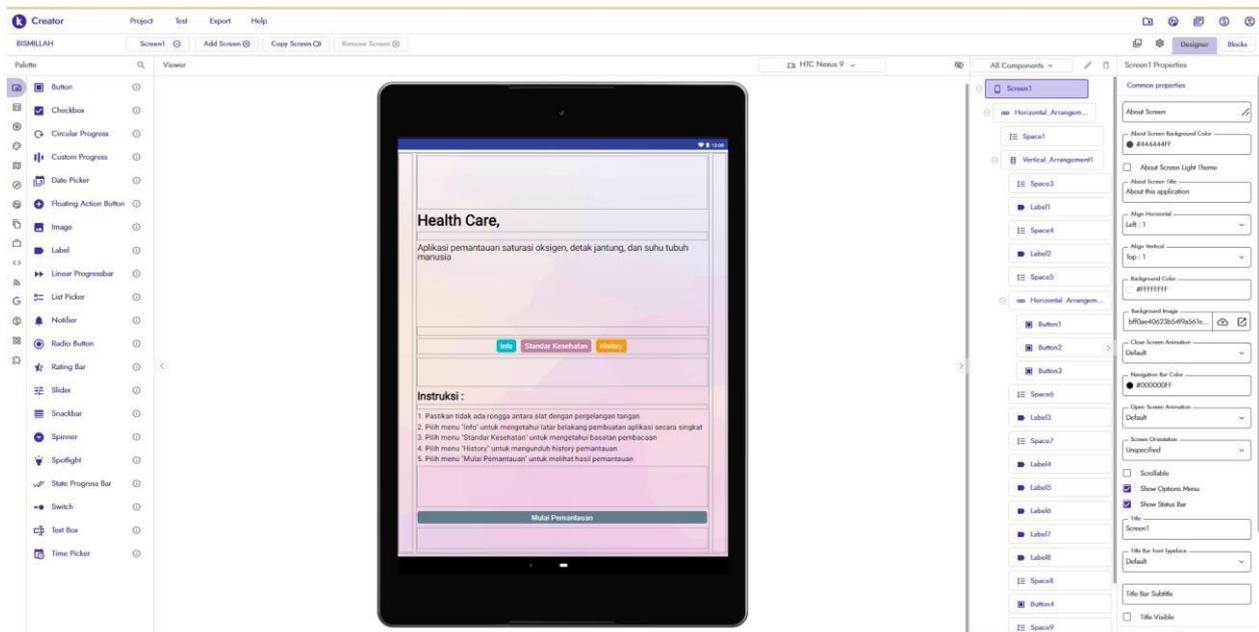


Gambar 3.7 Skematik rangkaian



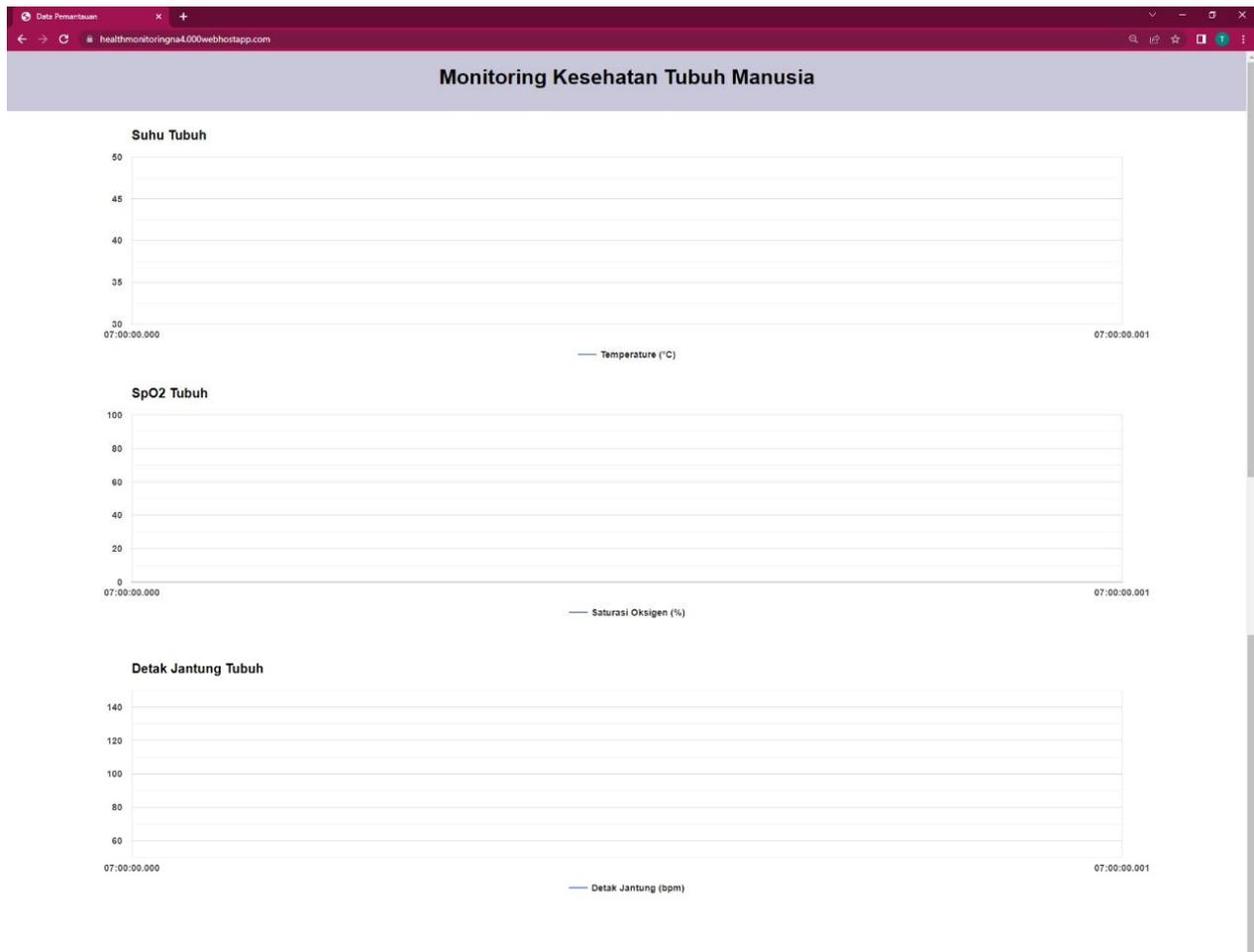
Gambar 3.8 Desain PCB

Gambar 3.7 adalah skematik rangkaian alat dan Gambar 3.8 merupakan desain PCB alat. PCB alat didesain dengan jalur sebesar 0.4mm untuk membuat dimensi desain PCB yang minimalis. Perancangan sistem pemantauan pada *We-DCare* ini berbasis IoT, penulis membuat aplikasi Android melalui kodular yang dapat diunduh oleh pengguna dan pembuatan *website* melalui *000webhost* yang dapat diakses oleh ahli medis di rumah sakit agar pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh secara *real-time*. Dalam hal ini digunakan *phpMyAdmin database* untuk menyimpan data pembacaan SpO2, detak jantung, dan suhu tubuh dari sensor sebelum ditampilkan pada aplikasi Android dan *website*.



Gambar 3.9 Desain *interface* pada Android

Gambar 3.9 merupakan halaman pertama dari desain *interface* pada Android. Terdapat empat tombol, yaitu *info*, standar kesehatan, *history*, dan mulai pemantauan yang akan menampilkan halaman lainnya pada pengguna berdasarkan pilihan pada tombol tersebut. Aplikasi dilengkapi oleh instruksi penggunaan alat dan aplikasi untuk pengguna. Ketika pengguna memilih tombol “mulai pemantauan”, terdapat tampilan halaman pemantauan kesehatan tubuh manusia secara *real-time* yang didesain menggunakan tiga grafik yang terdiri dari SpO2, detak jantung, dan suhu. Hasil pemantauan tersebut dipanggil menggunakan *palette web viewer* pada kodular agar dapat membuka halaman pada url <https://healthmonitoringna4.000webhostapp.com/>.



Gambar 3.10 Desain *interface* pada *website*

Webhosting adalah suatu layanan yang dapat menyimpan *file* dan data *website* sehingga dapat diakses melalui internet. *Webhosting* yang digunakan adalah *webhost000* karena mendukung pembuatan *website* menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database phpMyAdmin*. *Website* berfungsi untuk menampilkan data pengukuran alat melalui grafik secara *real-time*. *Database phpMyAdmin* berfungsi untuk menyimpan data pengukuran alat. Gambar 3.10 merupakan desain tampilan halaman *website* untuk penampilan data pengukuran dalam grafik.

3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

Metode pengujian sistem, dibagi menjadi dua bagian yaitu pada perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian pengujian perangkat keras, penulis mengambil data yang digunakan untuk kalibrasi parameter suhu tubuh menggunakan sensor MLX90614 dengan alat ukur berupa *thermogun* dan parameter detak jantung serta SpO2 tubuh menggunakan sensor MAX30100 dengan alat ukur berupa *oximeter*. Setelah data terkumpul, penulis menggunakan metode regresi linear sederhana pada *microsoft excel* untuk mendapatkan persamaan korelasi sebab akibat dari

variabel independen (alat ukur) terhadap variabel dependen (sensor) [23]. Persamaan 3.2 menunjukkan persamaan regresi linear sederhana.

$$Y = a + bX \quad (3.2)$$

dimana keterangan Y adalah variabel dependen, a adalah konstanta, b adalah koefisien regresi, dan X adalah variabel independen.

Setelah didapatkan setiap persamaan kalibrasi sensor, penulis menggunakan metode *task error rate* yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi pembacaan sensor setelah kalibrasi yang ditunjukkan pada Persamaan 3.3 [24].

$$RE = \frac{|X_i - X|}{X} \times 100\% \quad (3.3)$$

dimana, RE adalah *task error rate*, X_i adalah pembacaan alat ukur standar yang digunakan, dan X adalah pembacaan sensor pada alat.

Pada bagian kedua, yaitu pengujian kualitas pelayanan protokol IoT dengan menggunakan metode *quality of service* pada *delay*. Pada pengujian ini, penulis membandingkan waktu pengiriman data menggunakan Wi-Fi dari sensor ke *database* dan membandingkan nilai *delay* pada alat yang dibuat dengan penelitian terdahulu. Pada bagian ketiga, yaitu pengujian ketahanan penggunaan baterai, penulis melakukan uji coba dengan mengambil data waktu awal saat pertama kali alat digunakan dan waktu akhir saat alat mati. Uji coba ini dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian penulis mendapatkan ketahanan baterai rata-rata.

BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Pada pembuatan laporan Tugas Akhir 1, ditentukan seluruh usulan rencana perancangan dan spesifikasi sistem yang akan dibuat. Namun, pada proses realisasi pembuatan sistem terdapat beberapa perubahan spesifikasi untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Dibuat tabel perbandingan menggunakan *head-to-head comparison* yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Desain alat. (a) Usulan desain. (b) Realisasi desain.

Tabel 4.1 Perbandingan spesifikasi usulan dengan realisasi sistem

| No | Spesifikasi | Usulan | Realisasi |
|----|-------------------------------------|---|---|
| 1 | Judul | <i>Wearable Device</i> Pemantauan Kondisi Kesehatan Manusia Berbasis IoT. | We-DCare : <i>Wearable Device</i> Pemantauan Kondisi Kesehatan Manusia Berbasis IoT. |
| 2 | Dimensi (panjang x lebar x tinggi) | 44,7 × 58 × 22 mm | 44,7 × 58 × 22 mm |
| 3 | Fitur | Alat tahan keringat pengguna, terdapat pemberitahuan pada sistem pemantauan apabila data yang terbaca tidak sesuai standar kesehatan. | Alat tahan keringat pengguna, terdapat pemberitahuan pada sistem pemantauan apabila data yang terbaca tidak sesuai standar kesehatan. |
| 4 | Konektivitas | Wi-Fi | Wi-Fi |
| 5 | Sensor SpO2 dan detak jantung tubuh | MAX30100 | MAX30100 |
| 6 | Sensor suhu tubuh | SMT172 | MLX90614 |
| 7 | Modul IoT | ESP32 | Wemos D1 Mini Kit |
| 8 | Pembuatan aplikasi Android | Kodular | Kodular |
| 9 | Pembuatan <i>website</i> | 000webhost | 000webhost |
| 10 | <i>Database</i> | PhpMyAdmin | PhpMyAdmin |
| 11 | Sumber daya alat | Baterai LIR2032 Lithium Ion <i>Rechargeable</i> | Baterai Lipo Li-Po HST 582728 <i>Rechargeable</i> |
| 12 | Rangkaian regulator | - | AMS1117 regulator 3,3 V |

4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Pada bagian ini, tim menjelaskan tentang kesesuaian perencanaan manajemen kerja antara perencanaan dan realisasinya secara *head-to-head* pada *timeline* yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Rancangan Anggaran Belanja (RAB) pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Kesesuaian antara usulan dengan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

| No | Kegiatan | Usulan waktu | Realisasi Pelaksanaan |
|----|----------------------------------|---------------|-----------------------|
| 1 | Pembelian alat dan bahan | Maret | Maret – Mei |
| 2 | Perancangan sistem dengan usulan | Maret - April | Maret – Mei |
| 3 | Cetak PCB | Mei | Mei – Juni |
| 4 | Pengujian sistem | Mei - Juni | Mei – Juni |
| 5 | Cetak kemasan alat | Mei | Mei – Juni |
| 6 | Final Alat | Juni | Juni |
| 7 | Pengumpulan laporan akhir | Juni | Juni |
| 8 | Expo atau pameran | Juli | Juli |

Tabel 4.3 Kesesuaian RAB Tugas Akhir usulan dengan realisasi

| No | Jenis Pengeluaran | Usulan Biaya | | Realisasi Biaya | |
|--------------------|---|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| | | Kuantitas | Total Harga | Kuantitas | Total Harga |
| 1 | Sensor MAX30100 | 1 pcs | Rp 80.000,- | 1 pcs | Rp 45.000 |
| 2 | Sensor SMT172 | 1 pcs | Rp 170.000,- | 0 pcs | Rp 0,- |
| 3 | Modul IoT ESP32 | 1 pcs | Rp 80.000,- | 0 pcs | Rp 0,- |
| 4 | TP4056 <i>Charging</i> Modul | 1 pcs | Rp 5.300,- | 1 pcs | Rp5.300,- |
| 5 | Baterai Kancing LIR2032 Lithium Ion <i>Rechargeable</i> | 2 pcs | Rp 59.800,- | 0 pcs | Rp 0,- |
| 6 | Sensor MLX90614 | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 160.000,- |
| 7 | Baterai Li-Po HST 582728 <i>Rechargeable</i> | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 25.000,- |
| 8 | Tali Rubber | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 39.600,- |
| 9 | Cetak PCB 1 layer | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 30.000,- |
| 10 | D1 Mini ESP32 | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 75.500,- |
| 11 | Kapasitor 100uF | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 500,- |
| 12 | Kapasitor 100nF | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 500,- |
| 13 | AMS1117 | 0 pcs | Rp 0,- | 1 pcs | Rp 1.000,- |
| Total Biaya | | | Rp 395.100 | | Rp 398.400,- |

4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Berdasarkan Tabel 4.1 – Tabel 4.3, penulis memberikan pembahasan secara rinci mengenai kesesuaian antara perancangan dan realisasi penggunaan komponen, yaitu :

1. Secara umum kesesuaian antara perencanaan dan realisasi sistem dari segi manajemen tim, *timeline*, dan RAB dapat dikatakan bernilai 95%.
2. Pada usulan rancangan sistem, penulis menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang dilengkapi dengan pin SDA, SCL, dan modul IoT. Pada realisasi digunakan D1 Mini ESP32. Ketidaksesuaian karena pada proses uji coba, SMD ESP32 tidak dapat dimasukkan

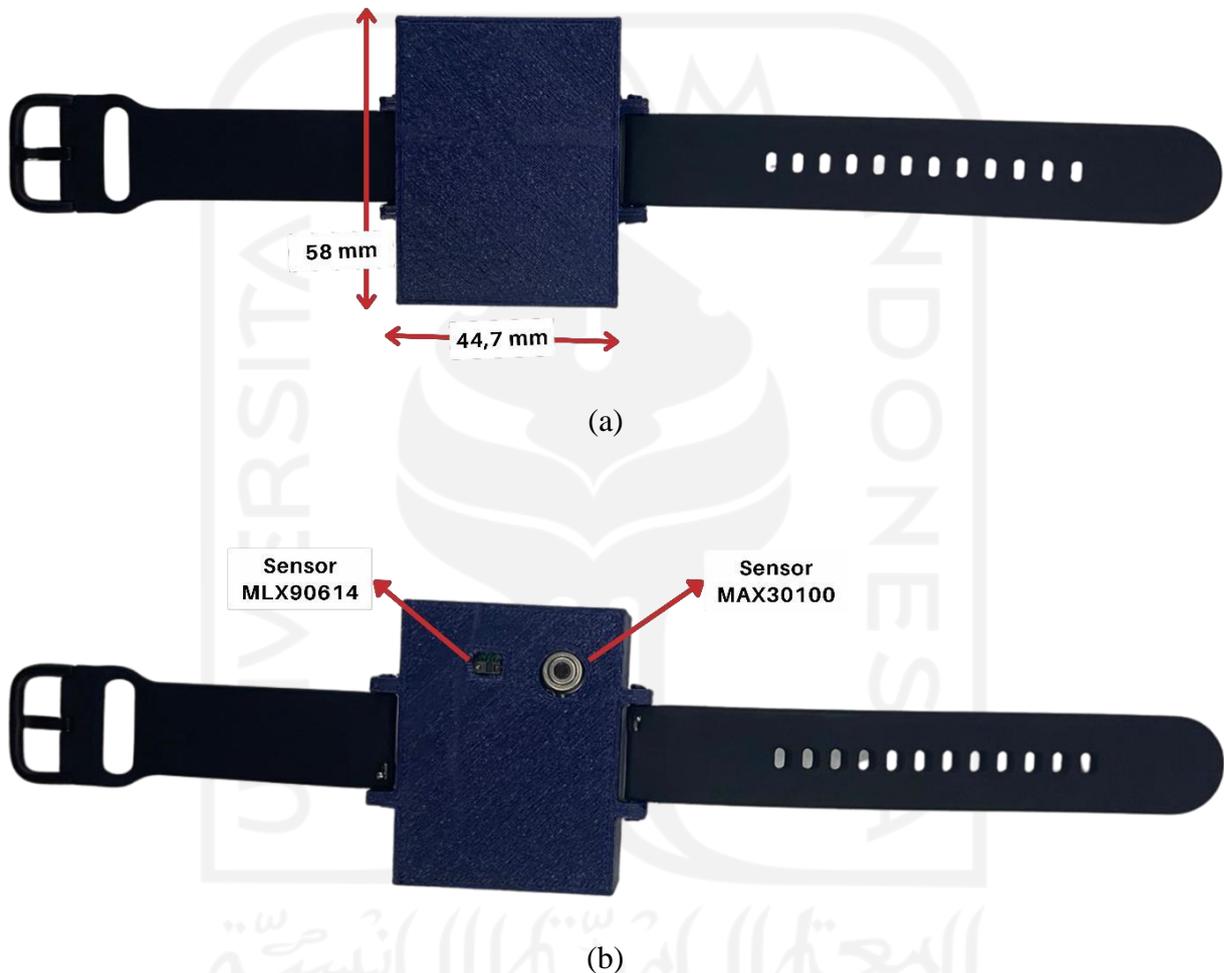
program karena kualitas komponen dan fabrikasi. Sehingga, didapatkan alternatif dengan menggunakan modul mikrokontroler yang memiliki spesifikasi yang sama dan memiliki ukuran yang lebih kecil untuk desain *wearable device*. Kemudian, saat dilakukan uji coba lagi, penggunaan D1 Mini ESP32 berjalan dengan baik.

3. Pada usulan rancangan dan realisasi MAX30100 tetap digunakan untuk mengukur detak jantung dan SpO2 karena ketika uji coba sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.
4. Pada usulan rancangan sistem, penulis memilih menggunakan SMT172 sebagai sensor suhu tubuh, namun realitasnya digunakan sensor MLX90614. Ketidaksesuaian tersebut didasarkan atas ketersediaan sensor SMT172 yang hanya ada di luar negeri, kemudian ketika dalam pemesanan, pembelian dibatalkan setelah satu minggu karena ketersediaan yang habis. Sehingga, dengan pertimbangan mengikuti *timeline*, tim mencari sebuah alternatif dengan menggunakan sensor MLX90614 yang merupakan salah satu usulan pada laporan Tugas Akhir 1. Usulan tersebut juga mempertimbangkan ketersediaan MLX 90614 yang lebih mudah diakses dan dapat memenuhi spesifikasi akurasi sensor.
5. Pada usulan rancangan sistem, penulis memilih menggunakan baterai LiR2032 lithium ion *rechargeable*, namun realitasnya digunakan baterai lithium polimer HST 582728 *Rechargeable*. Ketidaksesuaian tersebut didasarkan pada saat penulis melakukan uji coba, penggunaan baterai LiR2032 dengan tegangan 3.6V dan kapasitas $40 \pm 2\text{mAh}$, Wi-Fi pada modul IoT tidak dapat aktif. Sehingga, penulis mencari alternatif baterai dengan kapasitas yang lebih besar. Hingga dipilihnya baterai lithium polimer HST 582728 dengan spesifikasi tegangan 3.7V dan kapasitas 500mAh. Dengan perubahan tersebut masalah konektivitas Wi-Fi sebelumnya dapat teratasi.
6. Pada saat uji coba sistem, sumber tegangan dari baterai tidak dapat menghidupkan Wi-Fi pada ESP32 dengan stabil, sehingga dibutuhkan rangkaian regulator untuk menurunkan tegangan dari 3,7V menjadi 3,3V. Dengan penambahan penggunaan regulator ini, pengiriman data menggunakan Wi-Fi pada alat berjalan dengan optimal.
7. Pada saat uji coba sistem, dibutuhkan pengisian daya ulang pada baterai. Dibutuhkan TP4056 *charging module* yang dilengkapi oleh indikator berwarna merah ketika sedang mengisi ulang dan indikator berwarna biru ketika baterai sudah terisi penuh. Penggunaan modul untuk mengisi ulang daya pada baterai berjalan dengan optimal.
8. Perbedaan anggaran usulan dan realisasi terjadi karena adanya perubahan pada komponen yang telah dijelaskan pada poin 2 sampai dengan 7 untuk mendapatkan solusi yang optimal.

BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

Pada implementasi sistem, penulis membuat alat dengan desain yang sudah dijelaskan pada Bab 3, penulis mengambil data pembacaan pada setiap parameter untuk kalibrasi sensor dan pengambilan data dari sensor setelah kalibrasi hingga mendapatkan nilai toleransi *error* dengan alat yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Realisasi alat secara keseluruhan, (a) Tampak atas, (b) Tampak bawah

Dengan menggunakan alat pada Gambar 5.1 penulis mendapatkan hasil dan analisis implementasi berupa data kalibrasi sensor dan data uji coba berdasarkan metode uji coba yang sudah ditentukan pada subbab 3.2.

5.1.1 Kalibrasi Sensor

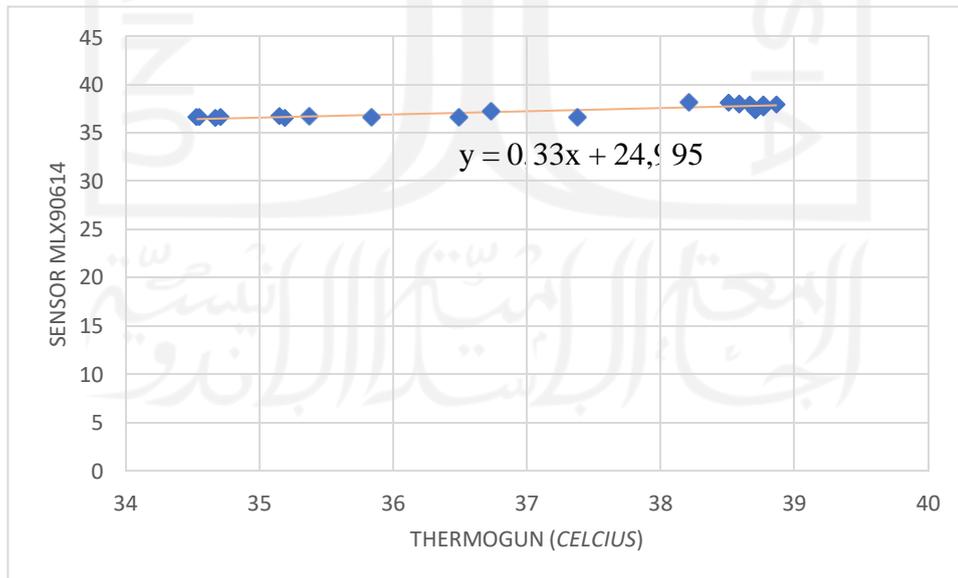
Kalibrasi sensor dilakukan tiga kali, yaitu pembacaan suhu tubuh dengan sensor MLX90614 dan detak jantung serta SpO2 tubuh dengan sensor MAX30100. Pada kalibrasi

pengukuran suhu tubuh, penulis menggunakan We-DCare yang sudah dipasang sensor dan alat ukur berupa *thermogun* seperti pada Gambar 5.2 dengan satuan derajat *celcius*.



Gambar 5.2 Proses kalibrasi pembacaan suhu tubuh menggunakan sensor MLX90614

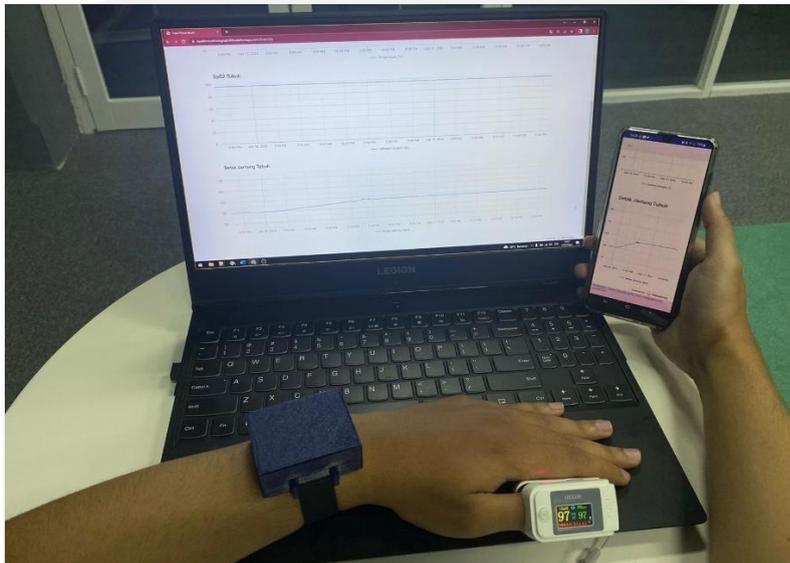
Kalibrasi suhu tubuh dilakukan dengan cara mengambil lima data pengukuran kepada setiap sampel, dengan jumlah sampel sebanyak empat orang dengan rentang umur 20-23 tahun. Didapatkan data kalibrasi yang ditampilkan pada Lampiran 1, grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.3, dan Persamaan 5.1.



Gambar 5.3 Grafik regresi linear pembacaan suhu tubuh.

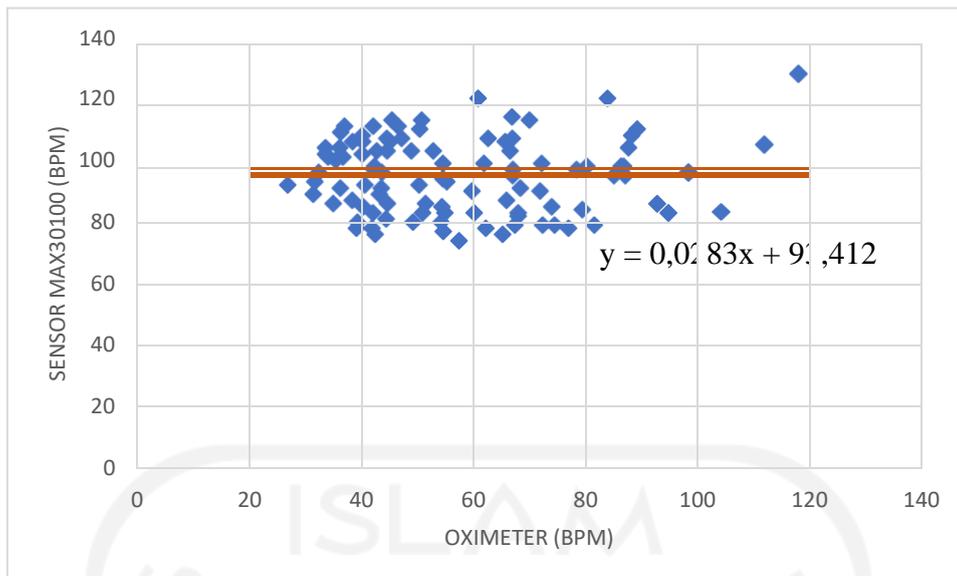
$$y = 0,33x + 24,995 \tag{5.1}$$

Pada kalibrasi SpO2 dan saturasi oksigen, penulis menggunakan We-DCare yang sudah dilengkapi oleh sensor dan menggunakan alat ukur berupa oximeter dengan pembacaan SpO2 dalam satuan persen dan detak jantung dalam satuan bpm seperti Gambar 5.4. Penulis melakukan uji coba pengaturan sensor agar mendapatkan hasil pengukuran yang optimal pada pergelangan tangan. Sensor MAX30100 dikonfigurasi dengan mengatur besar arus LED inframerah sebesar 24mA, LED merah sebesar 27,1mA, dan mengubah *bus speed* sensor dari 400kHz menjadi 100kHz agar *bus speed* kedua sensor memiliki nilai yang sama, sehingga dapat menampilkan hasil pengukuran pada waktu yang sama.



Gambar 5.4 Proses kalibrasi pembacaan SpO2 dan detak jantung menggunakan sensor MAX30100

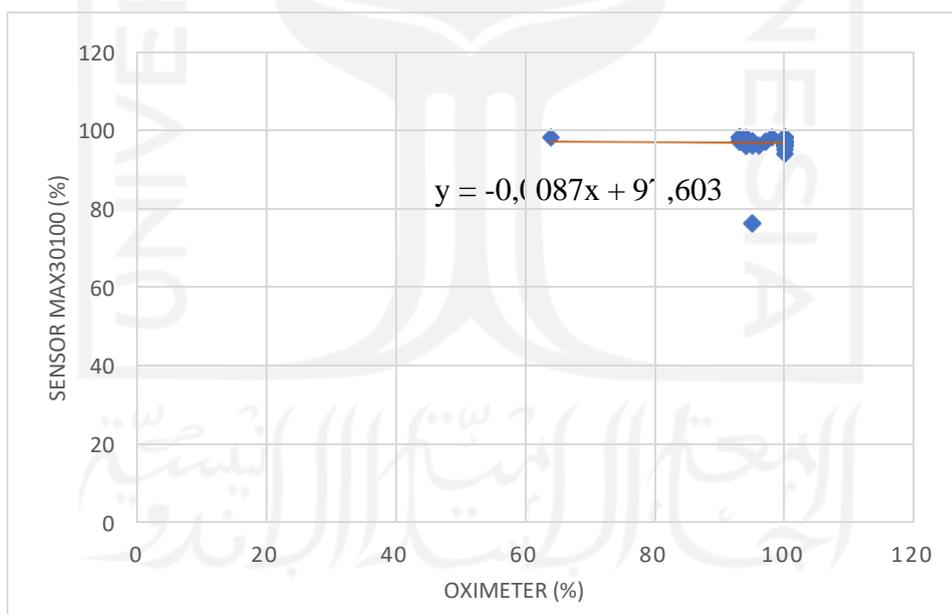
Gambar 5.4 menjelaskan bahwa penulis mengambil data detak jantung dan SpO2 tubuh pengguna dalam posisi duduk. Diambil 20 data pengukuran pada lima orang dengan rentang umur 21 – 23 tahun. Didapatkan hasil kalibrasi detak jantung yang ditampilkan pada Lampiran 2, grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.5, dan Persamaan 5.2.



Gambar 5.5 Grafik regresi linear pembacaan detak jantung

$$y = 0,0283x + 93,412 \quad (5.2)$$

Didapatkan hasil kalibrasi SpO2 yang ditampilkan pada Lampiran 3, grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 dan Persamaan 5.3.

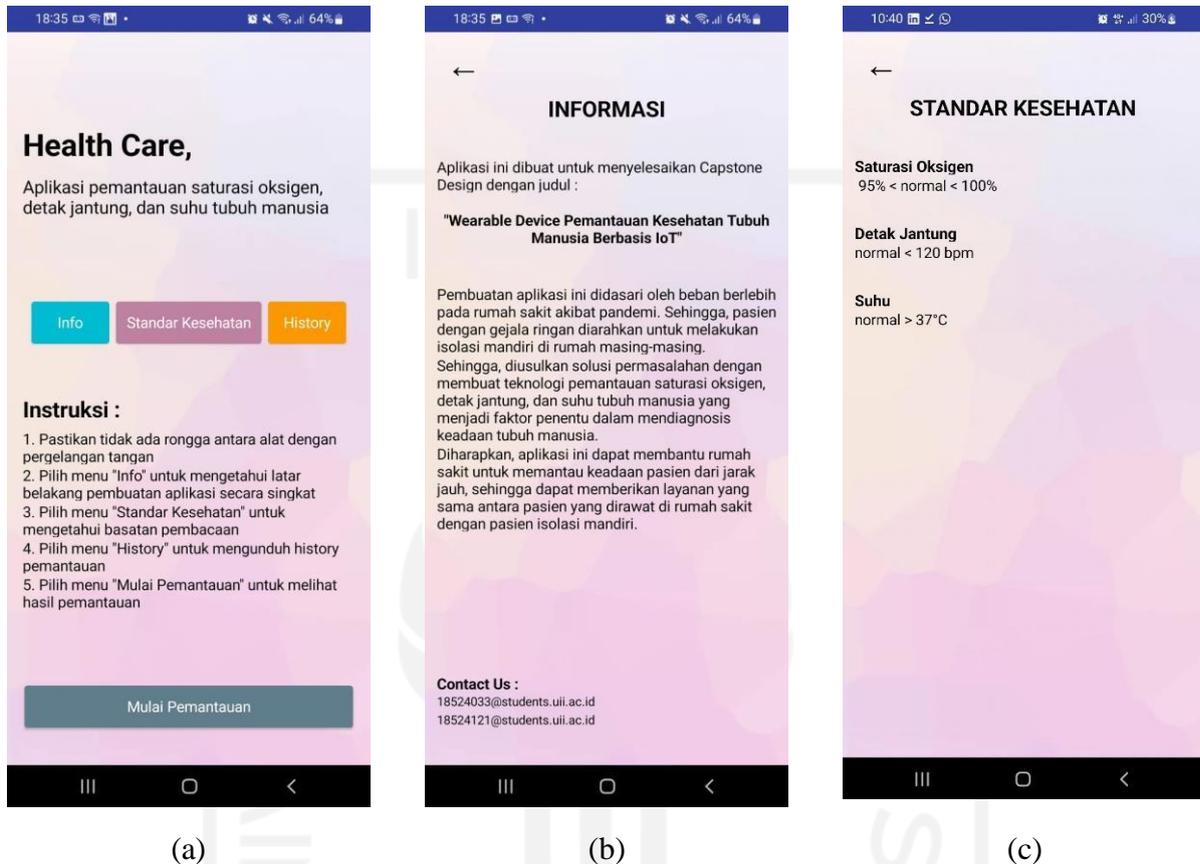


Gambar 5.6 Grafik regresi linear pembacaan SpO2

$$y = -0,0087x + 97,603 \quad (5.3)$$

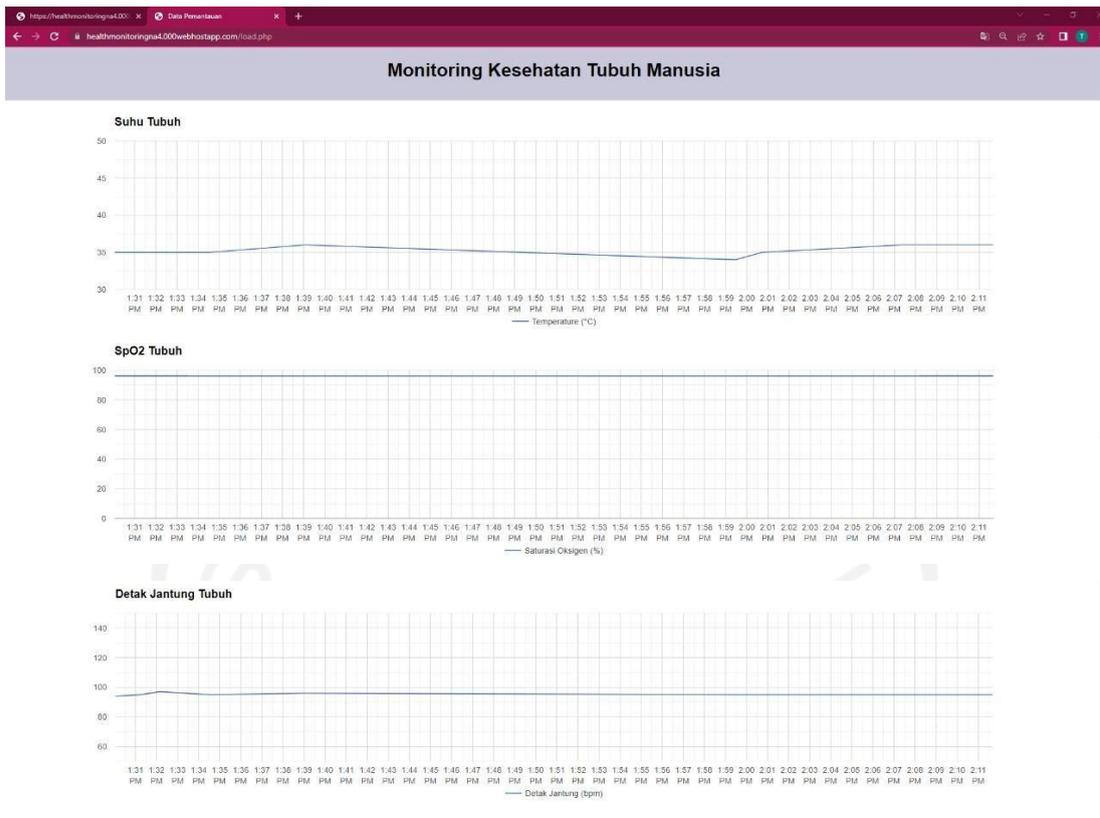
5.1.2 Data Hasil Uji Coba

Data hasil uji coba dipaparkan dalam empat poin, yaitu tampilan aplikasi Android (Gambar 5.7), hasil pengukuran pada *website* dan aplikasi Android (Gambar 5.8), *delay* pengiriman data pada protokol IoT, pengujian toleransi *error* pada setiap pembacaan parameter, dan ketahanan penggunaan baterai.



Gambar 5.7 Tampilan *interface* aplikasi Android, (a) halaman pertama, (b) menu informas., (c) menu standar kesehatan

Berdasarkan tampilan halaman pertama pada *interface* aplikasi Android, ketika memilih menu mulai pemantauan akan menampilkan hasil pengukuran pada setiap parameter dalam tiga grafik seperti Gambar 5.8.



(a)



(b)

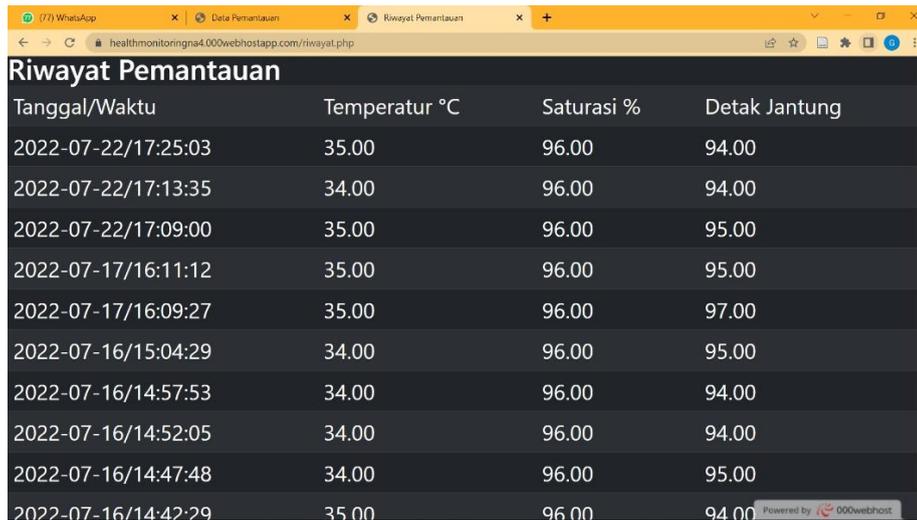


(b)



Gambar 5.8 Tampilan pemantauan. (a) Website. (b) Aplikasi Android.

Sistem pemantauan pengukuran data selama satu jam pada setiap parameter dapat diakses melalui *website* (a) dan aplikasi Android (b). Interval pengiriman data dari *serial monitor* Arduino IDE ke *website* 10-12 detik. Ketika memilih menu *history* pada aplikasi Android, akan menampilkan riwayat pengukuran secara *real-time* (Gambar 5.10) yang sudah disimpan pada *database* dengan url <https://healthmonitoringna4.000webhostapp.com/riwayat.php> seperti Gambar 5.9.



The screenshot shows a web browser window with the URL healthmonitoringna4.000webhostapp.com/riwayat.php. The page title is "Riwayat Pemantauan". The table displays the following data:

| Tanggal/Waktu | Temperatur °C | Saturasi % | Detak Jantung |
|---------------------|---------------|------------|---------------|
| 2022-07-22/17:25:03 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-22/17:13:35 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-22/17:09:00 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-17/16:11:12 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-17/16:09:27 | 35.00 | 96.00 | 97.00 |
| 2022-07-16/15:04:29 | 34.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:57:53 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:52:05 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:47:48 | 34.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:42:29 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |

Gambar 5.9 Tampilan riwayat pada url.

| Riwayat Pemantauan | | | |
|---------------------|---------------|------------|---------------|
| Tanggal/Waktu | Temperatur °C | Saturasi % | Detak Jantung |
| 2022-07-22/17:25:03 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-22/17:13:35 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-22/17:09:00 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-17/16:11:12 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-17/16:09:27 | 35.00 | 96.00 | 97.00 |
| 2022-07-16/15:04:29 | 34.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:57:53 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:52:05 | 34.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:47:48 | 34.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:42:29 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:37:56 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:33:22 | 35.00 | 96.00 | 96.00 |
| 2022-07-16/14:29:04 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:24:31 | 35.00 | 96.00 | 96.00 |
| 2022-07-16/14:20:14 | 36.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/14:15:57 | 36.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:11:40 | 36.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:07:21 | 36.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/14:00:43 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/13:59:28 | 34.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/13:39:05 | 36.00 | 96.00 | 96.00 |
| 2022-07-16/13:34:33 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/13:32:09 | 35.00 | 96.00 | 97.00 |
| 2022-07-16/13:31:14 | 35.00 | 96.00 | 95.00 |
| 2022-07-16/13:30:03 | 35.00 | 96.00 | 94.00 |
| 2022-07-16/01:19:56 | 37.00 | 96.00 | 80.00 |
| 2022-07-16/01:19:35 | 37.00 | 96.00 | 80.00 |
| 2022-07-16/01:19:13 | 37.00 | 96.00 | 80.00 |
| 2022-07-16/01:18:53 | 37.00 | 96.00 | 80.00 |
| 2022-07-16/01:18:32 | 37.00 | 96.00 | 80.00 |
| 2022-07-16/01:18:12 | 37.00 | | |
| 2022-07-16/01:17:52 | 37.00 | | |

Gambar 5.10 Tampilan *history* pada aplikasi Android.

Pengujian *delay* dilakukan dengan cara melihat selisih waktu pengiriman data menggunakan Wi-Fi pada *serial monitor* Arduino IDE (Gambar 5.11) ke *database* (Gambar 5.12).

```

15:53:52.550 -> Suhu tubuh :27.11
15:53:52.550 -> Suhu tubuh kalibrasi :33
15:53:52.550 -> Heart rate:0.00
15:53:52.550 -> Kalibrasi detak jantung:76
15:53:52.550 -> bpm / SpO2:0%
15:53:52.550 -> -----
15:53:52.550 -> making POST request
15:53:55.437 -> Status code: 200
15:53:55.437 -> Response: New record created successfully

```

Gambar 5.11 Tampilan waktu pengiriman data ke *webserver* pada Arduino IDE

| Riwayat Pembacaan | | | |
|---------------------|---------------|------------|---------------|
| Tanggal/Waktu | Temperatur °C | Saturasi % | Detak Jantung |
| 2022-06-20/15:53:54 | 33 | 0 | 76 |

Gambar 5.12 Tampilan waktu data diterima dari Arduino IDE ke *webserver*

Waktu pengiriman data pengukuran dari Arduino IDE, yaitu 15:53:52 dan waktu tersimpan di *database* pada 15:53:54 sehingga *delay* adalah 2detik. Apabila dibandingkan dengan penelitian Haqimah, dkk yang memiliki *delay* sebesar 15detik (Tabel 5.3), penulis berhasil untuk meminimalisir *delay* selama 13 detik. Perhitungan akurasi pada setiap parameter menggunakan Persamaan 3.2 ditunjukkan pada Lampiran 4 – Lampiran 6 untuk mendapatkan spesifikasi pembacaan yang optimal.

Tabel 5.1 Toleransi *error* pada setiap parameter

| Parameter | Akurasi |
|---------------------|---------|
| Suhu tubuh | 98,96% |
| Detak jantung tubuh | 95,07% |
| SpO2 tubuh | 98,59% |

Tabel 5.1 menunjukkan nilai toleransi *error* pada parameter suhu, detak jantung, dan SpO2 tubuh manusia yang sesuai dengan spesifikasi yang diajukan, yaitu kurang dari 5%. Pengujian ketahanan penggunaan baterai pada alat dilakukan dalam keadaan baterai terisi penuh, melakukan pengukuran dan mengirim data SpO2, detak jantung, dan suhu tubuh ke *database*.

Tabel 5.2 Hasil pengujian durasi pemakaian baterai

| Pengujian ke- | Waktu awal | Waktu akhir | Durasi |
|---------------------------------|------------|-------------|----------|
| 1 | 17:27:37 | 19:29:00 | 02:01:23 |
| 2 | 19:17:04 | 20:39:34 | 01:22:30 |
| 3 | 13:30:03 | 15:04:29 | 01:34:26 |
| Rata-rata durasi baterai | | | 01:39:26 |

Tabel 5.2 menjelaskan mengenai pengujian untuk mengetahui durasi pemakaian baterai dalam satu kali pengisian daya. Hasil menyatakan alat ini memiliki rata-rata durasi baterai selama 1 jam 39 menit 26 detik.

Tabel 5.3 Hasil pengujian sistem peringatan

| Percobaan ke- | Data Pengukuran | | | Sistem Peringatan |
|---------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|
| | Suhu (°C) | Saturasi (%) | Detak Jantung (bpm) | |
| 1 | 38.11 | 98 | 75 | Aktif |
| 2 | 39.00 | 98 | 76 | Aktif |
| 3 | 38.24 | 98 | 77 | Aktif |
| 4 | 38.15 | 98 | 78 | Aktif |
| 5 | 38.24 | 98 | 79 | Aktif |
| 6 | 38.17 | 98 | 80 | Aktif |
| 7 | 35.79 | 98 | 81 | Tidak Aktif |
| 8 | 35.64 | 98 | 82 | Tidak Aktif |
| 9 | 35.95 | 98 | 83 | Tidak Aktif |

Tabel 5.3 adalah hasil pengujian pengiriman peringatan ke email rumah sakit apabila pembacaan data detak jantung atau SpO2 atau suhu tubuh pasien tidak sesuai dengan standar kesehatan. Tampilan pengiriman email ditunjukkan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Pengiriman peringatan melalui email

5.2 Pengalaman Pengguna

Pengalaman pengguna saat implementasi sistem menjelaskan hasil dan kendala ketika alat digunakan serta aksi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki alat hingga memiliki fungsi yang optimal.

Tabel 5.4 Pengalaman implementasi pada pengguna

| No | Fitur/Komponen | Capaian | Aksi/Perbaikan |
|----|------------------------|--|--|
| 1 | Fungsi | Pengukuran detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh menggunakan alat serta pemantauan melalui aplikasi Android dan <i>website</i> berjalan dengan baik sesuai spesifikasi. | Dipertahankan |
| 2 | Layanan | Alat dapat membantu peningkatan layanan rumah sakit untuk jarak jauh dan membantu pengguna yang ingin memantau detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh secara <i>real-time</i> . | Dipertahankan |
| 3 | Fitur | <ul style="list-style-type: none"> - Sistem dapat mengirimkan email ketika pembacaan data tidak sesuai dengan standar kesehatan sebagai fitur pemberitahuan kepada rumah sakit. - Terdapat fitur tahan terhadap keringat pengguna | <ul style="list-style-type: none"> - Digunakan notifikasi langsung pada <i>website</i> dan aplikasi Android ketika pembacaan data tidak sesuai dengan standar kesehatan. - Dipertahankan |
| 4 | Akurasi pembacaan data | Pengukuran detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh memiliki toleransi <i>error</i> kurang dari 5%. | Dipertahankan |
| 5 | Desain alat | <ul style="list-style-type: none"> - Desain alat berupa gelang dan dilengkapi oleh <i>strap</i> bahan <i>rubber</i>, sehingga dapat digunakan kemana saja. - Terdapat <i>switch</i> sebagai <i>on</i> atau <i>off</i> di dalam wadah alat. | <ul style="list-style-type: none"> - Dipertahankan - <i>Switch</i> dapat dioperasikan tanpa membuka wadah alat |

| No | Fitur/Komponen | Capaian | Aksi/Perbaikan |
|----|----------------|---|----------------|
| 6 | Kemudahan | Aplikasi Android dan <i>website</i> memiliki tampilan <i>interface</i> serta petunjuk penggunaan. | Dipertahankan |

5.3 Dampak Implementasi Sistem

Terdapat penjelasan terkait dampak yang ditimbulkan dari implementasi sistem alat sebagai layanan medis, yaitu teknologi atau inovasi dan ekonomi.

5.3.1 Teknologi/Inovasi

Peningkatan penggunaan teknologi pada masa pandemi menimbulkan peluang positif dalam mengembangkan layanan medis berbasis IoT. Dengan adanya *wearable device* yang dapat melakukan pengukuran dan menampilkan data detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh pasien secara *real-time* pada *website* di rumah sakit dan aplikasi Android, sistem pemantauan didesain dapat mengakses riwayat pengukuran. Diharapkan alat tersebut menjadi solusi terbaik untuk menangani kasus beban berlebih yang terjadi di rumah sakit.

Tabel 5.5 Dampak teknologi/inovasi dibandingkan dengan penelitian terdahulu

| No | Fitur/Komponen | Sistem yang dibuat | Z.B. Anwar, dkk | A. Asmawaty, dkk | W. Panji, dkk | Haqimah, dkk |
|----|---|--|---|--|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Desain alat | Gelang | Probe untuk jari | Gelang | Probe ujung jari | Probe ujung jari |
| 2 | Aplikasi Android | Kodular | Kodular | Tidak | - | - |
| 3 | <i>Website</i> | 000webhost | ThingSpeak | - | - | 000webhost |
| 4 | Konektivitas | Wi-Fi | Bluetooth | Wi-Fi | - | nRF24L01 |
| 5 | <i>Delay</i> | 2 detik | - | - | - | 15 detik |
| 6 | Pemberitahuan ketika pembacaan data tidak sesuai dengan standar kesehatan | Ada | Tidak | Tidak | Tidak | tidak |
| 7 | Akurasi | SpO2 98,59%, detak jantung 95,07%, dan suhu tubuh 98,96% | SpO2 98,8%, detak jantung 98,46%, dan suhu tubuh 97,22% | Detak jantung dan suhu tubuh 97,41% dan 99,59% | SpO2 99,7% dan suhu tubuh 93% | SpO2 98,85% dan suhu 98,44% |
| 8 | Alat tahan keringat pengguna | Ada | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak |

Tabel 5.6 Dampak teknologi/inovasi dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada

| No | Fitur/Komponen | We-DCare | Oximeter SM-110 |
|----|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Parameter pembacaan | Detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh | Detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh |
| 2 | Desain alat | Gelang | <i>Probe</i> ujung jari |

| No | Fitur/Komponen | We-DCare | Oximeter SM-110 |
|----|---------------------------------|--|--|
| 3 | Hasil pengukuran dan pemantauan | Pemantauan akan dikirim ke <i>website</i> rumah sakit dan aplikasi Android pengguna. | Mengukur dan memantau secara langsung dari alat. |
| 4 | Riwayat pengukuran | Ada | Tidak ada |
| 5 | Fitur peringatan | Pengguna akan menerima notifikasi email ketika pembacaan parameter tidak sesuai dengan standar kesehatan | Tidak ada |

Berdasarkan Tabel 5.4, sistem *We-DCare* sudah mengembangkan sistem yang ada pada penelitian sebelumnya, yaitu desain alat sudah berupa *wearable device* yang terintegrasi dengan sistem IoT. Data dan riwayat pengukuran dapat diakses melalui *website* dan aplikasi Android. Terdapat peringatan yang dikirimkan melalui email ketika pembacaan tidak sesuai dengan standar kesehatan. Adapun perbandingan sistem *We-DCare* dengan oximeter SM-110, yaitu pada desain alat yang sudah berupa *wearable device* dan dilengkapi dengan fitur IoT.

5.3.3 Ekonomi

Pembuatan alat bernama *We-DCare* yang digunakan untuk melakukan pemantauan detak jantung, SpO₂, dan suhu tubuh secara *real-time* berbasis IoT dengan desain *wearable device* berupa gelang lebih ekonomis dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada (Tabel 5.6).

Tabel 5.7 Perbandingan harga dengan teknologi yang sudah ada

| Parameter Perbandingan | We-DCare | Oximeter SM-110 |
|------------------------|--------------|-----------------|
| Harga | Rp 398.400,- | Rp 1.570.918,- |

BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi dari *wearable device* berupa gelang yang dapat melakukan pengukuran detak jantung, SpO₂, dan suhu tubuh manusia secara *real-time* serta mengirimkan data ke *database*. Hasil pemantauan dapat diakses melalui *website* rumah sakit dan aplikasi Android pengguna. Dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat memiliki desain berupa gelang yang mudah dibawa ke mana saja dan tahan terhadap keringat pengguna.
2. Alat memiliki toleransi *error* di bawah 5%, dengan rincian akurasi pembacaan suhu tubuh adalah 98,96%, SpO₂ adalah 98,59%, dan detak jantung adalah 95,07%.
3. Hasil pengukuran dapat dipantau melalui *website* dan aplikasi Android yang dilengkapi oleh panduan, sehingga mudah digunakan.
4. Alat dapat beroperasi selama 1 jam 39 menit 26 detik dalam sekali pengisian daya.
5. Terdapat notifikasi apabila pembacaan parameter tidak sesuai standar ke email rumah sakit, diharapkan dapat membantu rumah sakit untuk memprioritaskan penanganan pasien dan meningkatkan kualitas layanan kepada pasien isolasi mandiri dan pasien jarak jauh.
6. Data pengukuran tersimpan pada *database* yang dapat diakses sebagai riwayat pengukuran.

6.2 Saran

Pencapaian dari perancangan dan implementasi alat dikatakan cukup baik karena sudah memenuhi spesifikasi rancangan usulan. Berikut beberapa saran agar implementasi alat menjadi lebih baik :

1. *Switch* dapat dioperasikan tanpa membuka dan menutup wadah alat.
2. Menggunakan baterai dengan kapasitas yang lebih besar dari 500mAh untuk meningkatkan waktu penggunaan alat.
3. Menggunakan komponen SMD pada PCB untuk memperkecil dimensi alat.
4. Peringatan yang dikirimkan ke email rumah sakit ketika pembacaan tidak sesuai dengan standar dapat ditampilkan secara langsung di *website* dan Android.
5. Menambahkan sistem keamanan pada sistem pemantauan di *website*.

Daftar Pustaka

- [1] R. Ratcliffe, "First coronavirus cases confirmed in Indonesia amid fears nation is ill-prepared for outbreak," *The Guardian*, 2 Maret 2020. Diakses: 18 Juli 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/02/first-coronavirus-cases-confirmed-in-indonesia-amid-fears-nation-is-ill-prepared-for-outbreak>
- [2] Satuan Tugas Penanganan Covid-19, "Peta Sebaran COVID-19," *covid19.go.id*. <https://covid19.go.id/peta-sebaran-covid19> (diakses 18 Juli 2022).
- [3] Laporan Covid 19, "Statistik Kematian Isolasi Mandiri dan Di Luar RS," Agustus 2017. <https://laporcovid19.org/data/kematian-isoman> (diakses 22 Juli 2022).
- [4] Tim TvOne, "Pasien Isoman Meninggal di Penginapan Palembang," 21 September 2021. <https://www.tvonenews.com/berita/7437-pasien-isoman-meninggal-di-penginapan-palembang> (diakses 18 Juli 2022).
- [5] Z. B. Anwar, A. Widodo, dan N. Kholis, "Sistem Monitoring Pasien Isolasi Mandiri Covid-19 Berbasis *Internet of Things*," *JTE*, vol. 10, no. 3, hlm. 9, 2021.
- [6] A. Azis dan A. Amaliah, "Rancang Bangun Sistem Telemedis *Wireless Body Area Network* (WBAN) untuk *Monitoring* Pasien Rawat Jalan," *Joint Engineering Training Conference & Expo (JETC)*, vol. 15, hlm. 12, 2020.
- [7] P. Wiratama, R. E. Saputra, dan C. Setianingsih, "Rancang Alat Pengukur Suhu Tubuh Dan Saturasi Oksigen Dalam Darah Pada Kondisi Pandemi COVID-19 Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, Telkom Univeristy, Bandung, 2021.
- [8] N. Haqimah, M. F. Susanto, M. M. M. Dinata, dan G. N. Nurkahfi, "Pemanfaatan nRF24L01 *Wireless* dalam Pembuatan Perangkat untuk Pengawasan Pasien Covid-19," *IRWNS*, vol. 12, hlm. 6, 2021.
- [9] S. Amalina, F. Wahid, V. Satriadi, F. S. Farhani, dan N. Setiani, "Rancang Purwarupa Aplikasi UniBook Menggunakan Metode Pendekatan *Design Thinking*," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, vol. 1, hlm. 6, 2017.
- [10] D. A. Prasetyo, "Rancang Bangun Alat Ukur Denyut Jantung, Saturasi Oksigen dalam Darah dan Hemoglobin dengan Metode *Non-Invasive*," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto, 2019. Diakses: 18 Juli 2022. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.ump.ac.id/9218/>
- [11] A. Ma'ruf, "Perawatan Akses Vaskuler Hemodialisis," dalam *Hemodialis RSUD Ibnu Sina*, Banyuwangi, Mar 2018, vol. 7, hlm. 5.
- [12] T. K. Mishra dan P. K. Rath, "*Pivotal Role of Heart Rate in Health and Disease*," *Journal, Indian Academy of Clinical Medicine*, vol. 12, no. 4, hlm. 297–302, Okt 2011.
- [13] R. T. A. Agus, "*Prototype* Alat Pendeteksi Kadar Oksigen dalam Darah (Hemoglobin/HB) Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535," *JURTEKSI*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, 2017, doi: 10.33330/jurtek.v3i2.305.
- [14] M. C. Djunaidi, M. D. R. Afriani, G. Gunawan, dan M. Khasanah, "*Synthesis of Graphite Paste/Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Electrodes Based on Poly Eugenol as a Glucose Sensor with Potentiometric Method*," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 21, no. 4, Art. no. 4, Mei 2021, doi: 10.22146/ijc.58964.
- [15] Y. Kukus, W. Supit, dan F. Lintong, "Suhu Tubuh : Homeostasis dan Efek Terhadap Kinerja Tubuh Manusia," *Jurnal Biomedik*, vol. 1, no. 2, 2009.
- [16] G. M. de Barros, M. S. dos Anjos, dan J. B. R. M. Filho, "*Smartwatch, oxygen saturation, and COVID-19: Trustworthy?*," *ABCS Health Sciences*, vol. 46, hlm. e021101–e021101, Mar 2021, doi: 10.7322/abcs.hs.2020228.1681.
- [17] C. R. Nugroho, "Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG *Reflectance* pada Sensor MAX30100," Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2019.

- [18] I. H. Tanjung, "Termometer *Non Contact* Menggunakan Sensor Suhu *Infrared* MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tubuh Berbasis *SMS GateWay: Non Contact Thermometer Using Infrared Temperature Sensor MLX90614 As Body Temperature Measuring Body Based On SMS Gateway*," *IJEERE*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Jul 2022.
- [19] Maxim Integrated, "Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health," MAX30100 Datasheet, Nov 2014.
- [20] Melexis, "Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39," MLX90164 Datasheet, Okt 2007.
- [21] Espressif Systems, "ESP32-WROOM-32D," ESP32 Datasheet, 2019.
- [22] Advanced Monolithic System, "1A Adjustable/Fixed Low Dropout Linear Regulator," AMS117-3.3 Datasheet, 2022.
- [23] I. M. Yuliara, "Modul Regresi Linier Sederhana." Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Maret 2016.
- [24] B. Albert, T. Tullis, dan D. Tedesco, "Data Analysis and Presentation," *Morgan Kaufman*, vol. 1, no. 7, hlm. 121–177, 2010.



LAMPIRAN – LAMPIRAN

Lampiran 1. Data kalibrasi sensor MLX90614 untuk pembacaan suhu tubuh

| No | Suhu | |
|----|--------|-----------|
| | Sensor | Thermogun |
| 1 | 34,67 | 36,5 |
| 2 | 35,83 | 36,5 |
| 3 | 35,19 | 36,5 |
| 4 | 34,71 | 36,6 |
| 5 | 34,53 | 36,6 |
| 6 | 34,55 | 36,6 |
| 7 | 35,37 | 36,7 |
| 8 | 35,15 | 36,7 |
| 9 | 37,37 | 36,5 |
| 10 | 36,49 | 36,4 |

| No | Suhu | |
|----|--------|-----------|
| | Sensor | Thermogun |
| 11 | 38,77 | 37,6 |
| 12 | 38,71 | 37,3 |
| 13 | 36,73 | 37,3 |
| 14 | 38,87 | 37,9 |
| 15 | 38,59 | 37,9 |
| 16 | 38,67 | 37,9 |
| 17 | 38,77 | 37,9 |
| 18 | 38,59 | 38 |
| 19 | 38,21 | 38 |
| 20 | 38,51 | 38,1 |



Lampiran 2. Data kalibrasi sensor MAX30100 untuk pembacaan detak jantung

| No | Detak Jantung | |
|----|---------------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 1 | 31,59 | 89 |
| 2 | 42,2 | 83 |
| 3 | 74,03 | 85 |
| 4 | 54,5 | 85 |
| 5 | 65,31 | 76 |
| 6 | 104,09 | 83 |
| 7 | 35,16 | 86 |
| 8 | 68,43 | 91 |
| 9 | 71,93 | 90 |
| 10 | 38,55 | 87 |
| 11 | 68,05 | 82 |
| 12 | 68,04 | 83 |
| 13 | 79,45 | 84 |
| 14 | 65,98 | 87 |
| 15 | 44,78 | 86 |
| 16 | 59,86 | 90 |
| 17 | 92,87 | 86 |
| 18 | 40,48 | 85 |
| 19 | 54,3 | 80 |
| 20 | 43,33 | 89 |
| 21 | 39,42 | 80 |
| 22 | 62,28 | 78 |
| 23 | 77 | 78 |
| 24 | 57,53 | 74 |
| 25 | 51,05 | 83 |
| 26 | 60,23 | 83 |
| 27 | 74,53 | 79 |
| 28 | 72,39 | 79 |
| 29 | 81,61 | 79 |
| 30 | 49,35 | 80 |
| 31 | 42,05 | 78 |
| 32 | 94,89 | 83 |
| 33 | 42,63 | 76 |
| 34 | 67,45 | 79 |
| 35 | 44,55 | 81 |

| No | Detak Jantung | |
|----|---------------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 36 | 51,57 | 86 |
| 37 | 54,75 | 77 |
| 38 | 55,03 | 83 |
| 39 | 39,3 | 78 |
| 40 | 78,42 | 97 |
| 41 | 36,84 | 101 |
| 42 | 67,14 | 97 |
| 43 | 38,58 | 106 |
| 44 | 42,52 | 98 |
| 45 | 88,24 | 108 |
| 46 | 45,27 | 106 |
| 47 | 36,47 | 109 |
| 48 | 66,61 | 103 |
| 49 | 33,74 | 104 |
| 50 | 35,58 | 100 |
| 51 | 40,29 | 108 |
| 52 | 47,34 | 107 |
| 53 | 33,76 | 102 |
| 54 | 44,75 | 103 |
| 55 | 42,29 | 111 |
| 56 | 67,03 | 107 |
| 57 | 72,26 | 99 |
| 58 | 50,9 | 113 |
| 59 | 42,35 | 97 |
| 60 | 46,67 | 111 |
| 61 | 44,65 | 107 |
| 62 | 111,87 | 107 |
| 63 | 40,36 | 106 |
| 64 | 36,27 | 104 |
| 65 | 89,21 | 110 |
| 66 | 37,16 | 111 |
| 67 | 62,72 | 107 |
| 68 | 43,8 | 96 |
| 69 | 50,54 | 110 |
| 70 | 40,33 | 102 |

| No | Detak Jantung | |
|-----|---------------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 71 | 87,71 | 104 |
| 72 | 45,58 | 113 |
| 73 | 42,9 | 103 |
| 74 | 83,94 | 120 |
| 75 | 66,98 | 114 |
| 76 | 65,77 | 106 |
| 77 | 52,94 | 103 |
| 78 | 118 | 130 |
| 79 | 70,05 | 113 |
| 80 | 60,93 | 120 |
| 81 | 86,84 | 98 |
| 82 | 54,67 | 94 |
| 83 | 87,14 | 95 |
| 84 | 85,09 | 95 |
| 85 | 27,02 | 92 |
| 86 | 31,85 | 93 |
| 87 | 36,41 | 91 |
| 88 | 40,79 | 92 |
| 89 | 32,55 | 96 |
| 90 | 98,41 | 96 |
| 91 | 55,34 | 93 |
| 92 | 34,24 | 101 |
| 93 | 50,4 | 92 |
| 94 | 86,37 | 98 |
| 95 | 61,96 | 99 |
| 96 | 54,66 | 99 |
| 97 | 43,7 | 91 |
| 98 | 80,27 | 98 |
| 99 | 67,08 | 95 |
| 100 | 49,01 | 103 |

Lampiran 3. Data kalibrasi sensor MAX30100 untuk pembacaan SpO2

| No | SpO2 | |
|----|--------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 1 | 64 | 98 |
| 2 | 93 | 98 |
| 3 | 93 | 98 |
| 4 | 93 | 98 |
| 5 | 93 | 98 |
| 6 | 94 | 97 |
| 7 | 100 | 98 |
| 8 | 100 | 97 |
| 9 | 100 | 97 |
| 10 | 100 | 98 |
| 11 | 100 | 98 |
| 12 | 100 | 98 |
| 13 | 94 | 97 |
| 14 | 94 | 97 |
| 15 | 94 | 97 |
| 16 | 94 | 97 |
| 17 | 93 | 97 |
| 18 | 93 | 98 |
| 19 | 94 | 97 |
| 20 | 93 | 97 |
| 21 | 94 | 96 |
| 22 | 94 | 96 |
| 23 | 95 | 97 |
| 24 | 95 | 97 |
| 25 | 95 | 97 |
| 26 | 96 | 96 |
| 27 | 95 | 97 |
| 28 | 95 | 97 |
| 29 | 95 | 97 |
| 30 | 94 | 97 |
| 31 | 95 | 97 |
| 32 | 94 | 97 |
| 33 | 95 | 97 |
| 34 | 94 | 97 |
| 35 | 93 | 97 |

| No | SpO2 | |
|----|--------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 36 | 94 | 96 |
| 37 | 97 | 97 |
| 38 | 95 | 96 |
| 39 | 93 | 97 |
| 40 | 95 | 76 |
| 41 | 98 | 98 |
| 42 | 100 | 96 |
| 43 | 100 | 96 |
| 44 | 100 | 95 |
| 45 | 100 | 97 |
| 46 | 100 | 96 |
| 47 | 100 | 96 |
| 48 | 100 | 96 |
| 49 | 100 | 96 |
| 50 | 100 | 96 |
| 51 | 100 | 96 |
| 52 | 100 | 96 |
| 53 | 100 | 97 |
| 54 | 100 | 97 |
| 55 | 100 | 97 |
| 56 | 100 | 96 |
| 57 | 100 | 96 |
| 58 | 100 | 96 |
| 59 | 100 | 96 |
| 60 | 100 | 94 |
| 61 | 100 | 98 |
| 62 | 100 | 98 |
| 63 | 100 | 97 |
| 64 | 100 | 97 |
| 65 | 100 | 97 |
| 66 | 100 | 97 |
| 67 | 100 | 97 |
| 68 | 100 | 97 |
| 69 | 100 | 98 |
| 70 | 100 | 98 |

| No | SpO2 | |
|-----|--------|----------|
| | Sensor | Oximeter |
| 71 | 100 | 98 |
| 72 | 100 | 98 |
| 73 | 100 | 98 |
| 74 | 100 | 97 |
| 75 | 100 | 97 |
| 76 | 100 | 97 |
| 77 | 100 | 97 |
| 78 | 100 | 97 |
| 79 | 100 | 96 |
| 80 | 100 | 97 |
| 81 | 93 | 98 |
| 82 | 94 | 98 |
| 83 | 94 | 97 |
| 84 | 100 | 97 |
| 85 | 100 | 97 |
| 86 | 100 | 97 |
| 87 | 100 | 97 |
| 88 | 100 | 97 |
| 89 | 100 | 97 |
| 90 | 100 | 97 |
| 91 | 100 | 97 |
| 92 | 97 | 97 |
| 93 | 100 | 97 |
| 94 | 100 | 97 |
| 95 | 100 | 97 |
| 96 | 100 | 97 |
| 97 | 100 | 97 |
| 98 | 100 | 97 |
| 99 | 100 | 97 |
| 100 | 100 | 97 |

Lampiran 4. Data toleransi *error* sensor MIX90614 untuk pembacaan suhu tubuh

| No | Sensor | Alat Ukur | <i>Error</i> | <i>Toleransi Error (%)</i> |
|---|--------|-----------|--------------------|----------------------------|
| | | | Alat ukur - Sensor | $(Error/Alat\ Ukur)*100$ |
| 1 | 35 | 36,1 | 1,1 | 3,05 |
| 2 | 36 | 36,1 | 0,1 | 0,28 |
| 3 | 36 | 36,1 | 0,1 | 0,28 |
| 4 | 36 | 36,2 | 0,2 | 0,55 |
| 5 | 36 | 36,2 | 0,2 | 0,55 |
| 6 | 36 | 36,2 | 0,2 | 0,55 |
| 7 | 36 | 36,1 | 0,1 | 0,28 |
| 8 | 36 | 36,3 | 0,3 | 0,83 |
| 9 | 36 | 36,2 | 0,2 | 0,55 |
| 10 | 36 | 36,2 | 0,2 | 0,55 |
| 11 | 36 | 36,7 | 0,7 | 1,91 |
| 12 | 36 | 36,6 | 0,6 | 1,64 |
| 13 | 36 | 36,6 | 0,6 | 1,64 |
| 14 | 36 | 36,7 | 0,7 | 1,91 |
| Toleransi <i>error</i> (%) | | | | 14,56 |
| Rata-rata toleransi <i>error</i>(%) | | | | 1,04 |
| Akurasi = 100% - Rata-rata <i>error</i>(%) | | | | 98,96 |



Lampiran 5. Data toleransi *error* sensor MAX30100 untuk pembacaan detak jantung

| No | Sensor | Alat Ukur | <i>Error</i> | <i>Error (%)</i> | No | Sensor | Alat Ukur | <i>Error</i> | <i>Error (%)</i> |
|---|--------|-----------|--------------------|--------------------------------|----|--------|-----------|--------------------|--------------------------------|
| | | | Alat ukur - Sensor | (<i>Error</i> /Alat Ukur)*100 | | | | Alat ukur - Sensor | (<i>Error</i> /Alat Ukur)*100 |
| 1 | 94 | 83 | 11 | 13,25 | 21 | 94 | 99 | 5 | 5,05 |
| 2 | 94 | 96 | 2 | 2,08 | 22 | 94 | 95 | 1 | 1,05 |
| 3 | 95 | 93 | 2 | 2,15 | 23 | 94 | 95 | 1 | 1,05 |
| 4 | 95 | 93 | 2 | 2,15 | 24 | 95 | 95 | 0 | 0,00 |
| 5 | 94 | 81 | 13 | 16,05 | 25 | 95 | 100 | 5 | 5,00 |
| 6 | 94 | 77 | 17 | 22,08 | 26 | 95 | 95 | 0 | 0,00 |
| 7 | 96 | 91 | 5 | 5,49 | 27 | 95 | 96 | 1 | 1,04 |
| 8 | 95 | 96 | 1 | 1,04 | 28 | 96 | 94 | 2 | 2,13 |
| 9 | 95 | 84 | 11 | 13,10 | 29 | 95 | 102 | 7 | 6,86 |
| 10 | 95 | 90 | 5 | 5,56 | 30 | 95 | 103 | 8 | 7,77 |
| 11 | 94 | 96 | 2 | 2,08 | 31 | 94 | 100 | 6 | 6,00 |
| 12 | 94 | 95 | 1 | 1,05 | 32 | 95 | 98 | 3 | 3,06 |
| 13 | 94 | 97 | 3 | 3,09 | 33 | 95 | 98 | 3 | 3,06 |
| 14 | 94 | 98 | 4 | 4,08 | 34 | 95 | 106 | 11 | 10,38 |
| 15 | 95 | 98 | 3 | 3,06 | 35 | 95 | 90 | 5 | 5,56 |
| 16 | 94 | 94 | 0 | 0,00 | 36 | 95 | 94 | 1 | 1,06 |
| 17 | 95 | 96 | 1 | 1,04 | 37 | 94 | 104 | 10 | 9,62 |
| 18 | 94 | 97 | 3 | 3,09 | 38 | 94 | 104 | 10 | 9,62 |
| 19 | 94 | 98 | 4 | 4,08 | 39 | 95 | 93 | 2 | 2,15 |
| 20 | 94 | 95 | 1 | 1,05 | 40 | 95 | 107 | 12 | 11,21 |
| Toleransi <i>error</i> (%) | | | | | | | | 197,26 | |
| Rata-rata toleransi <i>error</i>(%) | | | | | | | | 4,93 | |
| Akurasi = 100% - Rata-rata <i>error</i>(%) | | | | | | | | 95,07 | |

Lampiran 6. Data toleransi *error* sensor MAX30100 untuk pembacaan *SpO2*

| No | Sensor | Alat Ukur | <i>Error</i> | <i>Error (%)</i> | No | Sensor | Alat Ukur | <i>Error</i> | <i>Error (%)</i> |
|---|--------|-----------|--------------------|--------------------------------|----|--------|-----------|--------------------|--------------------------------|
| | | | Alat ukur - Sensor | (<i>Error</i> /Alat Ukur)*100 | | | | Alat ukur - Sensor | (<i>Error</i> /Alat Ukur)*100 |
| 1 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 21 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 2 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 22 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 3 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 23 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 4 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 24 | 96 | 97 | 1 | 1,03 |
| 5 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 25 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 6 | 96 | 99 | 3 | 3,03 | 26 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 7 | 96 | 99 | 3 | 3,03 | 27 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 8 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 28 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 9 | 96 | 99 | 3 | 3,03 | 29 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 10 | 96 | 98 | 2 | 2,04 | 30 | 96 | 98 | 2 | 2,04 |
| 11 | 96 | 95 | 1 | 1,05 | 31 | 96 | 95 | 1 | 1,05 |
| 12 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 32 | 96 | 95 | 1 | 1,05 |
| 13 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 33 | 96 | 96 | 0 | 0,00 |
| 14 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 34 | 97 | 96 | 1 | 1,04 |
| 15 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 35 | 96 | 96 | 0 | 0,00 |
| 16 | 96 | 97 | 1 | 1,03 | 36 | 97 | 96 | 1 | 1,04 |
| 17 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 37 | 97 | 95 | 2 | 2,11 |
| 18 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 38 | 96 | 95 | 1 | 1,05 |
| 19 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 39 | 96 | 95 | 1 | 1,05 |
| 20 | 96 | 96 | 0 | 0,00 | 40 | 97 | 96 | 1 | 1,04 |
| Toleransi <i>error</i> (%) | | | | | | | | 52,26 | |
| Rata-rata toleransi <i>error</i>(%) | | | | | | | | 1,31 | |
| Akurasi = 100% - Rata-rata <i>error</i>(%) | | | | | | | | 98,69 | |