

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DENYUT JANTUNG, KADAR OKSIGEN DAN LOKASI PADA ORANG MANULA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Krish Pranata, Suryo Adi Wibowo, Dedy Rudhistiar

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

2018047@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Di era kontemporer ini, Berbagai aspek kehidupan telah dipengaruhi oleh kemajuan teknologi., termasuk kesehatan dan teknologi informasi, di mana monitoring kesehatan bagi orang manula menjadi perhatian utama. Masalah yang dihadapi adalah sulitnya keluarga untuk memantau kesehatan dan lokasi orang tua atau orang manula yang tinggal sendiri, terutama ketika kesibukan dan jarak geografis menjadi penghalang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat dan menerapkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan mikrokontroler NodeMCU, sensor Max30102, modul GPS Ublox Neo-6M, dan modem WiFi 4G USB Xidol K5188, serta mengevaluasi kinerja sistem dalam memberikan notifikasi dan pengambilan data secara real-time. Metode yang digunakan mencakup pengujian akurasi sensor GPS dengan membandingkan data sensor dengan data Google Maps menggunakan Haversine Distance, menunjukkan rata-rata selisih jarak sebesar 0,028 kilometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mengumpulkan dan mengirimkan data kesehatan dan lokasi secara efektif. Sensor Max30102 menunjukkan akurasi 91,97% untuk denyut jantung dan 93,64% untuk kadar oksigen dalam darah. Sistem ini juga memberikan notifikasi secara real-time dan berfungsi dengan baik di berbagai browser web, memastikan keterhubungan yang andal dan operasional yang lancar. Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi efektif untuk meningkatkan pengawasan dan perawatan orang manula.

Kata kunci : *GPS, Detak Jantung dan Kadar Oksigen,, Monitoring, Sensor Ublox Neo-6M, Sensor MAX30102, IoT*

1. PENDAHULUAN

Di zaman sekarang, kemajuan teknologi telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk teknologi informasi dan kesehatan. Salah satu elemen yang mendapat perhatian adalah penggunaan teknologi untuk membantu memantau kondisi kesehatan seseorang, terutama bagi kelompok yang rentan seperti orang tua atau orang manula.

Menjaga kesehatan dan keamanan orang tua atau orang manula yang tinggal sendiri di rumah merupakan tanggung jawab penting bagi keluarga. Namun, kesibukan dan jarak geografis seringkali membuat sulit bagi keluarga untuk secara langsung memantau kesehatan dan keberadaan mereka setiap saat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi yang memungkinkan keluarga untuk memantau kondisi kesehatan dan lokasi orang tua atau orang manula dengan lebih efektif, terutama saat mereka keluar rumah tanpa pengawasan.

Dalam konteks ini, pengembangan sistem monitoring yang mengintegrasikan teknologi sensor kesehatan dan lokasi menjadi penting. Sensor-sensor seperti Max30102 untuk memantau kadar oksigen dalam darah (SpO2) dan denyut jantung, serta modul GPS Ublox Neo-6M untuk melacak lokasi, menawarkan potensi besar untuk menciptakan solusi yang efektif dalam memantau kondisi kesehatan dan keberadaan orang manula.

Selain itu, dengan kemajuan dalam komunikasi nirkabel, terutama melalui jaringan Internet of Things (IoT), data yang dikumpulkan dari sensor-sensor tersebut dapat dengan mudah dikirimkan secara real-time kepada keluarga atau pihak terkait melalui Website atau platform aplikasi yang terhubung dengan internet. Dengan demikian, keluarga dapat segera merespons jika terjadi keadaan darurat atau situasi yang memerlukan intervensi medis.

Dalam skripsi ini, akan dikaji pengembangan dan implementasi sistem monitoring kesehatan dan lokasi orang manula berbasis IoT menggunakan sensor Max30102, modul GPS Ublox Neo-6M, dan Modem Wifi. Sistem ini dirancang untuk memberikan notifikasi kepada keluarga atau penanggung jawab melalui Website serta memungkinkan pengambilan data secara real-time terkait kondisi kesehatan dan lokasi orang manula, sehingga dapat meningkatkan pengawasan dan perawatan mereka, terutama saat mereka berada di luar rumah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Penelitiannya berjudul "Prototipe Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Nodemcu Esp8266" menggambarkan sistem iot yang mengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia, yang dapat dipantau melalui aplikasi blynk yang terhubung ke wifi smartpone. Salah satu kekurangan penelitian

ini adalah sistem monitoring yang masih menggunakan jaringan lokal [1].

Penelitiannya berjudul "Alat Monitoring Detak Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah, dan Suhu Tubuh Berbasis Internet of Things" menemukan bahwa alat yang menggunakan Sensor Max30102 untuk mendeteksi detak jantung dan kadar oksigen dalam darah memiliki tingkat kesalahan sebesar ± 7%, yang dapat dianggap baik. Tingkat kesalahan Sensor Mlx90614 untuk mengukur suhu tubuh adalah ± 5%, dan Neo-6M GPS, yang menentukan titik lokasi pada p Secara keseluruhan, alat ini beroperasi dengan baik dan memenuhi tujuan [2].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat mengontrol kendaraan melalui aplikasi Android, seperti mematikan dan menyalakan kendaraan, melacak lokasi sena, dan mendeteksi kecepatan kendaraan melalui perangkat yang terhubung ke jaringan internet [3].

Meneliti "Gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia berbasis Internet of Things (IoT)". Hasilnya adalah gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh yang dibandingkan dengan pulse oximetry, yang memiliki akurasi sebesar 98,594% dibandingkan dengan gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh dengan sensor Max30102, yang memiliki akurasi sebesar 98,754%. Selain itu, alat portabel ini dapat diawasi melalui aplikasi RemoteXY melalui bluetooth [4].

Penelitian ini menunjukkan bahwa desain dan uji coba prototipe alat pemantau keberadaan yang menggunakan GPS tracker berbasis android telah berhasil. Komponen utama NodeMCU ESP8266 dan modul GPS digunakan untuk membuat perangkat nirkabel. Pengujian sistem menunjukkan bahwa aplikasi dapat melacak dan menunjukkan lokasi keberadaan objek dengan baik. Selain itu, sistem dapat mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna ketika objek berada dalam jarak 30 meter, memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan yang diperlukan. Tetapi keakuratan lokasi tergantung pada kualitas koneksi jaringan internet. Oleh karena itu, koneksi internet yang cepat dan stabil sangat penting untuk penggunaan yang optimal [5].

2.2. Detak Jantung (BPM)

Proses yang dilakukan tubuh manusia untuk mengalirkan darah ke seluruh tubuh dikenal sebagai detak jantung. Dengan menggunakan teknik photoplethysmography, detak jantung dapat diukur melalui pembuluh darah arteri karena jantung menggerakkan darah melalui arteri.

Bayi memiliki detak jantung normal 100–180 kali per menit, balita 100–130 kali per menit, anak-anak 80–100 kali per menit, dan remaja 60–100 kali per menit saat istirahat. Satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah detak jantung dalam satu menit disebut BPM, atau beat per menit. Studi lain menunjukkan bahwa detak jantung biasanya lebih rendah seiring bertambahnya usia. Tabel 1

menunjukkan rincian jumlah detak jantung per menit berdasarkan usia pasien.

Tabel 1. BPM Berdasarkan Usia

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 1 menunjukkan informasi tentang detak jantung per menit berdasarkan usia, mulai dari bayi baru lahir hingga orang dewasa. Sinyal PPG melacak intensitas cahaya yang berubah karena siklus jantung, baik sistolik maupun diastolik. Variasi detak jantung adalah istilah lain untuk siklus jantung. Variabilitas detak jantung adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan berapa lama siklus ini berlangsung. [6].

2.3. Saturasi Oksigen (SpO2)

Prinsip di balik pengukuran SpO2 non-invasif adalah bahwa darah arteri menyerap cahaya selama denyut arteri, yang tercermin melalui perubahan penyerapan cahaya. Hukum Beer Lambert digunakan untuk menjelaskan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode, yang menggambarkan persentase hemoglobin teroksidasi dalam darah. Rentang normal untuk SpO2 adalah 95 hingga 100%, di bawah 95% dianggap rendah atau hipoksemia. Persamaan (1) menggambarkan perbandingan antara oksihemoglobin dan deoksihemoglobin dalam darah.

$$SpO2 = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2} \times 100 \tag{1}$$

Keterangan :

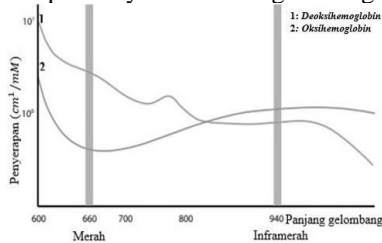
SpO2 = Saturasi Oksigen

HbO2 = hemoglobin yang teroksidasi

Hb = hemoglobin yang tidak teroksidasi

Berdasarkan persamaan di atas, HbO2 merujuk kepada hemoglobin yang mengandung oksigen, sementara Hb merujuk kepada hemoglobin yang tidak mengandung oksigen. Persamaan tersebut menggambarkan perkiraan jumlah oksigen dalam darah, yang direpresentasikan sebagai persentase hemoglobin yang mengandung oksigen (HbO2) dibagi dengan total hemoglobin (Hb), kemudian dijumlahkan dengan HbO2.

Gambar 1 menunjukkan perbandingan penyerapan oksihemoglobin (HbO₂) dan deoksihemoglobin (Hb), yang merupakan hemoglobin yang tidak sepenuhnya terikat dengan oksigen.



Gambar 1 Membandingkan Serapan HbO₂ dengan Hb

2.4. Sensor Max30102

Modul sensor Max30102 memiliki kemampuan untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam darah, biasanya digunakan untuk pemantauan kebugaran selama aktivitas fisik. Dengan sumber daya rendah, ukuran kecil, dan antarmuka I2C standar, sensor ini mudah diintegrasikan dengan perangkat seluler atau mikrokontroler. Kemampuan pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen membuatnya ideal untuk aplikasi pemantauan kesehatan. Sensor menggunakan teknologi LED inframerah dan fotodiode untuk metode reflektifitas, memancarkan cahaya yang diserap oleh hemoglobin dalam pembuluh darah kulit untuk mendeteksi perubahan volume darah. Hasilnya, seperti laju detak jantung, ditampilkan dalam bpm. Keadaan jantung seperti normal, bradikardia, atau takikardia dapat dinilai berdasarkan ritme jantungnya.

2.5. Modul GPS Ublox Neo-6M

Modul NEO-6 adalah penerima GPS yang unggul dengan mesin pemosisian *u-blox 6*, yang menawarkan kinerja navigasi handal dalam format miniatur ekonomis. Desain inovatifnya meminimalkan gangguan sinyal dan efek multi-jam, sehingga cocok digunakan dalam kondisi lingkungan yang menantang [7].

2.6. Node MCU

Platform IoT open source Node MCU adalah versi Arduino yang terhubung dengan ESP8266. Memungkinkan pembuatan aplikasi IoT, seperti pengendalian perangkat via WiFi, pengumpulan data sensor, dan pengiriman data ke server. Diprogram dengan *compiler* Arduino IDE dan mudah dihubungkan melalui *port* USB. Sebagai inovasi dari keluarga ESP8266, NodeMCU menonjol dalam konektivitas internet[8].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional dari sistem monitoring kesehatan dan lokasi orang manula menggunakan NodeMCU, sensor Max30102, modul GPS Ublox Neo-6M/GY, dan Modem WiFi 4G Modem USB Xidol K5188 adalah sebagai berikut:

1. Mengambil data SpO₂ (kadar oksigen dalam darah) dan denyut jantung dari sensor Max30102.
2. Mendapatkan informasi lokasi geografis dari modul GPS Ublox Neo-6M/GY-NEO6MV2.
3. Mengirim data SpO₂, bpm, dan informasi lokasi melalui Internet menggunakan Modem WiFi.
4. Mengirim notifikasi kepada pihak terkait melalui aplikasi berbasis website dalam kasus keadaan darurat berdasarkan data kesehatan atau lokasi.
5. Beroperasi secara real-time dan responsif terhadap perubahan kondisi kesehatan atau lokasi orang manula.

3.2. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

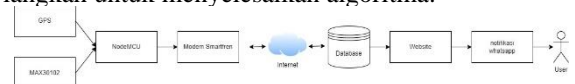
- a. Mikrokontroler NodeMCU, untuk menjalankan program monitoring kesehatan dan lokasi dengan responsif dan stabil.
- b. Sensor Max30102, untuk menghasilkan data detak jantung (bpm) dan kadar oksigen dalam darah (SpO₂) dengan akurasi yang tinggi.
- c. Modul GPS Ublox Neo-6M, untuk menangkap sinyal satelit dengan cepat dan akurat untuk menghasilkan informasi lokasi yang tepat.
- d. Modem WiFi 4G Modem USB Xidol K5188, untuk penyedia internet.

Perangkat lunak (Software) yang digunakan dalam perancangan penelitian terdiri dari:

- a. Browser : Google Chrome/ Microsoft Edge
- b. Text Editor : Visual Studio Code
- c. Tools yang digunakan : Arduino IDE
- d. Bahasa Pemrograman : #C
- e. Konektivitas Jaringan : Jaringan Internet

3.3. Diagram Blok Sistem

Blok diagram berisi tentang informasi proses langkah untuk menyelesaikan algoritma.



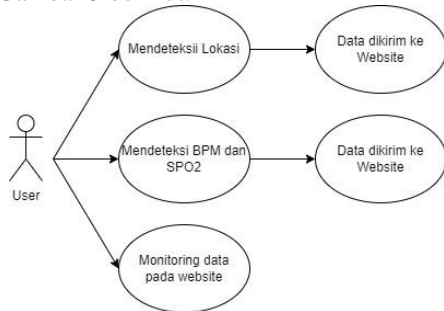
Gambar 2 Blok Diagram

Pada Gambar 2, proses dimulai dari power supply akan memberikan daya tegangan ke NodeMCU dan modem smartfren. Kemudian sensor gps dan sensor max30102 akan membaca data sensor lalu disimpan ke NodeMCU. Selanjutnya data sensor yang telah disimpan akan dikirim ke database melalui koneksi internet dari modem smartfren. Koneksi pengiriman data dari mikrokontroler ke internet menggunakan http, lalu data sensor akan masuk kedalam cloud database. Kemudian data yang ada di cloud database akan ditampilkan ke website sebagai informasi ke user, lalu jika nilai dari sensor gps dan sensor max30102 bernilai tidak bagus maka akan mengirimkan notifikasi ke user.

3.4. Diagram Use Case

Interaksi antara pengguna dan sistem pemantauan web, yang memantau sensor denyut jantung, kadar

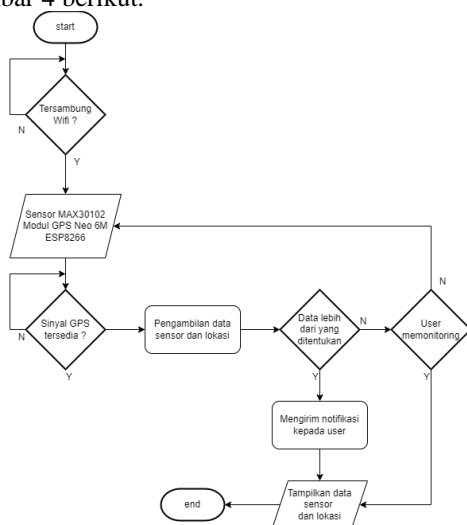
oksigen, dan lokasi, digambarkan dalam use case diagram. Pengiriman data dapat dilakukan secara otomatis berkat sistem ini. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Use case diagram

3.5. Flowchart Alat

Flowchart alat menggambarkan alur kerja dari hardware pada sistem monitoring denyut jantung, kadar oksigen dan lokasi pada orang manula berbasis internet of things. Dan sistem hardware ini dimulai dengan modul wifi, yang menentukan apakah sudah terhubung ke internet., jika sudah maka inialisasi sensor dan modul yang digunakan. Kemudian modul gps akan mengecek mencari sinyal jika sudah mendapatkan sinyal lanjut ke nodemcu akan mengambil data dari sensor Max30102 dan modul GPS yang siap dikirim ke pengguna dengan bantuan sumber internet dari Modem Wifi. Jika data melebihi dari yang ditentukan maka secara otomatis akan mengirim notifikasi kepada pengguna, jika tidak, maka apakah pengguna akan memonitoring data atau tidak, jika pengguna akan memonitoring data selanjutnya secara otomatis mendapatkan data sensor dan modul lalu mengirimkan data tersebut untuk ditampilkan kepada pengguna, jika tidak memonitoring data maka kembali ke inialisasi sensor dan modul. Seperti pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Flowchart alat

3.6. Struktur Tabel

Berdasarkan penelitian ini, struktur tabel digambarkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5 Struktur Tabel

Pada Gambar 5 diatas, menjelaskan struktur dari tabel-tabel yang digunakan dalam basis data `gps_location`, yaitu tabel `gps_data` yang menyimpan data GPS mencakup informasi lokasi, tanggal, dan waktu dengan kolom `id` (Integer, kunci utama, auto-increment), `latitude` (Decimal), `longitude` (Decimal), `date` (Date), `time` (Time), `latitudemanual` (Decimal, default 0.000000), `longitudemanual` (Decimal, default 0.000000), dan `waktu` (Timestamp); tabel `login` yang menyimpan data login pengguna dengan kolom `username` (Varchar, kunci unik) dan `password` (Varchar); tabel `max30102_data` yang menyimpan data dari sensor MAX30102 seperti denyut jantung dan kadar oksigen dalam darah dengan kolom `id` (Integer, kunci utama, auto-increment), `bpm` (Varchar), `spo` (Varchar), `waktu` (Timestamp), `bpm pulse` (Varchar, default '0'), dan `spopulse` (Varchar, default '0'); tabel `notif` yang menyimpan data notifikasi berisi pesan-pesan peringatan dengan kolom `id` (Integer, kunci utama, auto-increment), `telpon` (Varchar), `apikey` (Varchar), dan `pesan1` hingga `pesan5` (Varchar); serta tabel `radius` yang menyimpan data radius jarak lokasi untuk peringatan dengan kolom `id` (Integer, kunci utama, auto-increment), `jarak` (Integer), `latitude` (Decimal), dan `longitude` (Decimal).

3.7. Design Prototype

Desain prototype dari penelitian ini digambarkan seperti berikut ini :

1. Tampilan Dashboard



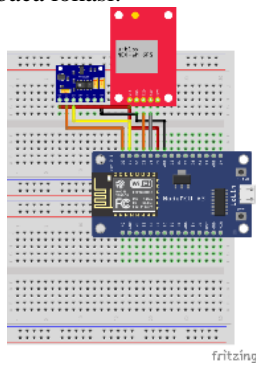
Gambar 6 Halaman Dashboard

Pada gambar 6 ditampilkan halaman dashboard ketika mengakses website, Pada page ini, terdapat map untuk memantau lokasi yang didapat dari sensor gps serta terdapat informasi posisi latitude, longitude, tanggal dan waktu. Kemudian dibawah juga terdapat tabel untuk memantau informasi rata rata detak jantung dan kadar oksigen.

3.8. Prototype Alat

Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini, Prototype memiliki sensor MAX30102 yang mengukur jumlah detak jantung per menit dan kadar

oksigen dalam darah, dan modul GPS Ublox Neo-6M yang dapat membaca lokasi.



Gambar 7 prototype alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rangkaian Alat

Gambar di bawah ini menampilkan semua perangkat yang tersusun secara keseluruhan.

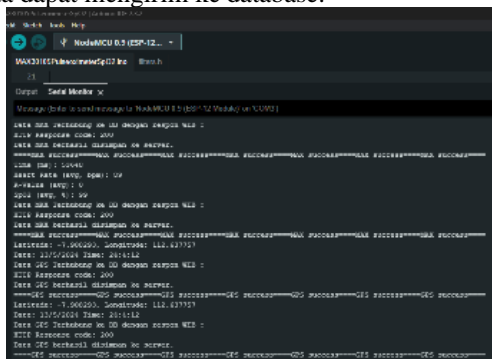


Gambar 8 Rangkaian Alat

Alat sudah beroperasi dengan lancar, mampu membaca dan mengumpulkan informasi tentang lokasi, detak jantung, dan kadar oksigen dalam darah saat jari didekatkan ke sensor *Max30102*, yang menandakan keberhasilan dalam menampilkan hasil ke website serta mengirim data ke database.

4.2 Pembacaan Sensor

Pada Gambar 9 melakukan *compile* program pada *NodeMCU* kedalam *software* arduino *IDE*. Pada pembacaan *MAX30102* dan *GPS* menunjukkan bahwa alat dapat membaca detak jantung, spo2 dan lokasi serta dapat mengirim ke database.



Gambar 9 Pembacaan Sensor

Pembacaan berhasil dengan ditampilkannya nilai pada *Heart Rate*, *Spo2*, *latitude*, *longitude* dan *date*. Serta pengiriman data ke *database* berhasil dengan

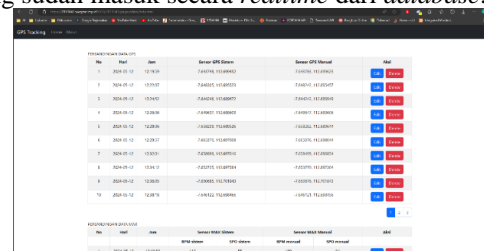
ditandai informasi data terhubung ke db dengan respon *web code* 200.

4.3 Website



Gambar 10 Tampilan Dashboard

Pada gambar 10 diatas adalah geolokasi berupa map yang digunakan untuk monitoring lokasi dan terdapat informasi *latitude*, *longtitude*, bpm serta spo2 yang sudah masuk secara *realtime* dari *database*.



Gambar 11 Halaman data yang menampilkan data GPS

Pada gambar 11 diatas adalah tampilan dari halaman data sensor GPS yang terdiri dari nilai sensor beserta tanggal yang diperlihatkan dalam bentuk tabel *history* kapan data masuk. Pada tabel tersebut juga terdapat tombol *edit* dan *delete* untuk mengubah dan menghapus data database saat ini.

4.4 Pengujian Blackbox

Tabel 2. Pengujian Blackbox

No	Pengujian	Aksi	Hasil yang diharapkan
1	Koneksi Kedalam database	Memastikan bahwa sistem telah terhubung ke database	Koneksi Berhasil
2	Koneksi sensor GPS	Memastikan bahwa sensor GPS telah terhubung kedalam database dan dapat mengirimkan data GPS kedalam database	Koneksi Berhasil
3	Koneksi sensor Max30102	Memastikan bahwa sensor Max30102 telah terhubung kedalam database dan dapat	Koneksi Berhasil

No	Pengujian	Aksi	Hasil yang diharapkan
		mengirimkan data bpm dan spo2 kedalam database	

Pada tabel 2 diatas, telah dilakukan pengujian sebanyak 3 pengujian. Pengujian 1 pengkoneksian sistem ke database, pengujian 2 adalah pengujian sensor *GPS* apakah sensor *GPS* dapat mengirim data tersebut kedalam database dan pengujian 3 adalah pengujian sensor *Max30102* apakah sensor dapat mengirim data kedalam *database*. Kemudian dapat disimpulkan bahwa hasil dari ketiga pengujian ini menunjukkan bahwa setiap komponen berhasil terhubung dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

4.5 Pengujian Alat

Pengujian alat melibatkan uji coba langsung oleh pengguna untuk memastikan fungsionalitas perangkat yang telah dirakit.



Gambar 12 Halaman data yang menampilkan data *GPS*

Gambar 12 menampilkan hasil pengguna pada seorang manula berumur 65 tahun yang sedang memakai alat yang dirancang. Mikrokontroler dimasukkan ke dalam tas lengan, dan sensor *Max30102* ditempelkan pada jari dengan kabel yang panjang dari lengan ke jari. Dapat disimpulkan bahwa penempatan alat dilengan memastikan bahwa perangkat dapat digunakan dengan nyaman oleh pengguna, sekaligus sensor ditempatkan di jari memungkinkan pengambilan data kesehatan yang akurat dan *real-time*

Berdasarkan hasil uji coba data *GPS* dan data dari sensor *Max30102* telah berhasil mengambil data sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2 dan 3 di bawah ini :

Tabel 4. Hasil sensor *GPS* dilapangan

No	Tanggal	Sensor <i>GPS</i>
1	2024-05-12 12:19:59	-7.643748, 112.699432
2	2024-05-12 12:22:07	-7.648305, 112.695523
3	2024-05-12 12:24:52	-7.644246, 112.689672
4	2024-05-12 12:26:06	-7.649637, 112.688609
5	2024-05-12 12:28:06	-7.658239, 112.689526

6	2024-05-12 12:29:57	-7.665370, 112.697008
7	2024-05-12 12:32:01	-7.658999, 112.697010
8	2024-05-12 12:34:12	-7.653725, 112.697564
9	2024-05-12 12:36:05	-7.650685, 112.701943
10	2024-05-12 12:38:18	-7.646122, 112.698466

Dari 10 data di atas, dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor *GPS* berhasil dilakukan, dan perangkat mampu merekam data lokasi pada rentan waktu setiap 2 menit. Hal ini menegaskan keandalan dan fungsionalitas alat dalam menangkap koordinat geografis.

Tabel 5. Hasil sensor *Max30102* dilapangan

No	Tanggal	Denyut Jantung (BPM)	Saturasi Oksigen (%)
1	2024-05-12 12:19:59	112	55
2	2024-05-12 12:22:07	91	92
3	2024-05-12 12:24:52	110	94
4	2024-05-12 12:26:06	100	95
5	2024-05-12 12:28:06	115	99
6	2024-05-12 12:29:59	99	94
7	2024-05-12 12:32:01	103	97
8	2024-05-12 12:34:12	106	99
9	2024-05-12 12:36:10	93	100
10	2024-05-12 12:38:17	90	98

Dari 10 data di atas, dapat disimpulkan bahwa sensor *Max30102* mampu memberikan data denyut jantung dengan rentang antara 90 BPM hingga 112 BPM pada setiap 2 menit, serta data saturasi oksigen dengan rentang antara 55% hingga 100% di setiap 2 menit. Data yang diperoleh menunjukkan kemampuan sensor untuk mengukur parameter kesehatan secara konsisten ketika jari ditempelkan langsung pada sensor tanpa penutup, dengan pengaruh cahaya yang memengaruhi intensitas pembacaan.

Dengan demikian, pengujian alat menunjukkan bahwa kedua sensor, baik *GPS* maupun *Max30102*, berfungsi sesuai dengan tujuan alat tersebut dirancang.

4.6 Pengujian Sensor *Max30102*

Pengujian sensor *Max30102* dilakukan untuk mengukur keakuratan dan konsistensi data dalam memonitor *BPM* dan *SpO2*. Lalu data dari sensor *Max30102* dibandingkan dengan data dari *Pulse Oximeter* yang telah terkalibrasi dan dikenal memiliki akurasi tinggi. Hasil perbandingan pengukuran dan perhitungan kesalahan seperti dibawah ini :

1. Perhitungan Kesalahan (*Error*) *BPM*

Rumus Kesalahan *BPM* :

$$\text{Kesalahan} = \left| \frac{\text{BPM Sistem} - \text{BPM Pembanding}}{\text{BPM Pembanding}} \right| \times 100 \quad (4.1)$$

Perhitungan *BPM* Data nomor 1 :

BPM Max30102 = 112

BPM Pulse Oximeter = 100

$$\text{Kesalahan} = \left| \frac{112-100}{100} \right| \times 100 = \left| \frac{12}{100} \right| \times 100 = 12\%$$

2. Perhitungan Kesalahan (*Error*) *SpO2*

Perhitungan SpO2 Data nomor 1 :

$$\text{SpO2 Max30102} = 55$$

$$\text{BPM Pulse Oximeter} = 94$$

$$\text{Kesalahan} = \left| \frac{55-94}{94} \right| \times 100 = \left| \frac{39}{94} \right| \times 100 = 41.49\%$$

Tabel 6. Hasil Pengujian Rata – Rata Presentase Kesalahan

No	Sensor Max30102	Pulse Oximeter	Presentase Kesalahan (%)	No	Sensor Max30102	Pulse Oximeter
	BPM	SPO2	BPM		BPM	SPO2
1	112	55	100	1	112	55
2	91	92	90	2	91	92
3	110	94	99	3	110	94
4	100	95	94	4	100	95
5	115	99	95	5	115	99
6	99	94	95	6	99	94
7	103	97	95	7	103	97
8	106	99	95	8	106	99
9	93	100	89	9	93	100
10	90	98	90	10	90	98
Nilai Rata Rata Selisih					8.03	6.36

Kemudian dari presentase kesalahan diatas dapat diambil nilai rata-rata kesalahan BPM yaitu :

$$\text{Rata-rata Kesalahan BPM} =$$

$$\frac{12 + 1.11 + 11.11 + 6.38 + 21.05 + 4.21 + 8.42 + 11.58 + 4.49 + 0}{10}$$

$$= \frac{80.35}{10} = 8.03$$

Dan rata-rata kesalahan SpO2 yaitu :

$$\text{Rata-rata Kesalahan SpO2} =$$

$$\frac{41.49 + 2.13 + 0 + 1.06 + 4.21 + 0 + 2.11 + 4.21 + 5.26 + 3.16}{10}$$

$$= \frac{63.63}{10} = 6.36$$

Lalu dapat disimpulkan rata rata kesalahan sensor BPM sebesar 8.03% dan rata rata kesalahan SpO2 sebesar 6.36%.

3. Perhitungan Akurasi Sensor Max30102 dan Pulse Oximeter

Rata-rata Akurasi BPM:

$$\text{Akurasi BPM} = 100\% - 8.03\% = 91,97\%$$

Rata-rata Akurasi SpO2:

$$\text{Akurasi SpO2} = 100\% - 6.36\% = 93.64\%$$

Berdasarkan hasil dari 2 perhitungan data diatas, dapat disimpulkan bahwa sensor Max30102 menunjukkan akurasi yang signifikan dalam mengukur BPM dan SpO2, meskipun beberapa pengukuran menunjukkan kesalahan yang lebih tinggi. Rata-rata akurasi BPM mencapai sekitar 91.97%, sementara akurasi SpO2 mencapai sekitar 93.64% seperti yang ditulis pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Akurasi Sensor Max30102 dengan Pulse Oximeter

Rata-rata kesalahan BPM	Rata-rata kesalahan SpO2	Akurasi (%)	
		BPM	Rata-rata kesalahan BPM
8.03%	6.36%	91.97%	8.03%

4.7 Pengujian Metode Geofency

Pengujian metode Geofency memiliki peran penting dalam penelitian ini untuk mengevaluasi akurasi alat dalam merekam lokasi geografis. Pendekatan ini dilakukan dengan membandingkan data sensor GPS NEO-6 dengan data yang disediakan oleh Google Maps. Proses perbandingan menggunakan perhitungan jarak Haversine Distance, sebuah metode yang terpercaya dalam mengukur perbedaan jarak antara koordinat yang diperoleh dari sensor GPS dan koordinat yang diberikan oleh Google Maps.

Hasil dari pengujian ini memberikan pemahaman mendalam tentang seberapa akurat alat Geofency dalam merekam lokasi pengguna. Selisih jarak yang diukur antara data sensor GPS dan data dilapangan memberikan indikasi yang jelas tentang kemampuan alat ini dalam mendeteksi lokasi yang sebenarnya dari pengguna.

Tabel 8 di bawah ini memperlihatkan hasil perbandingan data GPS yang diperoleh dari sensor GPS NEO-6 dengan data lapangan yang diambil langsung dari Google Maps :

Tabel 8 Hasil Perbandingan Data GPS

No	Pengujian sensor GPS NEO-6	Pengujian Lapangan	Hasil Nilai Perbedaan Jarak Menggunakan Haversine
	Lat, Long	Lat, Long	
1	- 7.643748,112.699 432	- 7.643783,112.699 623	0.02
2	- 7.648305,112.695 523	- 7.648242,112.695 457	0.01
3	- 7.644246,112.689 672	- 7.644242,112.689 949	0.03
4	- 7.649637,112.688 609	- 7.649647,112.688 606	0.00
5	- 7.658239,112.689 526	- 7.658282,112.689 644	0.01
6	- 7.665370,112.697 008	- 7.665376,112.698 044	0.11
7	- 7.658999,112.697 010	- 7.658499,112.696 854	0.06
8	- 7.653725,112.697 564	- 7.653770,112.697 304	0.03
9	- 7.650685,112.701 943	- 7.650676,112.701 843	0.01
10	- 7.646122,112.698 466	- 7.646121,112.698 456	0.00
Rata-rata			0.028

Dari 10 data pengujian yang telah dilakukan, hasilnya menunjukkan rata-rata selisih jarak sebesar 0.028 kilometer atau setara dengan 28 meter antara data sensor GPS NEO-6 dengan data dari Google

Maps. Meskipun terdapat variasi dalam selisih jarak antara pengujian, namun nilai rata-rata yang relatif kecil ini mengindikasikan bahwa sensor *GPS NEO-6* memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima untuk penggunaan praktis. Penilaian ini didasarkan pada evaluasi faktor-faktor yang dapat memengaruhi keakuratan pengukuran, seperti kondisi lingkungan, sensitivitas sensor, dan kecepatan gerakan pengguna selama proses pengujian data.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem yang dirancang beroperasi dengan lancar, mampu membaca dan mengumpulkan informasi tentang lokasi, detak jantung, dan kadar oksigen dalam darah melalui sensor *Max30102*, serta menampilkan hasil di website dan mengirim data ke database dengan respon *web code* 200. Semua komponen terhubung dan berfungsi sesuai harapan, dengan tampilan website berjalan sesuai desain awal. Pengujian menunjukkan bahwa sistem kompatibel dan berfungsi optimal di berbagai *browser*. Sensor *GPS* berhasil merekam data lokasi setiap 2 menit, sementara sensor *Max30102* memberikan data denyut jantung (90-112 BPM) dan saturasi oksigen (55%-100%) dengan rata-rata kesalahan 8.03% untuk BPM dan 6.36% untuk SpO₂, menunjukkan akurasi 91.97% untuk BPM dan 93.64% untuk SpO₂. Rata-rata selisih jarak antara data sensor *GPS* dan *Google Maps* adalah 0.028 kilometer (28 meter). Saran untuk pengembangan lebih lanjut meliputi evaluasi faktor-faktor yang memengaruhi akurasi, pengujian lebih lanjut dalam berbagai kondisi, memperbaiki atau meningkatkan fitur berdasarkan masukan pengguna, dan mengoptimalkan akurasi sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Bako Tabriawan, "Prototipe sistem monitoring detak jantung dan suhu tubuh berbasis internet of things (IoT) menggunakan Nodemcu ESP8266," Malang, Jun. 2022. Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/36856>
- [2] A. Wahyu Nugraha, I. Prasetyo, and Taryudi, "Alat Monitoring Detak Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Internet of Things. Autocracy," Jakarta, Jun. 2020. doi: <https://doi.org/10.21009/autocracy.071.7>.
- [3] W. Sofyan, H. Ferdiansyah, N. Zulkifli, Y. Ekawaty, and Hariani, "Sistem Pengontrolan Kendaraan Bermotor Jarak Jauh Berbasis GPS Tracker dan Mikrokontroller Pada Platform Android," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 3, pp. 195–203, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i3.381>.
- [4] D. Eka Savitri, "Gelang Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet of Things (IoT)," Jakarta, Jan. 2020. Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/50374>
- [5] N. Asih, Djamaludin, and V. Septiana Windyadari, "Perancangan Sistem Monitoring Keberadaan Objek Menggunakan GPS Tracker Dengan Interface Berbasis Aplikasi Telepon Pintar," *Jurnal Teknik Informatika Unis*, vol. 10, no. 1, pp. 2252–5351, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.33592/jutis.v10i1.1746>.
- [6] F. Gunawan, "Pemantauan Detak Jantung Dan Saturasi Oksigen Dalam Darah Berbasis Iot Menggunakan Sensor Max30102," Banten, Oct. 2023. Accessed: Mar. 30, 2024. [Online]. Available: <https://eprints.untirta.ac.id/id/eprint/30726>
- [7] S. Maureta Nabella, M. Orisa, and Y. Agus Pranoto, "Implementasi Metode Geofency Pada Sistem Keamanan Kendaraan," Malang, Feb. 2022. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4598>.
- [8] M. B. Ulum, M. Lutfi, and A. Faizin, "Otomatisasi Pompa Air Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot)," Malang, Feb. 2022. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4583>.
- [9] S. Wati, J. Dedy Irawan, and Y. A. Pranoto, "Rancang Bangun Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Iot(Internet Of Things)," Malang, Feb. 2022. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4509>.
- [10] G. Heru Sandi and Y. Fatma, "Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian," Pekanbaru, Feb. 2023. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.5892>.