

**Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien
Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode
C4.5**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

LIZA AZZAHRA ZEIN

2109020160



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

**Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien
Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode
C4.5**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

LIZA AZZAHRA ZEIN

2109020160

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

LEMBAR PENGESAHAN

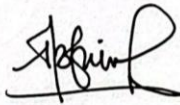
Judul Skripsi : Sitem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi
Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda
Berbasis IoT Dengan Metode C4.5

Nama Mahasiswa : Liza Azzahra Zein

NPM : 2109020160

Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mhd. Basri, S.Si, M.Kom)
NIDN. 0111078802

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Liza Azzahra Zein

NPM. 2109020160

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Liza Azzahra Zein
NPM : 2109020160
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul :

**Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien
Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode
C4.5**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Liza Azzahra Zein

NPM. 2109020160

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Liza Azzahra Zein
Tempat dan Tanggal Lahir : Lubuk Pakam, 01 November 2002
Alamat Rumah : Jln. Pantai Labu, Comp PNS Prumnas
Pemda, Kel. Pagar Merbau III, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang
Telepon/Faks/HP : 0853-5841-4851
E-mail : lizazzhra21@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SDN 108384 Lubuk Pakam	TAMAT : 2014
SMP	: MTsN Lubuk Pakam	TAMAT : 2017
SMA	: SMAN 2 Lubuk Pakam	TAMAT : 2020

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil ‘aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

“Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5” sebagai syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak Halim Maulana, S.T., M.Kom., selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
4. Bapak Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom., selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
6. Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi sekaligus dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan ketulusan sejak awal hingga akhir penyusunan skripsi ini. Bimbingan, ilmu, dan motivasi yang Bapak berikan sangat berharga bagi penulis.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan bekal ilmu Teknologi Informasi kepada penulis.
8. Kedua Orang Tua tercinta, terkasih, tersayang, cinta pertamaku dan panutanku yaitu Ayahanda Syamsul Rizal dan pintu surgaku Ibunda Herlina. Terima kasih banyak atas segala pengorbanan, dukungan, motivasi, nasehat serta do'a tulus kasih yang tidak pernah putus dipanjatkan dalam setiap sujudnya memohon ridho dari Sang Maha Pencipta agar setiap langkah untuk anak-anaknya selalu di ridhoi dalam segala hal. Semoga kebaikan ini diganti dengan surganya Allah dan di pertemuan dalam surganya Allah.
9. Kepada kakak kandung satu-satunya yang tercinta terima kasih penulis ucapkan kepada Salshabil Putri Eriza, S.Pd., yang selalu memberikan semangat, motivasi, dorongan dan memberikan banyak bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan karya tulis ini.
10. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat terbaik yang selalu hadir memberikan dukungan, semangat, serta menjadi tempat berbagi suka dan duka selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Kebersamaan, canda tawa, serta motivasi dari kalian telah menjadi bagian yang sangat berarti dalam perjalanan ini.
11. Kepada sosok yang belum diketahui namanya namun sudah tertulis jelas di *lauhul mahfuz*. Terima kasih sudah menjadi salah satu sumber motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai upaya memantaskan diri. Semoga kita berjumpa di versi terbaik kita masing-masing.
12. Terakhir, terimakasih kepada wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti isi kepalanya, sang penulis karya tulis ini yaitu diri saya sendiri, Liza Azzahra Zein. Seorang anak bungsu yang berjalan menuju usia 23 tahun yang keras kepala namun terkadang sifatnya seperti anak kecil pada umumnya. Terimakasih ya telah hadir di dunia dan sudah bertahan sampai sejauh ini melewati banyaknya tantangan dan rintangan yang alam semesta berikan. Terimakasih kamu hebat saya

bangga atas pencapaian yang telah diraih dalam hidupmu dan selalu merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau seringkali pengharapan tidak sesuai dengan ekspektasi, namun harus tetap bersyukur terimakasih selalu mau berusaha, bekerjasama dan tidak lelah mencoba hal-hal positif saya yakin dengan usaha, dan kebaikan-kebaikan dan do'a yang selalu kamu langitkan Allah sudah merencanakan beberapa pilihan yang tidak terduga pastinya terbaik buat dirimu. Berbahagialah selalu dimanapun kapanpun kamu berada, Liza. Rayakan selalu kehadiranmu jadilah bersinar dimanapun kamu memijakkan kaki. Semoga Langkah kebaikan terus berada padamu dan semoga Allah selalu meridhoi setiap perbuatanmu dan selalu dalam lindungan-Nya.

Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknologi Informasi khususnya. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Juni 2025

Penulis

Liza Azzahra Zein

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	20
1.1 Latar Belakang Masalah	20
1.2 Rumusan Masalah.....	23
1.3 Batasan Masalah	23
1.4 Tujuan Penelitian	24
1.5 Manfaat Penelitian	24
BAB II LANDASAN TEORI	26
2.1 Sistem.....	26
2.2 Internet Of Thing (IoT).....	26
2.3 Metode C4.5 dalam Pendukung Keputusan.....	27
2.4 Integrasi Sensor Tanda Vital	28
2.5 Variabel Penelitian	29
2.6 Penelitian Terdahulu	30
2.7 Tanda Vital Manusia	35
2.7.1 Tekanan Darah.....	35
2.7.2 Detak Jantung.....	36
2.7.3 Suhu Tubuh	37
2.8 Komponen Perancangan Sistem.....	38
2.8.1 ESP32.....	38
2.8.2 Sensor MAX30102	39
2.8.3 Sensor MLX90614.....	40
2.8.4 Tensimeter.....	40

2.8.5 Push Button.....	41
2.8.6 LCD (Liquid Crystal Display)	42
2.9 Kerangka Berpikir.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	45
3.1 Pendekatan Penelitian	45
3.2 Lingkungan Penelitian	46
3.2.1 Lokasi Penelitian.....	46
3.2.2 Waktu Penelitian	46
3.3 Alat dan Bahan.....	46
3.4 Pengumpulan Data	48
3.5 Jenis Perangkat Lunak yang Digunakan	48
3.6 Sistem Operasi dan Perangkat Keras	49
3.7 Strategi Pemecahan Masalah	50
3.8 Struktur Data Yang Digunakan	51
3.9 Simulasi Perhitungan Manual	52
3.10 Flowchart Sistem	58
3.11 Algoritma	62
3.12 Perancangan Sistem	65
3.13 Perancangan Model Sistem.....	67
3.13.1 Use Case Diagram.....	67
3.13.2 Sequence Diagram	68
3.13.3 Class Diagram	69
3.14 Perancangan Pengujian	70
3.15 Diagram Blok.....	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	77
4.1 Hasil Penelitian	77
4.2 Hasil Rancangan Alat.....	77
4.2.1 Desain Fisik dan Arsitektur Sistem	780
4.3 Alur Kerja Sistem Monitoring	79
4.4 Pengujian dan Analisis Perangkat Keras.....	80
4.4.1 Pengujian Mikrokontroler ESP32	80
4.4.2 Pengujian Sensor MAX30102	81
4.4.3 Pengujian Sensor MLX90614.....	81
4.4.4 Tensimeter Digital Pergelangan Tangan.....	83

4.4.5 Pengujian LCD.....	84
4.5 Data Hasil Pengukuran Tanda Vital	85
4.6 Implementasi Kode Program Mikrokontroler (Arduino IDE)	91
4.7 Implementasi Sistem Web (PHP, MySQL, dan XAMPP).....	101
4.8 Tampilan Output Website dan Integrasi IoT	102
BAB V PENUTUP	108
5.1 Kesimpulan	108
5.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	30
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	47
Tabel 3.2 Alat dan Bahan	47
Tabel 3.3 Dataset Awal.....	53
Tabel 3.4 Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	71
Tabel 3.5 Pengujian Akurasi Sensor.....	72
Tabel 3.6 Pengujian Algoritma C4.5	73
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor MLX90614.....	83
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Tekanan Darah	36
Gambar 2.2 Frekuensi Normal Detak Jantung.....	37
Gambar 2.3 Kategori Suhu Tubuh	38
Gambar 2.4 Mikrokontroller ESP32	39
Gambar 2.5 Sensor Max30102.....	39
Gambar 2.6 Sensor Mlx90614	40
Gambar 2.7 Tensimeter	41
Gambar 2.8 Push Button	42
Gambar 2.9 LCD.....	43
Gambar 2.10 Kerangka Berpikir	44
Gambar 3.1 Diagram ERD.....	51
Gambar 3.2 Flowchart Sistem.....	59
Gambar 3.3 Kerangka Circuit	65
Gambar 3.4 Use Case Diagram.....	67
Gambar 3.5 Sequence Diagram.....	68
Gambar 3.6 Class Diagram	69
Gambar 3.7 Diagram Blok	74
Gambar 4.1 Alat Ukur Tanda Vital.....	77
Gambar 4.2 Prototype Alat Monitoring	78
Gambar 4.3 Pengujian Mikrokontroler ESP32	81
Gambar 4.4 Pengujian MAX30102.....	81
Gambar 4.5 Pengujian MLX90614	82
Gambar 4.6 Pengujian Tensimeter Digital Pergelangan Tangan.....	84
Gambar 4.7 Pengujian LCD.....	84
Gambar 4.8 Grafik Tekanan Darah	88
Gambar 4.9 Grafik Detak Jantung	89
Gambar 4.10 Grafik Suhu Tubuh	84
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Diagnosa Riwayat	90
Gambar 4.12 Struktur Tabel	102

Gambar 4.13 Tampilan Data Riwayat Pengukuran Tanda Vital.....	104
Gambar 4.14 Dashboard Monitoring Tanda Vital	105
Gambar 4.15 Halaman Riwayat Pemeriksaan Tanda Vital	106

Patient Health Condition Monitoring and Decision Support System Using IoT-Based Vital Sign Sensor Integration With C4.5 Method

Abstract

The development of Internet of Things (IoT) technology has opened up great opportunities in the development of real-time patient health monitoring systems with the integration of vital sign sensors. This study aims to develop a patient health monitoring and decision support system that combines IoT-based vital sign sensors with the C4.5 method as a decision-making algorithm. This system is designed to collect vital data such as heart rate, blood pressure, and body temperature automatically through sensors connected to the ESP32 microcontroller. The data obtained is then processed using the C4.5 method to provide recommendations for patient health conditions accurately and quickly. The research methodology includes the stages of system design, hardware and software development, implementation, and testing in stages. Testing is carried out by running the program on the prepared hardware, interacting with users through input buttons, and displaying measurement results and analysis on the LCD screen. The test results show that the system is able to operate stably, provide real-time vital sign data, and produce decisions that are in accordance with the patient's health condition. This system also has an easy-to-use interface that makes it easy for users to monitor and make decisions.

The system implementation uses hardware such as ESP32, MAX30102 sensor for heart rate and blood oxygen, MLX90614 sensor for body temperature, tensiometer for blood pressure, push button as user input, and LCD as display media. The software is developed using a programming environment that supports IoT integration and the C4.5 algorithm. Data communication between sensors and microcontrollers uses serial ports and I2C which are chosen because of their reliability in real-time data transfer. The conclusion of this study is that the IoT-based monitoring and decision support system with the C4.5 method developed can provide an effective solution in monitoring patient health conditions accurately and

efficiently. This system is expected to be a reference for the development of IoT-based health technology in the future and provide real benefits in the medical world, especially in remote patient monitoring and fast and precise clinical decision making.

Keywords : Internet of Things, Health Monitoring, C4.5 Algorithm, Vital Sign Sensor, Decision Support System

Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5

Abstrak

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem monitoring kesehatan pasien secara real-time dengan integrasi sensor tanda vital. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring dan pendukung keputusan kondisi kesehatan pasien yang menggabungkan sensor tanda vital berbasis IoT dengan metode C4.5 sebagai algoritma pengambilan keputusan. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan data vital seperti detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara otomatis melalui sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode C4.5 untuk memberikan rekomendasi kondisi kesehatan pasien secara akurat dan cepat. Metodologi penelitian meliputi tahap perancangan sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, serta pengujian secara bertahap. Pengujian dilakukan dengan menjalankan program pada perangkat keras yang telah disiapkan, melakukan interaksi pengguna melalui tombol input, dan menampilkan hasil pengukuran serta analisis pada layar LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan stabil, memberikan data tanda vital secara real-time, dan menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi kesehatan pasien. Sistem ini juga memiliki antarmuka yang mudah digunakan sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring dan pengambilan keputusan.

Implementasi sistem menggunakan perangkat keras seperti ESP32, sensor MAX30102 untuk detak jantung dan oksigen darah, sensor MLX90614 untuk suhu tubuh, tensimeter untuk tekanan darah, push button sebagai input pengguna, dan LCD sebagai media tampilan. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan lingkungan pemrograman yang mendukung integrasi IoT dan algoritma C4.5. Komunikasi data antara sensor dan mikrokontroler menggunakan port serial dan

I2C yang dipilih karena keandalannya dalam transfer data secara real-time. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem monitoring dan pendukung keputusan berbasis IoT dengan metode C4.5 yang dikembangkan dapat memberikan solusi efektif dalam memantau kondisi kesehatan pasien secara akurat dan efisien. Sistem ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi kesehatan berbasis IoT di masa depan dan memberikan manfaat nyata dalam dunia medis, khususnya dalam pemantauan pasien secara jarak jauh dan pengambilan keputusan klinis yang cepat dan tepat.

Kata Kunci : Internet of Things, Monitoring Kesehatan, Algoritma C4.5, Sensor Tanda Vital, Sistem Pendukung Keputusan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kesehatan merupakan aspek fundamental dalam kehidupan manusia, mencakup kesejahteraan fisik, mental, dan sosial. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mendefinisikan kesehatan sebagai keadaan sejahtera yang tidak hanya terbatas pada ketiadaan penyakit, tetapi juga keseimbangan dalam berbagai aspek kehidupan (World Health Organization, 2023). Kesehatan yang baik dapat meningkatkan produktivitas dan daya tahan tubuh terhadap penyakit (Adar Bakhsh Baloch, 2017). Indikator utama kesehatan yang baik mencakup fungsi optimal dari organ-organ vital, termasuk jantung yang sehat, tekanan darah yang stabil, dan suhu tubuh yang berada dalam rentang normal (Benjamin et al., 2018). Pemeliharaan kesehatan yang optimal memerlukan pemantauan kondisi organ vital, terutama sistem kardiovaskular yang memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan dan kelangsungan fungsi tubuh (Virani et al., 2021). Data kesehatan yang tepat dan terintegrasi menjadi kunci dalam pengambilan keputusan klinis yang efektif dan tepat dalam pengelolaan kesehatan masyarakat.

Jantung merupakan organ utama dalam sistem kardiovaskular yang bertanggung jawab untuk memompa darah ke seluruh tubuh, mendistribusikan oksigen serta nutrisi yang diperlukan oleh sel dan jaringan (Llyod-Jones et al., 2018). Denyut jantung normal berkisar antara 60 hingga 100 denyut per menit (bpm) pada orang dewasa (Almaadawy et al., 2024). Abnormalitas seperti bradikardia (denyut jantung di bawah normal <60 bpm) dan takikardia (denyut jantung di atas normal >100 bpm) dapat menjadi indikasi adanya gangguan kesehatan yang memerlukan perhatian medis segera (Wong & Jaafar, 2021). Penyakit jantung koroner (PJK) merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia dan terus meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat modern (Khera et al., 2017). Oleh karena itu, deteksi dini dan pencegahan penyakit jantung sangatlah penting untuk mengurangi angka morbiditas dan mortalitas. Faktor risiko penyakit jantung meliputi gaya hidup tidak sehat (merokok, kurang

olahraga, diet tidak sehat), genetika, hipertensi, dan diabetes (Roth et al., 2020). Modifikasi faktor risiko ini merupakan strategi kunci dalam pencegahan penyakit jantung. Pendekatan yang komprehensif, yang melibatkan perubahan gaya hidup dan pengobatan medis, diperlukan untuk mengelola penyakit jantung secara efektif.

Selain jantung, Suhu tubuh juga merupakan salah satu tanda vital penting, yang mencerminkan keseimbangan antara produksi dan pelepasan panas tubuh, dan deviasi dari rentang normal dapat mengindikasikan adanya infeksi atau gangguan metabolisme (Anatomy, n.d., 2019). Suhu tubuh manusia normal berkisar antara 36,5°C hingga 37,5°C (Guyton & Hall, 2016). Perubahan suhu tubuh dapat menjadi tanda adanya infeksi atau gangguan kesehatan lainnya, seperti demam yang seringkali merupakan respons imun tubuh terhadap infeksi bakteri atau virus (Pickering et al., 2018). Sebaliknya, hipotermia dapat terjadi akibat paparan suhu dingin ekstrem atau gangguan pada sistem pengaturan suhu tubuh ((Mauliddiyah, 2021).

Tekanan darah merupakan parameter penting lainnya dalam menilai kondisi kesehatan seseorang. Tekanan darah adalah tekanan yang terjadi pada pembuluh arteri ketika darah dipompa oleh jantung ke seluruh tubuh. Tekanan darah dinyatakan dalam satuan milimeter air raksa (mmHg) dan ditulis dalam format sistolik/diastolik, seperti 120/80 mmHg (Hidayati & Darfika, 2022). Tekanan darah normal pada orang dewasa berada di kisaran 120/80 mmHg (National Institutes of Health, 2017). Hipertensi (tekanan darah tinggi) dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, stroke, dan gagal ginjal, sementara hipotensi (tekanan darah rendah) dapat menyebabkan pusing, kelelahan, bahkan syok jika tidak segera ditangani (Kumar et al., 2019). Pengukuran tekanan darah yang akurat dan rutin sangat penting dalam deteksi dini serta pengelolaan risiko kesehatan (Esmaeilpour et al., 2019).

Meskipun pemeriksaan tanda vital secara langsung di fasilitas medis telah menjadi standar, metode ini memiliki keterbatasan, seperti akses terbatas di daerah terpencil dan kurangnya pemantauan berkelanjutan (Roth et al., 2020). Data kesehatan yang diperoleh dari pemeriksaan konvensional seringkali bersifat statis dan tidak memungkinkan deteksi dini perubahan kondisi pasien secara real-time

(Selvaraju et al., 2022). Hal ini berkontribusi pada keterlambatan dalam diagnosis serta penanganan penyakit, yang dapat meningkatkan risiko komplikasi serius (Vos et al., 2019).

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa kemajuan signifikan dalam sistem pemantauan kesehatan, baik secara manual maupun otomatis. Dengan adanya teknologi berbasis Internet of Things (IoT), pemantauan tanda vital dapat dilakukan secara real-time dengan sensor yang mampu mengukur denyut jantung, suhu tubuh, dan tekanan darah secara bersamaan (Gandomi & Haider, 2015). IoT memungkinkan pengumpulan data kesehatan secara otomatis dan kontinu, sehingga tenaga medis dapat melakukan intervensi lebih cepat dan akurat (Wu et al., 2023). Menurut laporan WHO (2018), penerapan teknologi IoT dalam layanan kesehatan dapat meningkatkan efisiensi pelayanan hingga 30% dan memperluas akses terhadap layanan kesehatan digital.

Untuk meningkatkan akurasi dalam diagnosis, diperlukan sistem pendukung keputusan yang dapat mengolah data tanda vital secara efektif. Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam analisis data medis adalah algoritma C4.5, yang mampu membangun pohon keputusan berdasarkan data pasien (Chauhan & Chauhan, 2019). Algoritma C4.5 dipilih sebagai metode pengambilan keputusan dalam sistem ini karena kemampuannya yang unggul dalam membangun pohon keputusan berdasarkan data numerik dan kategorikal (Quinlan, 1993). Algoritma ini mampu menangani data yang tidak lengkap dan menghasilkan model yang mudah dipahami oleh tenaga medis, sehingga sangat cocok untuk aplikasi di bidang kesehatan (Chauhan & Chauhan, 2013). Dengan menggunakan algoritma C4.5, sistem tidak hanya mampu memantau tanda vital secara otomatis, tetapi juga memberikan rekomendasi kondisi kesehatan pasien yang dapat membantu tenaga medis dalam pengambilan keputusan klinis secara cepat dan tepat (Lee et al., 2018). Algoritma ini juga memiliki keunggulan dalam menangani atribut dengan nilai kontinu dan menghasilkan aturan klasifikasi yang mudah dipahami oleh tenaga medis (Rahman et al., 2019). Integrasi algoritma C4.5 dengan teknologi IoT memungkinkan pengembangan sistem yang tidak hanya memantau tanda-tanda vital secara otomatis, tetapi juga memberikan rekomendasi tindakan medis berdasarkan analisis data yang cepat dan akurat (Lee et al., 2018). Dalam sistem

berbasis IoT untuk pemantauan kesehatan, algoritma ini dapat digunakan untuk mengolah data sensor seperti denyut jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara real-time. Dengan demikian, sistem ini dapat mendukung pengambilan keputusan klinis yang lebih efektif dan efisien, serta membantu tenaga medis dalam memberikan perawatan yang optimal kepada pasien.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, peneliti melakukan penelitian yang berjudul **"Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5"**. Yang mampu mengembangkan sistem pemantauan kesehatan yang dapat mengukur dan menganalisis tanda vital secara otomatis, sehingga memberikan rekomendasi kesehatan yang lebih akurat dan mendukung pengambilan keputusan medis dengan lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah, bagaimana merancang sistem monitoring kesehatan pasien berbasis IoT yang dapat mengintegrasikan pengukuran otomatis dan real-time pada tanda vital menggunakan algoritma C4.5 ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian sehingga dapat dilakukan secara terarah dan fokus. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran pada sistem monitoring dalam penelitian ini melibatkan tiga parameter tanda vital, yaitu tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh.
2. Sensor MAX30102 hanya berfokus pada pengukuran detak jantung, sedangkan sensor MLX90614 hanya berfokus pada pengukuran suhu tubuh.
3. Pengukuran tekanan darah dilakukan dengan sistem tensimeter digital yang telah dimodifikasi pada bagian selang tensimeter agar mampu mengukur tekanan sistolik dan diastolik.

4. Rentang usia pasien yang menjadi subjek penelitian adalah 18 hingga 65 tahun.
5. Pengklasifikasian kondisi kesehatan berdasarkan pengukuran tanda vital dalam penelitian ini mencakup beberapa kondisi seperti demam, hipertensi, hipotensi, heat exhaustion, takikardia, bradikardia, serta dehidrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan untuk memberikan arah yang jelas dalam pengembangan sistem yang efektif dan inovatif dalam bidang kesehatan berbasis teknologi. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan sistem monitoring dan pendukung keputusan yang efektif dalam memantau kondisi kesehatan pasien dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan metode C4.5.
2. Meningkatkan kualitas perawatan kesehatan melalui pemanfaatan data yang diperoleh dari sensor tanda vital yang terintegrasi.
3. Mewujudkan pemantauan tanda vital pasien secara real-time untuk mendukung proses pengambilan keputusan medis secara lebih cepat dan akurat.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan, dapat memberikan manfaat yang signifikan baik secara teoritis maupun praktis, khususnya dalam pengembangan teknologi berbasis IoT di bidang kesehatan.

A. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dengan :

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem monitoring kesehatan berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan metode C4.5 sebagai alat pendukung keputusan medis.

2. Menjadi referensi baru dalam pemanfaatan algoritma C4.5 untuk menganalisis data tanda vital dan menghasilkan keputusan berbasis data yang dapat diterapkan dalam sistem kesehatan digital.
3. Menambah literatur ilmiah terkait penggunaan sensor tanda vital untuk pemantauan kesehatan secara real-time guna meningkatkan efektivitas layanan kesehatan.
4. Menjadi landasan untuk penelitian lanjutan yang berfokus pada integrasi IoT dan kecerdasan buatan dalam sistem kesehatan untuk pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan canggih.

B. Manfaat praktis

Manfaat Praktis yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Menghadirkan sistem monitoring yang mampu memantau kondisi kesehatan pasien secara real-time, sehingga data kesehatan dapat diperoleh secara cepat dan akurat.
2. Membantu dokter dalam pengambilan keputusan medis yang tepat dan cepat berdasarkan analisis data yang diperoleh dari sistem.
3. Dengan adanya pemantauan yang lebih intensif, pasien dapat merasa lebih aman dan nyaman karena kesehatannya dapat terpantau secara berkelanjutan.
4. Menyediakan alat pendukung keputusan yang efektif di bidang kesehatan, yang dapat meningkatkan kualitas layanan kesehatan berbasis data.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem

Sistem dapat diartikan sebagai sekumpulan elemen yang saling terhubung dan berfungsi secara kolektif untuk mencapai tujuan tertentu dalam suatu lingkungan. Dalam ranah teknologi informasi, sistem mencakup perangkat keras, perangkat lunak, prosedur, dan individu yang berinteraksi untuk mengelola data dan informasi dengan cara yang efisien (Wager et al., 2021). Monitoring merupakan proses yang melibatkan pemantauan dan pengumpulan informasi secara berkelanjutan untuk mengevaluasi kinerja sistem atau program. Dalam konteks teknologi informasi, monitoring sering digunakan untuk mengidentifikasi masalah, meningkatkan efisiensi, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya melalui teknologi canggih seperti sensor dan Internet of Things (IoT) (Zhang et al., 2021). Sistem monitoring dalam teknologi informasi merujuk pada layanan atau mekanisme yang bertugas mengumpulkan, menganalisis, dan melaporkan data dari suatu sistem dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja, keamanan, dan stabilitas operasional. Sistem ini sering diterapkan di berbagai sektor, termasuk kesehatan, manufaktur, dan manajemen risiko perusahaan, untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan yang berbasis data (Saeidi et al., 2019; Wang et al., 2020).

2.2 Internet Of Thing (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah paradigma yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling berkomunikasi melalui jaringan internet, memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara otomatis tanpa intervensi manusia (Pradhan & Bhattacharyya, 2023). Dalam dunia kesehatan, IoT banyak digunakan untuk memantau kondisi pasien secara real-time, meningkatkan efisiensi sistem perawatan kesehatan, serta mengurangi biaya operasional melalui otomatisasi pemantauan pasien (Zaman, 2024). Menurut Naresh et al. (2020), IoT dalam bidang kesehatan memanfaatkan teknologi seperti sensor nirkabel, cloud computing, dan kecerdasan buatan (AI) untuk memberikan layanan kesehatan yang lebih baik (Radwan et al., 2021). IoT memungkinkan pengukuran berbagai tanda

vital pasien seperti tekanan darah, suhu tubuh, dan detak jantung secara langsung dan otomatis (Abd Al-Razzaq, 2024). Selain itu, perkembangan IoT juga telah mengarah pada penggunaan teknologi wearable, seperti jam tangan pintar dan perangkat medis lainnya yang dapat mengumpulkan data pasien secara terus-menerus (Bhattacharya, 2024).

Adopsi IoT dalam dunia medis telah mempercepat proses diagnosis dan pengambilan keputusan oleh tenaga medis (Zaman, 2024). Penggunaan perangkat berbasis IoT dapat membantu mengurangi risiko kesalahan manusia dalam pencatatan tanda-tanda vital pasien serta meningkatkan ketepatan diagnosis melalui analisis data berbasis kecerdasan buatan (Hibba, 2024). Namun, meskipun memiliki banyak manfaat, IoT dalam bidang kesehatan juga menghadapi tantangan, termasuk keamanan data pasien, interoperabilitas perangkat, serta kebutuhan akan konektivitas internet yang stabil (Zaman, 2024). Radwan et al. (2021) menyoroti bahwa isu privasi dan perlindungan data menjadi perhatian utama dalam implementasi IoT di sektor kesehatan, karena meningkatnya jumlah serangan siber terhadap sistem kesehatan berbasis IoT (Abd Al-Razzaq, 2024). Dengan perkembangan teknologi, IoT semakin memainkan peran krusial dalam sistem perawatan kesehatan (Bhattacharya, 2024). Beberapa contoh implementasi IoT dalam dunia medis meliputi sistem pemantauan pasien jarak jauh, rumah sakit pintar, serta pengelolaan obat secara otomatis melalui teknologi RFID (Zaman, 2024).

2.3 Metode C4.5 dalam Pendukung Keputusan

Metode C4.5 merupakan salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam pengambilan keputusan berbasis data. Algoritma ini merupakan pengembangan dari algoritma ID3 dan dirancang untuk menghasilkan pohon keputusan yang dapat menggambarkan hubungan antara variabel input dan output. Dalam penelitian ini, metode C4.5 akan diterapkan untuk menganalisis data tanda vital yang diperoleh dari sensor IoT dan memberikan rekomendasi keputusan bagi tenaga medis. Salah satu keunggulan utama dari metode C4.5 adalah kemampuannya dalam menangani data yang hilang serta variabel kategorikal, yang sangat relevan dalam konteks kesehatan, di mana data yang dikumpulkan sering kali tidak lengkap. C4.5 dapat

menghasilkan model yang akurat dengan tingkat kesalahan yang rendah, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi di bidang kesehatan. Dalam praktiknya, metode C4.5 akan memproses data tanda vital pasien untuk mengklasifikasikan kondisi kesehatan mereka ke dalam kategori tertentu, seperti "sehat", "perlu perhatian", atau "darurat" (Quinlan, 1993). Sebuah penelitian oleh M. S. K. Rahman et al. (2021) menunjukkan bahwa penerapan metode C4.5 dalam analisis data kesehatan dapat meningkatkan akurasi diagnosis hingga 85%, yang menunjukkan efektivitas algoritma ini dalam mendukung pengambilan keputusan medis. Selain itu, pohon keputusan yang dihasilkan oleh C4.5 mudah dipahami oleh tenaga medis, sehingga memudahkan mereka dalam membuat keputusan. Namun, meskipun C4.5 memiliki banyak keunggulan, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah kecenderungan algoritma ini untuk menghasilkan pohon keputusan yang terlalu besar, yang dapat menyebabkan overfitting. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemangkasan pada pohon keputusan yang dihasilkan agar model tetap dapat digeneralisasi dan tidak hanya cocok untuk data pelatihan.

2.4 Integrasi Sensor Tanda Vital

Integrasi sensor tanda vital dalam sistem pemantauan kesehatan berbasis Internet of Things (IoT) merupakan elemen penting yang mendukung pengumpulan data kesehatan secara real-time. Sensor ini dirancang untuk mengukur berbagai parameter fisiologis, seperti detak jantung, tekanan darah, suhu tubuh, dan kadar oksigen dalam darah. Menurut data dari World Health Organization (WHO), pemantauan tanda vital secara terus-menerus dapat membantu dalam mendeteksi kondisi kritis yang memerlukan intervensi segera (WHO, 2021). Sensor tanda vital yang digunakan dalam sistem ini umumnya dilengkapi dengan teknologi nirkabel, seperti Bluetooth atau Wi-Fi, yang memungkinkan data dikirimkan secara langsung ke perangkat penerima, seperti smartphone atau komputer. Selain itu, integrasi sensor juga memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan konsisten. Sebagai contoh, sensor detak jantung dapat memberikan pembacaan yang lebih tepat dibandingkan dengan metode manual, yang sering kali dipengaruhi oleh faktor manusia. Penggunaan sensor dalam pemantauan kesehatan dapat mengurangi

kesalahan pengukuran hingga 40%, yang sangat penting dalam diagnosis dan perawatan pasien (Smith et al., 2020).

Dalam praktiknya, data yang dikumpulkan oleh sensor tanda vital akan dianalisis menggunakan metode C4.5 untuk menghasilkan rekomendasi keputusan. Hal ini menunjukkan pentingnya integrasi antara perangkat keras (sensor) dan perangkat lunak (algoritma) dalam sistem pemantauan kesehatan. Dengan pendekatan ini, tenaga medis dapat dengan cepat mendapatkan informasi yang diperlukan untuk mengambil tindakan yang tepat. Namun, tantangan dalam integrasi sensor tanda vital juga perlu diperhatikan, seperti kebutuhan akan kalibrasi yang tepat dan pemeliharaan perangkat. Data yang tidak akurat akibat sensor yang tidak terkalibrasi dengan baik dapat mengarah pada kesalahan diagnosis dan pengobatan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan dan pemeliharaan rutin terhadap sensor untuk memastikan kinerja yang optimal (Johnson & Lee, 2019).

2.5 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang akan dianalisis, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah data tanda vital yang diperoleh dari sensor, yang mencakup detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh. Sementara itu, variabel dependen adalah keputusan medis yang dihasilkan dari analisis data menggunakan metode C4.5. Definisi operasional dari variabel independen mencakup pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Misalnya, detak jantung akan diukur dalam satuan denyut per menit (bpm), tekanan darah dalam (mmHg), dan suhu tubuh dalam derajat Celsius. Data ini akan dikumpulkan secara real-time dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang relevan bagi tenaga medis. Di sisi lain, variabel dependen, yaitu keputusan medis, akan diukur berdasarkan kategori yang dihasilkan oleh algoritma C4.5. Keputusan ini dapat berupa rekomendasi untuk tindakan medis, seperti rawat inap, pengobatan, atau observasi lebih lanjut. Analisis data kesehatan yang dihasilkan dapat meningkatkan efektivitas pengobatan hingga 75% (Rahman et al., 2021). Hubungan antara variabel independen dan dependen dalam penelitian ini sangat penting, karena data tanda vital yang diperoleh akan langsung mempengaruhi keputusan

medis yang diambil. Dengan menggunakan metode C4.5, diharapkan dapat ditemukan pola-pola tertentu dalam data yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan. Sebuah studi kasus menunjukkan bahwa analisis data kesehatan menggunakan algoritma pohon keputusan dapat mengidentifikasi faktor risiko penyakit dengan akurasi yang tinggi (Smith & Johnson, 2020). Dengan demikian, penelitian ini dapat mengeksplorasi dan menganalisis hubungan antara data tanda vital yang diperoleh melalui sensor dan keputusan medis yang dihasilkan. Sehingga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT yang lebih efektif dan efisien.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai implementasi **Internet of Things (IoT)** dalam sistem pemantauan kesehatan serta penerapan **sistem pendukung keputusan (SPK)** berbasis **algoritma C4.5** telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam sistem kesehatan dapat meningkatkan efisiensi pemantauan pasien secara real-time, sedangkan algoritma C4.5 berperan dalam pengolahan data medis untuk mendukung pengambilan keputusan klinis yang lebih akurat. Dalam tabel berikut disajikan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini. Setiap penelitian dikaji berdasarkan nama penulis, tahun publikasi, judul penelitian, deskripsi penelitian, serta kelebihan dan kekurangannya, serta dapat memberikan pemahaman mengenai perkembangan penelitian sebelumnya serta menemukan celah penelitian (*research gap*) yang dapat dikembangkan dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Deskripsi
1	Naresh et al. (2020)	Internet of Things in Healthcare: Architecture, Applications, Challenges, and Solutions	• Membahas arsitektur aplikasi, serta tantangan IoT dalam bidang kesehatan. • Memberikan gambaran menyeluruh mengenai implementasi IoT dalam kesehatan. • Tidak membahas aspek keamanan secara mendalam.
2	Islam (2023)	The Role of The Internet of Things in Healthcare Transformation	• Mengkaji transformasi layanan kesehatan berbasis IoT dan manfaatnya bagi pasien serta tenaga medis. • Fokus pada peran IoT dalam meningkatkan efisiensi layanan kesehatan. • Kurang menyoroti tantangan teknis yang dihadapi.

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Deskripsi
3	Radwan et al. (2021)	The Growth of Internet of Things (IoT) in Healthcare	• Menganalisis pertumbuhan penggunaan IoT dalam sektor kesehatan serta kebijakan yang diperlukan. • Menekankan pentingnya regulasi dan kebijakan dalam implementasi IoT. • Tidak membahas implementasi spesifik dalam sistem pemantauan pasien.
4	Nazir et al. (2019)	Internet of Things for Healthcare using Mobile Computing	• Meninjau berbagai aplikasi IoT yang didukung oleh teknologi komputasi seluler dalam bidang kesehatan. • Memperkenalkan konsep wearable device berbasis IoT. • Tidak menjelaskan pengolahan data yang dihasilkan oleh perangkat tersebut.
5	Qadri et al. (2020)	The Future of Healthcare Internet of Things: A Survey of Emerging Technologies	• Survei tentang teknologi IoT yang berkembang dalam dunia medis. • Memberikan prediksi perkembangan IoT dalam bidang kesehatan.

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Deskripsi
			• Tidak membahas kendala implementasi IoT dalam fasilitas kesehatan.
6	Lin & Chen (2024)	A novel decision support system based on computational intelligence and machine learning	• Mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis IoT untuk manufaktur tanpa cacat, menggunakan algoritma C4.5 dan PSO. • Kombinasi metode optimasi meningkatkan akurasi keputusan. • Tidak secara khusus membahas aplikasi dalam bidang kesehatan.
7	Solehman & Azmi (2019)	Web-based flood warning system using decision tree method	• Sistem IoT untuk peringatan dini banjir menggunakan pohon keputusan C4.5 sebagai sistem pendukung keputusan. • Menggunakan pendekatan berbasis web untuk aksesibilitas tinggi. • Fokus pada mitigasi bencana, bukan kesehatan.

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Deskripsi
8	Ren (2020)	The Design of Intelligent Teaching System in Universities Based on IoT and Virtual Reality Technology	• Mengembangkan sistem pembelajaran berbasis IoT dengan integrasi SPK menggunakan C4.5. • Menggunakan teknologi VR untuk meningkatkan pengalaman pengguna. • Tidak membahas aspek kesehatan atau pemantauan pasien.
9	Prafanto et al. (2023)	Air Pollution Assessment of Samarinda Using the C4.5 Algorithm	• Sistem IoT yang memantau polusi udara menggunakan sensor dan algoritma C4.5 untuk analisis data. • Meningkatkan akurasi prediksi kualitas udara dengan sensor IoT. • Tidak membahas aplikasi dalam bidang kesehatan.
10	Zhu et al. (2021)	IoT equipment monitoring system based on C5.0 decision tree and time-series analysis	• Sistem monitoring peralatan IoT yang menggunakan algoritma C4.5/C5.0 dalam pengolahan data. • Kombinasi IoT dan model prediksi berbasis pohon keputusan.

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Deskripsi
			• Tidak membahas aplikasi dalam sistem kesehatan.
11	Alam et al. (2019)	Performance Analysis of Machine Learning Algorithms for Hypertension Decision Support System	• Mengembangkan SPK berbasis IoT untuk diagnosis hipertensi menggunakan algoritma C4.5. • Fokus pada analisis kesehatan dengan algoritma klasifikasi. • Terbatas pada hipertensi, belum mencakup tanda vital lainnya.

2.7 Tanda Vital Manusia

2.7.1 Tekanan Darah

Tekanan darah adalah tekanan yang terjadi pada pembuluh darah arteri ketika jantung memompa darah untuk disalurkan ke seluruh tubuh. Saat mengukur tekanan darah, hasilnya biasanya ditulis dalam format seperti 120/80 mmHg. Angka pertama (120) menunjukkan tekanan darah sistolik, sedangkan angka kedua (80) menunjukkan tekanan darah diastolik. Satuan untuk tekanan darah adalah milimeter air raksa, disingkat mmHg, sehingga cara membacanya adalah seratus dua puluh per delapan puluh milimeter air raksa (Hg) (American Heart Association, 2020). Tekanan darah sistolik adalah tekanan yang terjadi ketika otot jantung berkontraksi (menggencang dan menegang). Tekanan ini juga dikenal sebagai tekanan arteri maksimum yang terjadi saat kontraksi ventrikel kiri jantung. Dalam format penulisan, tekanan sistolik ditulis sebagai angka pertama. Sebagai contoh, pada tekanan darah 120/80 mmHg, tekanan sistoliknya adalah 120 mmHg. Di sisi lain, tekanan darah diastolik adalah tekanan yang terjadi saat otot jantung beristirahat atau relaksasi (melebar dan mengendur).

Dalam format penulisan, tekanan diastolik ditulis sebagai angka kedua; dalam contoh yang sama, tekanan diastoliknya adalah 80 mmHg. Tekanan darah bervariasi secara alami antara individu. Pada bayi dan anak-anak, tekanan darah biasanya lebih rendah dibandingkan dengan orang dewasa. Selain itu, aktivitas fisik dan waktu juga mempengaruhi tekanan darah; tekanan darah cenderung lebih tinggi saat beraktivitas dan lebih rendah saat beristirahat. Umumnya, tekanan darah mencapai puncaknya di pagi hari dan paling rendah saat tidur malam (Mayo Clinic, 2021).

Kategori	Tekanan Darah Sistolik	Tekanan Darah Diastolik
Normal	<120 mmHg	<80 mmHg
Pre Hipertensi	120-139 mmHg	80-89 mmHg
Hipertensi Tahap 1	140-159 mmHg	90-99 mmHg
Hipertensi Tahap 2	≥ 160 mmHg	> 100 mmHg
Hipertensi sistolik Terisolasi	≥ 140 mmHg	< 90 mmHg

Gambar 2.1 Klasifikasi Tekanan Darah

Sumber : <https://s.id/hfEnM>

2.7.2 Detak Jantung

Jantung merupakan organ utama dalam sistem peredaran darah manusia yang berfungsi sebagai pompa untuk mendistribusikan darah ke seluruh tubuh. Organ ini terletak di rongga dada, sedikit ke kiri dari garis tengah, dan dilindungi oleh tulang dada serta tulang rusuk. Jantung terdiri dari empat ruang: dua atrium (serambi) di bagian atas dan dua ventrikel (bilik) di bagian bawah. Organ ini memiliki jaringan otot khusus yang dikenal sebagai miokardium, yang bertanggung jawab untuk proses kontraksi dan relaksasi saat memompa darah (Sari et al., 2020)

Umur	Jumlah detak jantung per menit
Bayi baru lahir	140 kali per menit
Di bawah umur 1 bulan	110 kali per menit
1 – 6 bulan	130 kali per menit
2 – 6 tahun	105 kali per menit
6 – 12 bulan	115 kali per menit
1 – 2 tahun	110 kali per menit
6 – 10 tahun	95 kali per menit
10 – 14 tahun	85 kali per menit
14 – 18 tahun	82 kali per menit
Di atas 18 tahun	60 – 100 kali per menit
Usia Lanjut	60 -70 kali per menit

Gambar 2.2 Frekuensi Normal Detak Jantung

Sumber : <https://s.id/9V7sm>

2.7.3 Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah keseimbangan antara jumlah panas yang dihasilkan oleh proses metabolisme dalam tubuh dan jumlah panas yang hilang ke lingkungan sekitar. Pengukuran suhu tubuh dapat dilakukan di beberapa lokasi, termasuk suhu inti, yang merupakan suhu tubuh yang relatif konstan dan dapat diukur di area seperti ketiak, mulut, dan lengan. Suhu tubuh memiliki dua kondisi utama, yaitu kondisi dingin dan kondisi panas. Reseptor dingin dan panas yang terdapat di dalam tubuh berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu dan memberikan sinyal kepada sistem saraf pusat untuk mengatur suhu tubuh. Ketika suhu tubuh meningkat, misalnya akibat aktivitas fisik atau infeksi, tubuh akan merespons dengan meningkatkan aliran darah ke permukaan kulit dan memicu proses berkeringat untuk membantu menurunkan suhu. Sebaliknya, ketika suhu tubuh menurun, tubuh akan mengurangi aliran darah ke kulit dan mengaktifkan mekanisme seperti menggigil untuk menghasilkan panas. Proses ini sangat penting untuk menjaga homeostasis, yaitu kondisi stabil dalam tubuh yang diperlukan untuk fungsi fisiologis yang optimal. Dengan demikian, pengaturan suhu tubuh merupakan aspek vital dalam menjaga kesehatan dan keseimbangan tubuh secara keseluruhan (Sari et al., 2020).

Katagori	Suhu
Hiperpireksia	>39,5 °C
Pireksia	37,8-39,5 °C
Normal	35,8-37 °C
Subnormal	35-25 °C
Hiportemi	< 25 °C

Gambar 2.3 Kategori Suhu Tubuh

Sumber : <https://s.id/kQeW5>

2.8 Komponen Perancangan Sistem

2.8.1 ESP32

ESP32 adalah chip yang dilengkapi dengan kemampuan WiFi 2.4 GHz dan Bluetooth, dirancang dengan teknologi 40 nm untuk memberikan daya dan kinerja radio yang optimal. Chip ini menunjukkan ketahanan, keserbagunaan, dan keandalan dalam berbagai aplikasi serta skenario penggunaan yang berbeda (Espressif Systems, 2024). Dengan fitur ini, ESP32 menjadi modul mikrokontroler yang sangat berguna untuk pengembangan berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis Internet of Things (IoT). ESP32 memiliki kemampuan mode ganda, yaitu WiFi dan Bluetooth, yang memudahkan pengguna dalam menciptakan solusi IoT yang inovatif. Chip ini juga dilengkapi dengan berbagai fitur canggih, seperti pengelolaan daya yang efisien dan kemampuan untuk beroperasi dalam berbagai kondisi lingkungan. Dengan kemampuan ini, ESP32 dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan konektivitas nirkabel yang handal, seperti perangkat wearable, sistem otomasi rumah, dan aplikasi industri. Selain itu, ESP32 juga mendukung berbagai protokol komunikasi, sehingga memungkinkan integrasi yang mudah dengan perangkat lain dalam ekosistem IoT (Espressif Systems, 2024).



Gambar 2.4 Mikrokontroller ESP32

Sumber : <https://s.id/qns1w>

2.8.2 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 adalah perangkat sensor optik yang dirancang untuk mengukur detak jantung (heart rate) dan saturasi oksigen dalam darah (SpO2) secara non-invasif (Zhang et al., 2020). Sensor ini menggunakan teknologi fotoplethysmography (PPG), yang memanfaatkan pemancaran cahaya untuk mendeteksi variasi volume darah di dalam pembuluh darah akibat detakan jantung (Kumar & Singh, 2019). Dengan menggunakan sensor MAX30102, pengguna dapat mengukur konsentrasi oksigen dalam darah serta detak jantung secara akurat (Li et al., 2021). Salah satu keunggulan dari sensor MAX30102 adalah kemampuannya untuk menghasilkan pembacaan yang rendah noise, sehingga meningkatkan keakuratan pengukuran (Wang et al., 2020).

Tampak Belakang



Tampak Depan

Gambar 2.5 Sensor Max30102

Sumber : <https://s.id/w3VrO>

2.8.3 Sensor MLX90614

Sensor MLX90614 adalah sensor suhu inframerah yang dirancang untuk mengukur suhu objek secara non-kontak dengan akurasi tinggi dari jarak jauh (Mukhammad & Hyperastuty, 2020). Sensor ini beroperasi dengan mendeteksi perubahan suhu tanpa harus bersentuhan langsung dengan objek yang diukur, sehingga memberikan metode pengukuran yang aman dan bersih (Mukhammad & Hyperastuty, 2020). Salah satu keunggulan dari sensor MLX90614 adalah kemampuannya untuk mengukur suhu dalam rentang yang luas, yaitu dari -70°C hingga 380°C , yang membuatnya sangat fleksibel untuk berbagai aplikasi (Mukhammad & Hyperastuty, 2020). Dengan akurasi tinggi, sensor ini mampu memberikan hasil pengukuran yang cepat dan efisien, menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi medis dan industri (Mukhammad & Hyperastuty, 2020). Sensor ini juga mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler dan sistem lainnya, sehingga memudahkan pengguna dalam pengembangan proyek berbasis IoT (Mukhammad & Hyperastuty, 2020).



Gambar 2.6 Sensor Mlx90614

Sumber : <https://s.id/r4Oum>

2.8.4 Tensimeter

Tensimeter adalah alat medis yang digunakan untuk mengukur tekanan darah, yaitu tekanan yang diberikan oleh darah terhadap dinding arteri saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh dan ketika jantung beristirahat di antara detak (Sari & Rahmawati, 2021). Alat ini memiliki peran penting dalam evaluasi kesehatan kardiovaskular serta pemantauan kondisi medis seperti hipertensi (tekanan darah tinggi), hipotensi (tekanan darah rendah), dan gangguan jantung lainnya (Hidayati, 2020).



Gambar 2.7 Tensimeter

Sumber : <https://s.id/sJpwt>

2.8.5 Push Button

Push button adalah salah satu komponen yang sering digunakan dalam perancangan alat IoT (Internet of Things) dan memiliki peran yang sangat penting dalam interaksi pengguna dengan perangkat (Sari & Rahmawati, 2021). Fungsi utama dari push button adalah sebagai alat input yang memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan, menonaktifkan, atau mengontrol perangkat secara manual, memberikan kemudahan dalam pengoperasian sistem (Hendrawan et al., 2020). Komponen ini berfungsi sebagai titik interaksi antara pengguna dan sistem IoT, di mana setiap tekanan pada tombol dapat menghasilkan sinyal atau perintah yang diterima oleh perangkat.

Dengan demikian, push button tidak hanya berfungsi sebagai alat sederhana, tetapi juga sebagai penghubung yang memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai macam tindakan, seperti mengubah mode operasi, mengatur tingkat kecerahan, atau memulai proses tertentu dalam sistem (Prasetyo & Nugroho, 2022). Selain itu, push button dapat diintegrasikan dengan berbagai jenis sensor dan modul lainnya dalam sistem IoT, sehingga meningkatkan fungsionalitas dan fleksibilitas perangkat. Dalam konteks ini, push button menjadi komponen yang esensial dalam menciptakan pengalaman pengguna yang intuitif dan responsif, yang sangat penting dalam pengembangan teknologi IoT yang semakin kompleks dan beragam (Widianto et al., 2021).



Gambar 2.8 Push Button

Sumber : <https://s.id/Hb5TY>

2.8.6 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah teknologi tampilan yang menggunakan kristal cair untuk menghasilkan gambar atau teks dengan cara yang efisien dan efektif (Hendrawan & Sari, 2020). Kristal cair ini memiliki sifat unik yang memungkinkan mereka untuk mengubah orientasi dan sifat optiknya ketika diberikan sinyal listrik, sehingga dapat mengendalikan aliran cahaya yang melewati layar (Prasetyo, 2021). Meskipun kristal cair tidak memproduksi cahaya sendiri, mereka memerlukan sumber cahaya belakang (backlight) untuk menampilkan gambar atau teks dengan jelas dan terang (Wahyudi, 2022). Proses kerja LCD melibatkan beberapa lapisan, termasuk lapisan polarisasi, lapisan kristal cair, dan lapisan backlight. Ketika sinyal listrik diterapkan, lapisan kristal cair akan mengubah orientasinya, yang pada gilirannya mempengaruhi seberapa banyak cahaya yang dapat melewati layar (Suhendra, 2023). Dengan cara ini, LCD dapat menampilkan berbagai warna dan gambar dengan tingkat ketajaman yang tinggi. LCD merupakan salah satu jenis layar yang banyak digunakan dalam berbagai perangkat, mulai dari televisi, monitor komputer, hingga perangkat mobile seperti smartphone dan tablet, berkat keunggulannya dalam menghasilkan gambar yang jernih dan konsumsi daya yang relatif rendah (Kusnadi, 2021).

Keunggulan lain dari teknologi LCD adalah kemampuannya untuk menghasilkan gambar yang tipis dan ringan, sehingga sangat cocok untuk aplikasi portabel. Namun, meskipun memiliki banyak kelebihan, LCD juga memiliki beberapa kelemahan, seperti sudut pandang yang terbatas dan waktu respons yang lebih lambat dibandingkan dengan teknologi tampilan lainnya seperti OLED (Sari & Rahmawati, 2021).

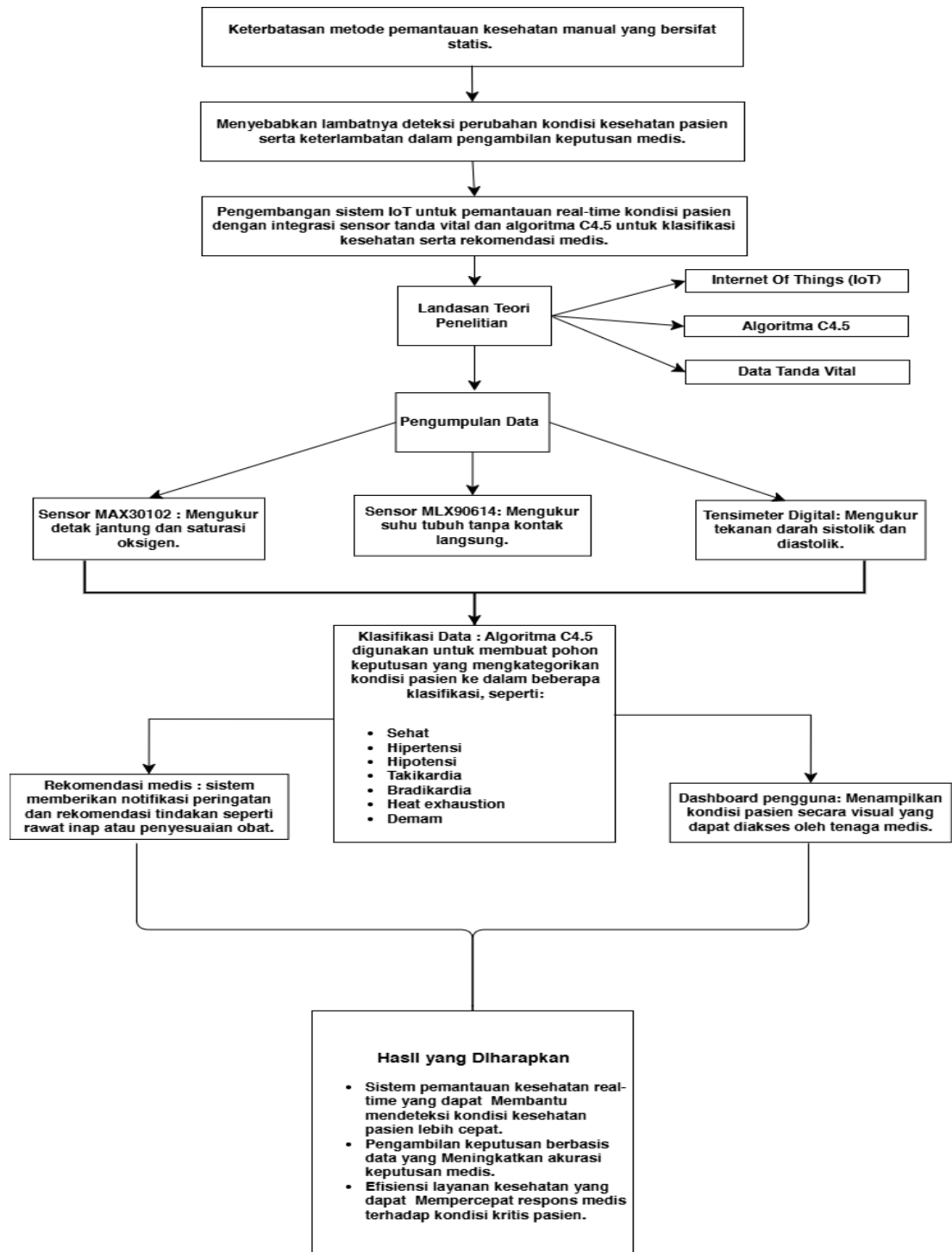


Gambar 2.9 LCD

Sumber : <https://s.id/ciq9W>

2.9 Kerangka Berpikir

Berikut ini adalah beberapa tahapan dalam kerangka pemikiran yang dilakukan peneliti antara lain :



Gambar 2.10 Kerangka Berpikir

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen, yang bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem pemantauan kesehatan berbasis Internet of Things (IoT). Dalam penelitian ini, algoritma C4.5 digunakan sebagai metode pengambilan keputusan berdasarkan data tanda vital yang diperoleh melalui skenario simulasi. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan model prediktif yang akurat, didukung oleh integrasi sensor tanda vital secara real-time. Pengembangan sistem mengikuti tahapan System Development Life Cycle (SDLC), meliputi: analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis dari sensor IoT serta kebutuhan logika klasifikasi pada algoritma C4.5. Proses desain meliputi perancangan arsitektur sistem yang mencakup sensor, platform penyimpanan data, dan interface hasil monitoring.

Pada tahap implementasi, data diperoleh dari hasil pengukuran alat dan disimulasikan ke dalam sistem untuk dianalisis menggunakan algoritma C4.5. Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa sistem mampu mengelompokkan kondisi kesehatan berdasarkan kombinasi nilai tekanan darah, suhu tubuh, dan detak jantung. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara teknis, termasuk keakuratan klasifikasi C4.5 dan kestabilan sistem dalam mengolah data secara real-time. Hasil pengujian dianalisis untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan rancangan, meskipun belum diuji secara klinis. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem dapat menjadi dasar pengembangan teknologi IoT di bidang monitoring kesehatan yang efisien dan akurat.

3.2 Lingkungan Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di **Klinik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)**, yang menjadi mitra dalam pelaksanaan pengujian sistem. Penelitian dilakukan secara langsung terhadap pasien yang memberikan izin untuk dilakukan pengukuran tanda vital menggunakan perangkat sistem yang telah dikembangkan. Pengujian difokuskan pada pengamatan kinerja pembacaan sensor, kestabilan pengiriman data, serta keakuratan klasifikasi kondisi kesehatan yang dihasilkan oleh algoritma C4.5. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal dalam lingkungan nyata pelayanan kesehatan dan memberikan kontribusi terhadap efektivitas monitoring kondisi pasien secara real-time.

3.2.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Keterangan	Waktu Penelitian																											
		Nov-24				Des-24				Jan-25				Feb-25				Mar-25				Apr-25				Mei-25			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul																												
2	Pergantian Judul																												
3	Penyusunan Proposal																												
4	Bimbingan Proposal																												
5	Seminar Proposal																												
6	Penyusunan Proposal Lanjutan																												
7	Bimbingan Proposal Lanjutan																												
8	Sidang Meja Hijau																												

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan alat, perangkat lunak serta perangkat keras untuk membuat alat pendeteksi Tanda Vital dan Pendukung

Keputusan berbasis IoT secara real time, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada table dibawah ini.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan

Nama Alat/Bahan	Fungsi
Sensor MAX30102	Mengukur detak jantung (heart rate) dan saturasi oksigen dalam darah (SpO2).
Sensor MLX90614	Mengukur suhu tubuh secara non-kontak dengan tingkat akurasi tinggi.
Tensimeter	Mengukur tekanan darah, mencakup tekanan sistolik dan diastolik.
ESP32	Sebagai mikrokontroler utama untuk mengintegrasikan dan mengendalikan perangkat IoT.
Push Button	Berfungsi sebagai alat input manual untuk memulai atau menghentikan pengukuran.
LCD (Liquid Crystal Display)	Menampilkan hasil pengukuran dari sensor dalam format yang mudah dibaca.
Protokol HTTP	Mengirim data dari perangkat IoT ke server atau cloud untuk penyimpanan dan analisis.
MySQL Database	Menyimpan data hasil pengukuran untuk analisis lebih lanjut.
Software Python	Mengimplementasikan algoritma C4.5 untuk analisis dan klasifikasi data kesehatan.
Wi-Fi Module (ESP32)	Mendukung pengiriman data secara real-time melalui jaringan nirkabel.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan penggunaan sensor IoT yang dirancang untuk mengukur tiga parameter tanda vital, yaitu detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh. Sensor MAX30102 digunakan untuk mengukur detak jantung, sedangkan sensor MLX90614 digunakan untuk mengukur suhu tubuh secara non-kontak. Tekanan darah pasien diukur dengan menggunakan tensimeter digital yang telah dimodifikasi untuk membaca tekanan sistolik dan diastolik. Data yang diperoleh dikumpulkan dalam interval waktu tertentu melalui perangkat mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan jaringan Wi-Fi.

Data yang telah dikumpulkan kemudian dikirimkan secara real-time ke server menggunakan protokol HTTP dan disimpan dalam database MySQL untuk analisis lebih lanjut. Sebelum data tersebut digunakan untuk analisis, dilakukan proses pra-pengolahan yang mencakup penghapusan noise dan interpolasi linier untuk mengisi data yang hilang. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dianalisis oleh algoritma C4.5 memiliki kualitas yang baik dan representatif terhadap kondisi sebenarnya. Validasi data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan alat medis standar untuk memastikan akurasi dan keandalan. Selain itu, data juga dianalisis untuk mendeteksi pola dan hubungan antara tanda vital pasien. Hasil dari analisis ini dapat memberikan rekomendasi berbasis data yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan medis. Dengan demikian, pengumpulan data tidak hanya menghasilkan informasi real-time, tetapi juga mendukung proses pengambilan keputusan yang cepat dan akurat.

3.5 Jenis Perangkat Lunak yang Digunakan

Pengembangan sistem ini menggunakan berbagai perangkat lunak yang dirancang untuk mendukung implementasi dan analisis data kesehatan secara efektif. Perangkat lunak utama adalah Python, yang digunakan sebagai bahasa pemrograman untuk mengimplementasikan algoritma C4.5. Python dipilih karena memiliki berbagai pustaka yang mendukung pengolahan data dan pembuatan pohon keputusan, seperti scikit-learn dan pandas. Selain itu, sistem ini juga memanfaatkan MySQL sebagai basis data utama untuk menyimpan data tanda vital yang diperoleh dari perangkat IoT. MySQL dipilih karena kemampuannya dalam menangani data

dalam jumlah besar dengan kecepatan akses yang tinggi, yang sangat penting dalam pengolahan data real-time untuk mendukung pengambilan keputusan medis. Perangkat lunak lainnya termasuk platform cloud yang digunakan untuk mengintegrasikan dan menyimpan data dari berbagai sensor secara terpusat. Platform ini memungkinkan akses data secara aman dan mudah dari berbagai perangkat, memastikan data selalu tersedia untuk analisis kapan saja diperlukan.

3.6 Sistem Operasi dan Perangkat Keras

Sistem operasi yang digunakan dalam pengembangan program ini adalah Windows 10, yang dikenal karena stabilitas dan kompatibilitasnya dengan berbagai perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Untuk implementasi server, Linux juga dapat dipertimbangkan karena keandalannya dalam lingkungan server serta efisiensi dalam pengelolaan sumber daya. Perangkat keras utama yang digunakan meliputi :

- a) Mikrokontroler ESP32 : Berfungsi untuk mengintegrasikan sensor IoT dan memfasilitasi pengiriman data ke server. ESP32 memiliki kemampuan koneksi Wi-Fi dan Bluetooth, menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk komunikasi data secara real-time.
- b) Laptop atau Komputer Desktop : Digunakan untuk pengembangan dan pengujian sistem.
- c) Sensor IoT : Perangkat seperti MAX30102 untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen, serta MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh, digunakan untuk mengumpulkan data tanda vital dengan akurat.
- d) Perangkat Pendukung Tambahan : Termasuk PushButton untuk kontrol manual dan layar LCD untuk menampilkan data pengukuran secara lokal.

Perangkat keras ini dirancang untuk bekerja secara sinergis, memungkinkan sistem beroperasi dengan baik dalam lingkungan indoor yang memerlukan koneksi Wi-Fi yang stabil. Sistem ini dirancang untuk fleksibilitas penggunaan di fasilitas kesehatan seperti rumah sakit atau klinik, memastikan pemantauan pasien yang efisien dan akurat.

3.7 Strategi Pemecahan Masalah

Dalam pengembangan sistem ini, strategi pemecahan masalah menjadi elemen penting untuk memenuhi kebutuhan pengguna secara menyeluruh. Strategi ini melibatkan langkah-langkah sistematis yang berfokus pada pengumpulan data real-time, analisis berbasis algoritma, dan pengambilan keputusan yang terintegrasi.

- a) Analisis Awal dan Identifikasi Masalah melibatkan analisis kebutuhan dengan fokus pada identifikasi parameter tanda vital yang relevan, seperti tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh. Parameter ini menjadi dasar untuk menentukan jenis sensor yang digunakan serta spesifikasi sistem.
- b) Pengumpulan Data Real-Time tanda vital diperoleh dari perangkat sensor seperti MAX30102 dan MLX90614 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Sensor-sensor ini dirancang untuk memberikan data dengan akurasi tinggi, sementara ESP32 memastikan transmisi data ke server berjalan stabil melalui koneksi Wi-Fi.
- c) Pengolahan Data yang telah terkumpul dengan menggunakan Algoritma C4.5 diproses untuk menghasilkan klasifikasi kondisi kesehatan pasien. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data kontinu dan kategorikal, serta menghasilkan pohon keputusan yang mudah dipahami oleh tenaga medis.
- d) Penyediaan Rekomendasi yang dilihat berdasarkan hasil analisis, sehingga system dapat memberikan rekomendasi tindakan kepada tenaga medis. Rekomendasi ini ditampilkan melalui antarmuka web yang responsif, memastikan aksesibilitas di berbagai perangkat.
- e) Validasi dan Pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi keandalan sistem. Data yang diperoleh dari sensor dibandingkan dengan alat medis standar untuk memastikan akurasi. Selain itu, performa algoritma C4.5 diuji untuk memastikan sistem mampu memberikan rekomendasi yang relevan dan tepat waktu.

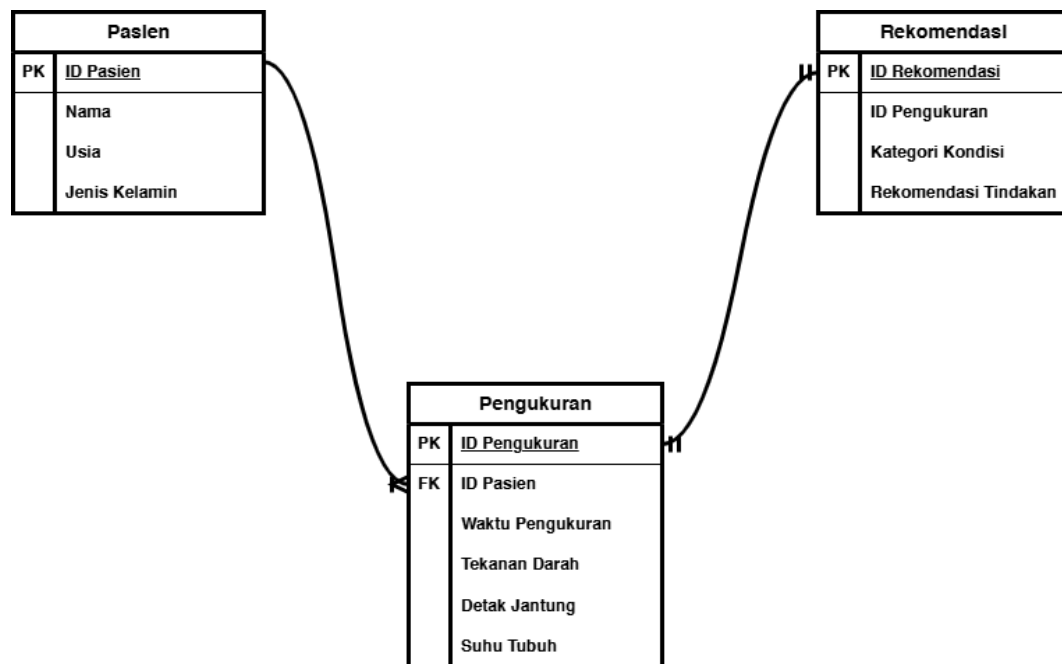
Dengan strategi ini, sistem dirancang untuk tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis tetapi juga mendukung efisiensi operasional tenaga medis. Langkah-langkah

ini memastikan bahwa setiap komponen sistem bekerja secara sinergis untuk mencapai tujuan utama, yaitu peningkatan kualitas layanan kesehatan melalui pemantauan yang akurat dan pengambilan keputusan berbasis data.

3.8 Struktur Data Yang Digunakan

1) Diagram E-R

Diagram Entity-Relationship (E-R) digunakan untuk mendeskripsikan hubungan antara entitas dalam basis data. Dalam kasus ini, ERD digunakan untuk memodelkan data terkait sistem manajemen kesehatan yang berisi informasi tentang pasien, pengukuran tanda vital mereka, dan rekomendasi tindakan berdasarkan analisis data. ERD ini memiliki 3 entitas utama, yaitu Pasien, Pengukuran, dan Rekomendasi. Setiap entitas memiliki atribut-atribut yang berfungsi sebagai kolom dalam tabel basis data. Berikut gambar ERD dari Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5 :



Gambar 3.1 Diagram ERD

Hubungan Antar Entitas

a) Hubungan antara Pasien dan Pengukuran

Dalam sistem ini, setiap pasien dapat memiliki sejumlah pengukuran tanda vital yang dilakukan pada waktu yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kesehatan pasien dapat berubah dari waktu ke waktu, sehingga memerlukan pengukuran yang berulang untuk memantau perkembangan kesehatan mereka.

- Kardinalitas : 1:N (One-to-Many)

Artinya, Satu pasien dapat memiliki banyak pengukuran, tetapi satu pengukuran hanya terkait dengan satu pasien.

b) Hubungan antara Pengukuran dan Rekomendasi

Setiap pengukuran yang dilakukan akan menghasilkan satu rekomendasi tindakan berdasarkan analisis data yang diperoleh. Rekomendasi ini bertujuan untuk memberikan panduan kepada tenaga medis mengenai langkah-langkah yang perlu diambil berdasarkan hasil pengukuran.

- Kardinalitas : 1:1 (One-to-One)

Artinya, Setiap satu pengukuran hanya memiliki satu rekomendasi, dan satu rekomendasi hanya berlaku untuk satu pengukuran.

3.9 Simulasi Perhitungan Manual

Simulasi perhitungan manual dilakukan untuk mendeteksi berbagai kondisi kesehatan, seperti demam, hipertensi, hipotensi, heat exhaustion, takikardia, dan bradikardia. Berikut adalah contoh perhitungan manual menggunakan algoritma C4.5 :

1) Dataset Awal

Dataset yang digunakan mencakup parameter tanda vital pasien, seperti tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh, serta kondisi kesehatan yang menjadi target klasifikasi. Tujuannya adalah untuk menentukan pola hubungan antara parameter tanda vital dengan kondisi kesehatan.

Tabel 3.3 Dataset Awal

ID Pasien	Tekanan Darah (mmHg)	Detak Jantung (bpm)	Suhu Tubuh (°C)	Kondisi
1	140/90	85	38.0	Hipertensi, Demam
2	120/80	75	37.0	Sehat
3	100/70	60	36.5	Hipotensi
4	90/60	55	37.2	Bradikardia
5	110/70	120	37.5	Takikardia
6	130/85	110	38.5	Heat Exhaustion

Dataset ini terdiri dari 6 data, dengan kategori kondisi yang berbeda:

- Hipertensi, Demam
- Sehat
- Hipotensi
- Bradikardia
- Takikardia
- Heat Exhaustion

2) Menghitung Entropy Awal

Entropy adalah ukuran ketidakpastian dalam dataset. Semakin tinggi nilai entropy, semakin beragam data yang ada. Rumus untuk menghitung entropy adalah:

$$\left[\text{Entropy}(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2(p_i) \right] \quad (3.1)$$

Di mana (p_i) adalah probabilitas dari setiap kategori dalam dataset. Dalam kasus ini, kita memiliki enam kategori kondisi kesehatan:

- Hipertensi, Demam
- Sehat
- Hipotensi
- Bradikardia
- Takikardia
- Heat Exhaustion

Probabilitas untuk setiap kategori adalah :

$$\begin{aligned}
 \left[p(\text{Hipertensi, Demam}) = p(\text{Sehat}) = p(\text{Hipotensi}) \right. & \quad (3.2) \\
 & = p(\text{Bradikardia}) = p(\text{Takikardia}) \\
 & \left. = p(\text{Heat Exhaustion}) = \frac{1}{6} \approx 0.1667 \right]
 \end{aligned}$$

Substitusi ke rumus entropy :

$$\begin{aligned}
 \left[\text{Entropy}(S) = -6 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{6} \right) \right) = -6 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot (-2.585) \right) \right. & \quad (3.3) \\
 & \left. = 2.585 \right]
 \end{aligned}$$

Entropy awal ini menunjukkan bahwa dataset cukup beragam (tingkat ketidakpastian tinggi).

3) Hitung Gain untuk Setiap Atribut

Gain menunjukkan seberapa besar penurunan ketidakpastian (entropy) jika dataset dipecah berdasarkan atribut tertentu. Rumusnya adalah :

$$\left[\text{Gain}(A) = \text{Entropy}(S) - \sum_{v \in A} \left(\frac{|S_v|}{|S|} \cdot \text{Entropy}(S_v) \right) \right] \quad (3.4)$$

Dimana :

- S_v adalah subset data berdasarkan nilai atribut A
- $|S_v|$ adalah jumlah data dalam subset tersebut.

a) Atribut Tekanan Darah

Atribut tekanan darah dikelompokkan menjadi 3 kategori:

- Tinggi ($\geq 130/85$) : Data = {1, 6}
- Normal (90/60 - 120/80) : Data = {2, 5}
- Rendah ($\leq 90/60$) : Data = {3, 4}

1) Hitung Entropy setiap subset

- **Tinggi (2 data : {1, 6})**

Kategori : Hipertensi, Demam (1), Heat Exhaustion (1)

$$\left[\text{Entropy}(\text{Tinggi}) = - \left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) = 1.0 \right] \quad (3.5)$$

- **Normal (2 data : {2, 5})**

Kategori : Sehat (1), Takikardia (1)

$$\left[\text{Entropy}(\text{Normal}) = - \left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) = 1.0 \right] \quad (3.6)$$

- **Rendah (2 data : {3, 4})**

Kategori : Hipotensi (1), Bradikardia (1)

$$\left[\text{Entropy}(\text{Rendah}) = - \left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) = 1.0 \right] \quad (3.7)$$

2) Hitung Gain untuk Tekanan Darah

$$\left[\text{Gain(Tekanan Darah)} \right. \quad (3.8)$$

$$= \text{Entropy}(S) - \left(\frac{2}{6} \cdot 1.0 + \frac{2}{6} \cdot 1.0 + \frac{2}{6} \cdot 1.0 \right)$$

$$[= 2.585 - (0.333 + 0.333 + 0.333) = 2.585 - 1.0 = 1.585]$$

b) Atribut Detak Jantung

Detak jantung dikelompokkan menjadi dua kategori : Normal (60-100 bpm) dan Tinggi (>100 bpm).

1) Hitung Entropy setiap subset :

- Normal (4 data: {1, 2, 3, 4})

Kategori : Hipertensi, Sehat, Hipotensi, Bradikardia

$$\begin{aligned} & \left[\text{Entropy(Normal)} \right. \\ & = - \left(\frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \right. \\ & \quad \left. \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) \right) = 2.0 \left. \right] \quad (3.9) \end{aligned}$$

- Tinggi (2 Data = {5, 6})

Kategori : Takikardia, Heat Exhaustion

$$\left[\text{Entropy(Tinggi)} = - \left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) = 1.0 \right] \quad (3.10)$$

2) Hitung Gain untuk Detak Jantung

$$\left[\text{Gain(Detak Jantung)} = \text{Entropy}(S) - \left(\frac{4}{6} \cdot 2.0 + \frac{2}{6} \cdot 1.0 \right) \right] \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned}
& [= 2.585 - (0.667 \cdot 2.0 + 0.333 \cdot 1.0) \\
& = 2.585 - (1.333 + 0.333) \\
& = 2.585 - 1.666 = 0.919]
\end{aligned}$$

c) Atribut Suhu Tubuh

Suhu tubuh dikelompokkan menjadi dua kategori : Normal ($\leq 37.5^\circ\text{C}$) dan Tinggi ($> 37.5^\circ\text{C}$).

1) Hitung Entropy setiap subset :

- Normal (4 data: {2, 3, 4, 5})

Kategori : Sehat, Hipotensi, Bradikardia, Takikardia

$$\begin{aligned}
& \left[\text{Entropy}(\text{Normal}) \right. \\
& = - \left(\frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) + \frac{1}{4} \right. \\
& \quad \left. \cdot \log_2 \left(\frac{1}{4} \right) \right) = 2.0 \left. \right] \quad (3.12)
\end{aligned}$$

- Tinggi (2 data: {1, 6})

Kategori : Hipertensi, Heat Exhaustion

$$\left[\text{Entropy}(\text{Tinggi}) = - \left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) = 1.0 \right] \quad (3.13)$$

2) Hitung Gain untuk Suhu Tubuh

$$\left[\text{Gain}(\text{Suhu Tubuh}) = \text{Entropy}(S) - \left(\frac{4}{6} \cdot 2.0 + \frac{2}{6} \cdot 1.0 \right) \right] \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned}
 & [= 2.585 - (0.667 \cdot 2.0 + 0.333 \cdot 1.0) \\
 & = 2.585 - (1.333 + 0.333) \\
 & = 2.585 - 1.666 = 0.919]
 \end{aligned}$$

4. Kesimpulan dan Root Node

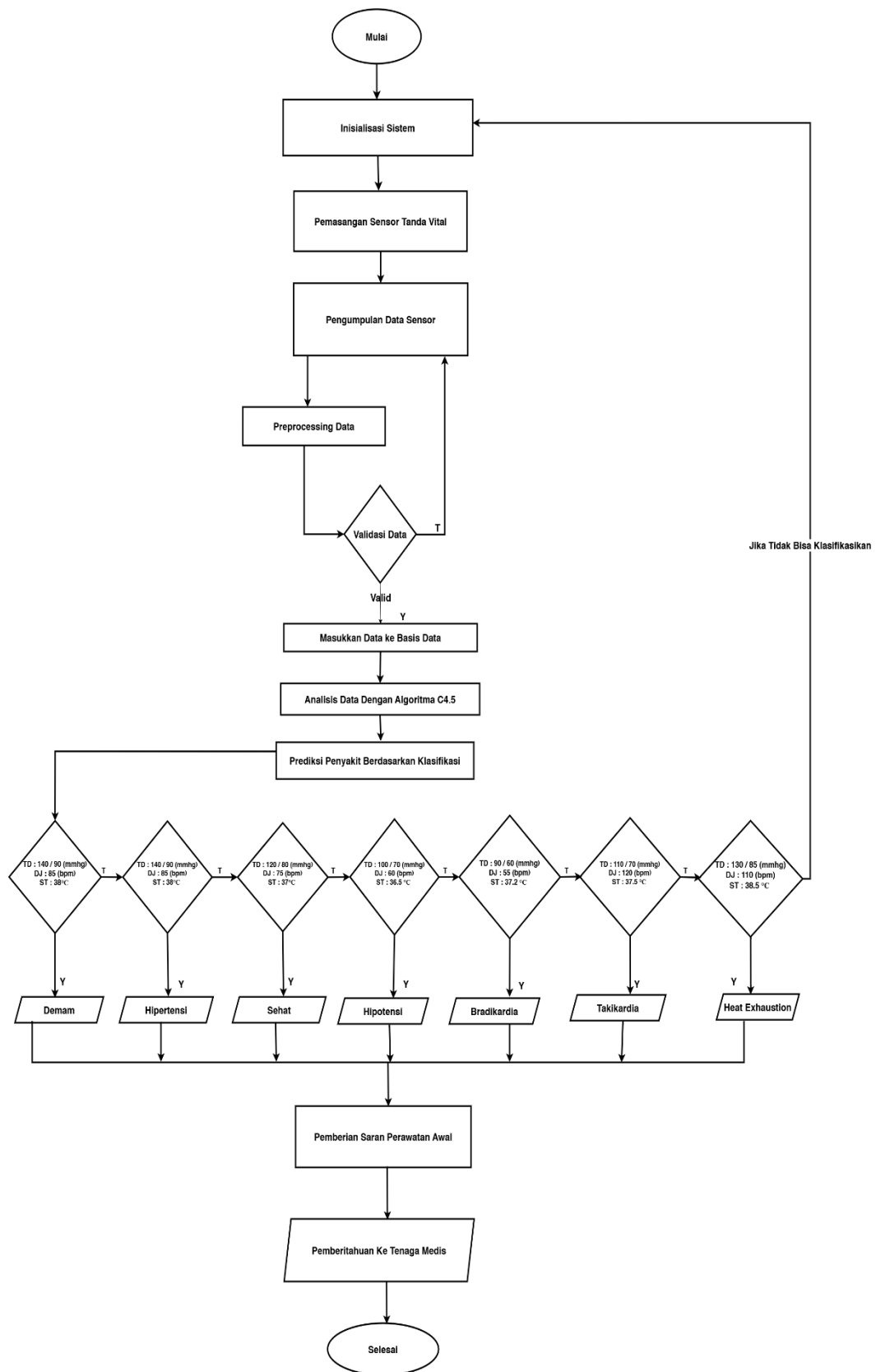
Setelah menghitung gain untuk setiap atribut, kita mendapatkan hasil sebagai berikut :

- Gain untuk Tekanan Darah : 1.585
- Gain untuk Detak Jantung : 0.919
- Gain untuk Suhu Tubuh : 0.919

Atribut dengan gain tertinggi adalah Tekanan Darah (1.585), sehingga atribut ini dipilih sebagai root node dari pohon keputusan. Selanjutnya, cabang-cabang berikutnya akan dipilih berdasarkan perhitungan gain lebih lanjut pada subset data yang dihasilkan dari pemisahan berdasarkan atribut Tekanan Darah. Hasil perhitungan ini dapat menjadi dasar untuk membangun pohon keputusan yang dapat digunakan untuk klasifikasi kondisi kesehatan pasien, serta memberikan rekomendasi yang tepat dan berbasis data kepada tenaga medis.

3.10 Flowchart Sistem

Flowchart ini dirancang untuk menggambarkan alur proses yang lebih kompleks dan terperinci, memastikan setiap langkah dalam pengolahan data dijelaskan dengan jelas. Flowchart ini juga menggambarkan sistem pemantauan kesehatan yang berbasis data sensor, menggunakan algoritma canggih untuk mendiagnosis kondisi pasien secara real-time. Dengan mengintegrasikan analisis berbasis algoritma C4.5. Sistem ini tidak hanya mendeteksi kondisi kesehatan, tetapi juga memberikan rekomendasi yang tepat dan berbasis data kepada tenaga medis. Berikut adalah visualisasi flowchart dari proses Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien dengan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT menggunakan Metode C4.5 :



Gambar 3.2 Flowchart Sistem

Tahapan alur proses adalah sebagai berikut :

- 1) **Mulai** ; Sistem dimulai dengan proses inisialisasi, di mana perangkat dan komponen pendukung disiapkan untuk menjalankan fungsi-fungsinya.
- 2) **Inisialisasi Sistem** ; Pada tahap ini, sistem akan mempersiapkan seluruh perangkat lunak dan perangkat keras untuk bekerja. Langkah ini melibatkan, Pengaturan parameter awal pada perangkat, dan Memastikan bahwa perangkat keras seperti sensor vital sudah terhubung dengan sistem pusat.
- 3) **Pemasangan Sensor Tanda Vital pada Pasien** ; Sensor dipasang pada pasien untuk mengumpulkan data tanda-tanda vital, seperti suhu tubuh, tekanan darah, detak jantung, dan tingkat hidrasi. Sensor ini harus dipasang di lokasi tubuh yang sesuai untuk memastikan pengukuran akurat.
- 4) **Pengumpulan Data Sensor** ; Setelah sensor terpasang, data vital mulai dikumpulkan secara real-time. Data ini meliputi, Tekanan darah (sistolik dan diastolik), Frekuensi denyut jantung(bpm), dan Suhu tubuh pasien.
- 5) **Preprocessing Data** ; Data yang diterima dari sensor tidak langsung digunakan. Data tersebut perlu melalui proses preprocessing, yang mencakup, **Pembersihan data** (Menghilangkan noise atau data yang tidak valid), dan **Normalisasi data** (Menstandarkan data agar semua berada dalam rentang tertentu).
- 6) **Validasi Data** ; Setelah preprocessing, sistem memeriksa validitas data. Jika data valid, proses dilanjutkan ke tahap berikutnya. Sebaliknya, Jika data tidak valid, sistem akan menampilkan **notifikasi kesalahan** dan meminta pengumpulan ulang data.
- 7) **Masukkan Data ke Basis Data** ; Data yang telah tervalidasi dimasukkan ke dalam basis data untuk disimpan. Basis data ini digunakan sebagai repositori informasi yang dapat diakses untuk analisis mendalam atau di masa depan.

8) **Analisis Data Menggunakan Algoritma C4.5** ; Data yang disimpan di basis data kemudian dianalisis menggunakan algoritma C4.5, sebuah algoritma yang umum digunakan untuk membangun **pohon keputusan**. Langkah ini meliputi, Mengidentifikasi atribut utama dari dataset, dan Pembangunan pohon keputusan berdasarkan aturan klasifikasi.

9) **Prediksi Penyakit Berdasarkan Klasifikasi** ; Berdasarkan hasil analisis, sistem melakukan klasifikasi terhadap kondisi pasien. Jika tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh pasien memenuhi kriteria tertentu, maka pasien dapat dikategorikan dalam salah satu kondisi berikut :

- Demam (TD: 140/90 mmHg, DJ > 100 bpm, ST > 38°C)
- Hipertensi (TD $\geq$ 140/90 mmHg, DJ > 100 bpm, ST 37-38°C)
- Sehat (TD: 120/80 mmHg, DJ 60-100 bpm, ST 36-37°C)
- Hipotensi (TD: < 100/70 mmHg, DJ < 60 bpm, ST 36-37°C)
- Bradikardia (TD: 90/60 mmHg, DJ < 60 bpm, ST 36-37°C)
- Takikardia (TD: 110/70 mmHg, DJ > 100 bpm, ST 37-38°C)
- Heat Exhaustion (TD: 170/100 mmHg, DJ > 100 bpm, ST > 38°C)

Jika kondisi pasien tidak masuk dalam kategori di atas, sistem akan memberikan notifikasi bahwa data tidak dapat diklasifikasikan dan meminta pengambilan data ulang.

10) **Pemberian Saran Perawatan Awal** ; Berdasarkan diagnosa yang dihasilkan, sistem memberikan saran perawatan awal. Contohnya, Jika pasien didiagnosa dehidrasi, sistem menyarankan pemberian cairan elektrolit. Kemudian, Jika pasien mengalami hipotensi, sistem mungkin menyarankan posisi tubuh tertentu untuk meningkatkan aliran darah.

11) **Pemberitahuan ke Tenaga Medis** ; Langkah terakhir adalah pemberitahuan kepada tenaga medis. Informasi mengenai kondisi pasien dikirim secara langsung ke perangkat yang terhubung, seperti aplikasi atau layar monitor medis. Langkah ini bertujuan untuk memungkinkan respons cepat.

12) Proses Selesai ; Setelah semua langkah di atas selesai, sistem menyatakan proses telah selesai. Namun, pemantauan terus dilakukan secara periodik untuk mengupdate kondisi pasien.

3.11 Algoritma

Algoritma yang diterapkan dalam sistem ini adalah implementasi dari metode C4.5, yang merupakan salah satu algoritma pembelajaran mesin yang terkenal untuk membangun pohon keputusan. Algoritma ini dirancang untuk mengklasifikasikan data berdasarkan atribut yang relevan, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang akurat mengenai kondisi kesehatan pasien. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai langkah-langkah dalam algoritma C4.5 yang diterapkan dalam sistem ini, antara lain :

1. Input Data Tanda Vital :

Data yang dianalisis terdiri dari berbagai parameter tanda vital yang diukur, seperti tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh. Setiap data ini akan menjadi input untuk proses klasifikasi.

2. Penghitungan Entropy :

Entropy adalah ukuran ketidakpastian dalam data. Dalam konteks ini, kita menghitung entropy awal dari dataset untuk menentukan seberapa baik data tersebut terdistribusi di antara kategori yang ada (misalnya, Sehat, Hipertensi, Hipotensi, dll.).

- Rumus untuk menghitung entropy (H) adalah sebagai berikut :

$$\left[H(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \right] \quad (3.15)$$

Dimana (p_i) adalah proporsi dari setiap kategori dalam dataset.

1) Penghitungan Gain :

- Setelah menghitung entropy awal, langkah selanjutnya adalah menghitung Gain untuk setiap atribut. Gain mengukur seberapa banyak informasi yang diperoleh dengan membagi dataset berdasarkan atribut tertentu.
- Gain dihitung dengan rumus :

$$\left[\text{Gain}(S, A) = H(S) - \sum_{v \in \text{Values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} H(S_v) \right] \quad (3.16)$$

Dimana (S) adalah dataset awal, (A) adalah atribut yang sedang dianalisis, dan (S_v) adalah subset dari (S) yang memiliki nilai (v) untuk atribut (A).

2) Pemilihan Atribut dengan Gain Tertinggi :

- Setelah menghitung Gain untuk semua atribut, atribut dengan nilai Gain tertinggi dipilih sebagai node akar (root node) dari pohon keputusan. Atribut ini dianggap paling informatif dalam membedakan kategori kondisi kesehatan.

3) Pembangunan Pohon Keputusan:

- Proses ini berlanjut dengan membagi dataset berdasarkan nilai atribut yang dipilih. Setiap cabang dari pohon keputusan akan mewakili nilai dari atribut tersebut, dan proses yang sama diulang untuk setiap subset data yang dihasilkan.
- Proses ini berlanjut hingga salah satu dari kondisi berikut terpenuhi:
 - a) Semua data dalam subset termasuk dalam kategori yang sama.
 - b) Tidak ada atribut yang tersisa untuk dibagi.
 - c) Ukuran subset mencapai ambang batas yang telah ditentukan.

4) **Klasifikasi Data Baru :**

- Setelah pohon keputusan dibangun, data baru dapat diklasifikasikan dengan mengikuti jalur dari root node hingga ke daun (leaf node) berdasarkan nilai atribut yang dimiliki oleh data tersebut.
- Setiap daun pada pohon keputusan akan memberikan kategori akhir untuk data baru, yang menunjukkan kondisi kesehatan pasien.

5) **Output :**

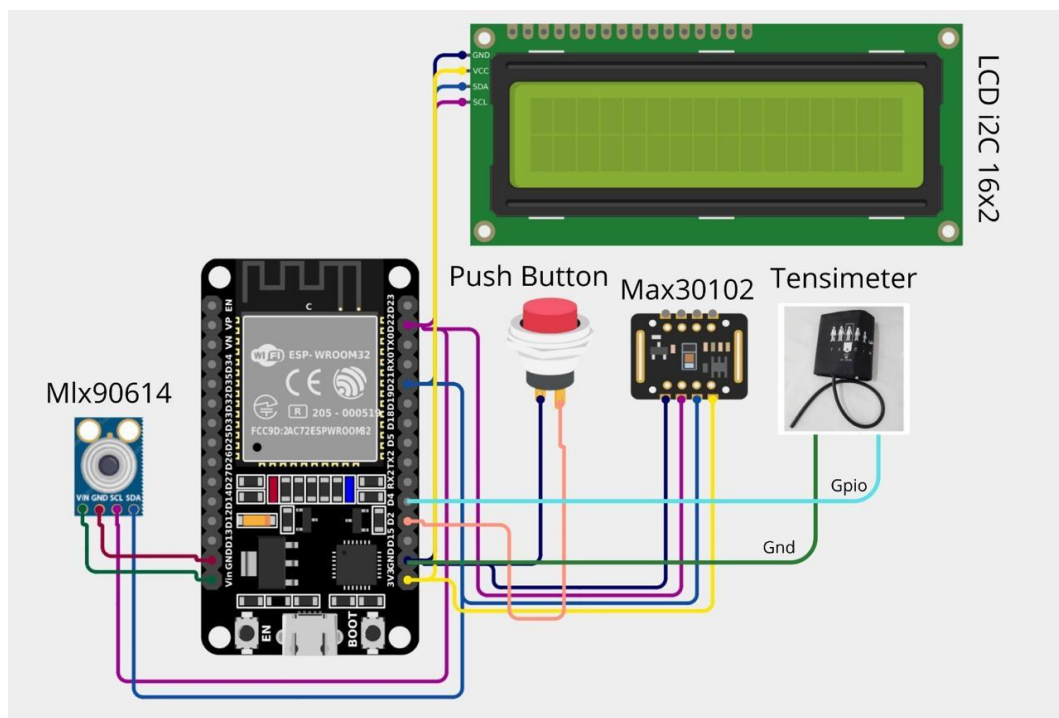
Hasil dari sistem ini adalah kemampuan untuk mendeteksi berbagai kondisi kesehatan pasien berdasarkan analisis data tanda vital yang diperoleh. Dengan menggunakan algoritma C4.5, sistem dapat mengklasifikasikan kondisi kesehatan ke dalam beberapa kategori, antara lain:

1. **Demam** : Teridentifikasi ketika suhu tubuh melebihi ambang batas normal, biasanya di atas 37,5°C.
2. **Hipertensi** : Dikenali melalui pengukuran tekanan darah yang menunjukkan nilai di atas 140/90 mmHg.
3. **Hipotensi** : Terdeteksi ketika tekanan darah berada di bawah 90/60 mmHg.
4. **Heat Exhaustion** : Diidentifikasi berdasarkan kombinasi suhu tubuh yang tinggi dan detak jantung yang meningkat, sering kali disertai gejala lain seperti pusing atau kelelahan.
5. **Takikardia** : Dikenali ketika detak jantung melebihi 100 bpm, yang dapat menunjukkan adanya stres atau kondisi medis tertentu.
6. **Bradikardia** : Teridentifikasi ketika detak jantung berada di bawah 60 bpm, yang dapat menunjukkan masalah pada sistem kardiovaskular.

Dengan klasifikasi ini, sistem tidak hanya memberikan informasi mengenai kondisi kesehatan pasien, tetapi juga memungkinkan tenaga medis untuk mengambil tindakan yang tepat dan cepat. Rekomendasi tindakan yang dihasilkan berdasarkan klasifikasi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan klinis yang lebih baik, meningkatkan respons terhadap kondisi darurat, dan secara keseluruhan meningkatkan kualitas perawatan pasien.

3.12 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini bertujuan untuk membangun Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien yang berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode klasifikasi C4.5. Sistem ini dirancang agar dapat mengumpulkan, menganalisis, dan mengklasifikasikan tanda vital pasien secara real-time, serta memberikan rekomendasi kesehatan berdasarkan hasil klasifikasi. Sistem ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara terintegrasi. Perangkat keras terdiri dari sensor tanda vital seperti MAX30102 (detak jantung dan oksigen darah), MLX90614 (suhu tubuh), dan tensimeter digital (tekanan darah). Sementara itu, perangkat lunak terdiri dari sistem pemrosesan data berbasis ESP32, basis data MySQL, serta algoritma C4.5 yang digunakan untuk klasifikasi kondisi kesehatan. Berikut tampilan kerangka circuit untuk Perancangan Sistem Monitoring dan Pendukung Keputusan Kondisi Kesehatan Pasien Menggunakan Integrasi Sensor Tanda Vital Berbasis IoT Dengan Metode C4.5 :



Gambar 3.3 Kerangka Circuit

Koneksi Antar Komponen & ESP32

a) Koneksi I2C (MAX30102, MLX90614, LCD I2C)

- SDA (GPIO21) dan SCL (GPIO22) digunakan untuk komunikasi I2C.
- MAX30102 & MLX90614 berbagi jalur komunikasi dengan LCD, memungkinkan ESP32 membaca data secara bersamaan.

b) Koneksi UART atau ADC (Tensimeter Digital)

- Tensimeter Digital dapat menggunakan UART (GPIO16 & GPIO17) atau ADC (Analog ke GPIO34/36) tergantung jenis modulnya.
- Jika menggunakan UART, data tekanan darah dikirim ke ESP32 melalui TX (GPIO16) & RX (GPIO17).
- Jika menggunakan ADC, output tegangan dari tensimeter dibaca menggunakan GPIO34/36.

c) Push Button (Digital Input)

- Tombol terhubung ke GPIO32 dengan pull-down resistor 10k Ω .
- Saat tombol ditekan, tensimeter mulai bekerja dan membaca tekanan darah pasien.

d) WiFi HTTP (ESP32 Built-in)

- ESP32 menggunakan koneksi WiFi untuk mengirimkan data ke server.
- Data yang dikirim mencakup detak jantung, suhu tubuh, dan tekanan darah.
- Server akan menganalisis dan memberikan hasil diagnosa, yang dikembalikan ke ESP32 dan ditampilkan di LCD.

Perangkat ini memainkan peran penting dalam pemantauan kesehatan pasien dengan mengukur tiga tanda vital utama secara bersamaan. Dengan dukungan ESP32, perangkat ini tidak hanya mengambil dan memproses data dari sensor, tetapi juga mengirimkan informasi ke server untuk analisis penyakit berdasarkan data tanda vital tersebut.

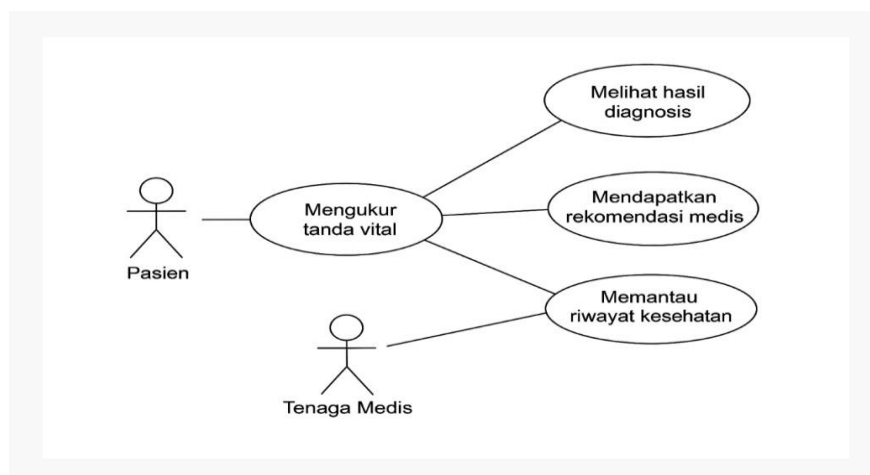
- Hasil diagnosis langsung ditampilkan pada layar LCD, memungkinkan pasien untuk mengetahui kondisinya dengan cepat dan mudah.
- Teknologi HTTP digunakan untuk mengirimkan data ke server untuk analisis lebih lanjut, memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat dipantau oleh tenaga medis.

Dengan desain ini, perangkat dapat membantu pemantauan kesehatan pasien secara cepat, akurat, dan real-time, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut agar terintegrasi dengan sistem kesehatan berbasis cloud.

3.13 Perancangan Model Sistem

Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan kondisi kesehatan pasien secara real-time menggunakan sensor tanda vital yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Selain itu, sistem juga berfungsi sebagai pendukung pengambilan keputusan medis melalui metode klasifikasi C4.5. Untuk menggambarkan desain dan alur kerja sistem, digunakan beberapa jenis diagram Unified Modeling Language (UML), yaitu use case diagram, sequence diagram, dan class diagram. Berikut adalah penjelasan masing-masing diagram secara rinci, yaitu use case diagram, sequence diagram, dan class diagram. Masing-masing diagram memiliki peran tersendiri dalam merepresentasikan kebutuhan fungsional, interaksi antar komponen sistem, serta struktur objek dan basis data. Penjelasan lebih lanjut mengenai masing-masing diagram disajikan pada subbab berikutnya.

3.13.1 Use Case Diagram



Gambar 3.4 Use Case Diagram

Use case diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem dalam berbagai skenario fungsional. Pada sistem ini terdapat dua aktor utama, yaitu:

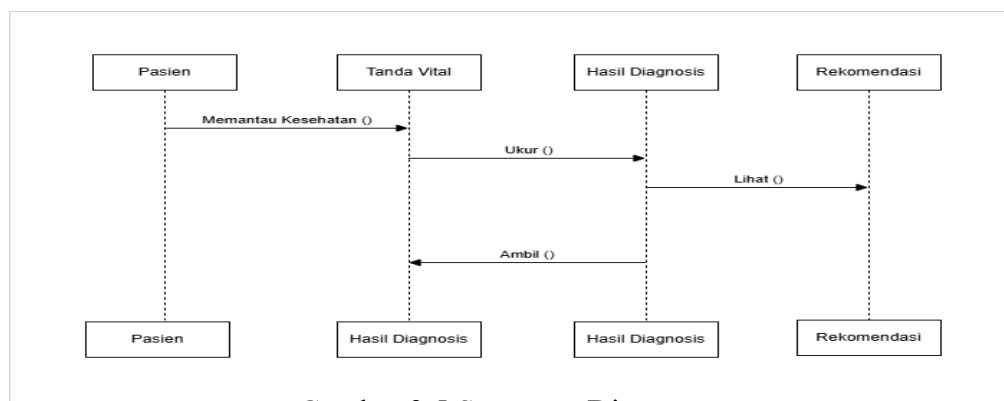
- **Pasien** : User ini dapat melakukan pengukuran tanda vital menggunakan perangkat sensor, melihat hasil diagnosis yang diberikan oleh sistem, memperoleh rekomendasi medis sebagai hasil dari proses pengambilan keputusan, dan memantau riwayat kesehatan secara mandiri.
- **Tenaga Medis** : User ini memiliki peran dalam memantau riwayat kesehatan pasien dan juga melakukan pengukuran tanda vital apabila dibutuhkan.

Adapun use case yang ditampilkan dalam diagram meliputi :

- Mengukur tanda vital
- Melihat hasil diagnosis
- Mendapatkan rekomendasi medis
- Memantau riwayat kesehatan

Diagram ini menunjukkan bahwa sistem yang dibangun memiliki orientasi layanan terhadap dua jenis pengguna akhir, yaitu pasien dan tenaga medis. Interaksi ini memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara berkelanjutan serta penyediaan rekomendasi medis berbasis data yang diperoleh.

3.13.2 Sequence Diagram



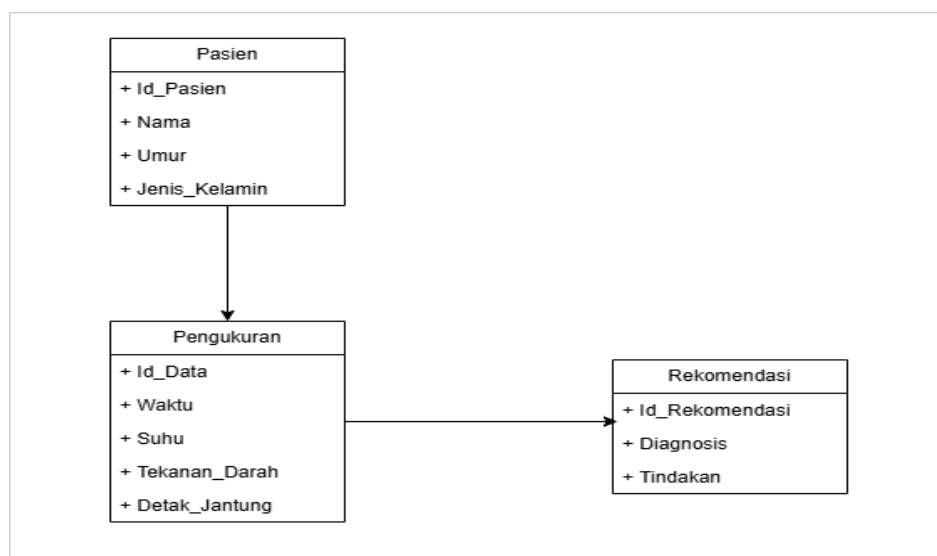
Gambar 3.5 Sequence Diagram

Sequence diagram menjelaskan bagaimana alur komunikasi terjadi antara berbagai komponen dalam sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menggambarkan bagaimana data dikumpulkan, diproses, dan digunakan untuk menghasilkan rekomendasi. Adapun alur proses dalam diagram ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pasien melakukan permintaan untuk memantau kesehatan.
2. Komponen "Tanda Vital" kemudian melakukan proses pengukuran data yang diperoleh dari sensor.
3. Data pengukuran tersebut dikirimkan ke komponen "Hasil Diagnosis" untuk dianalisis menggunakan metode klasifikasi (C4.5).
4. Setelah hasil diagnosis diperoleh, data tersebut dikembalikan ke sistem untuk ditampilkan.
5. Komponen "Rekomendasi" menerima hasil diagnosis dan menghasilkan rekomendasi medis berdasarkan data tersebut.

Diagram ini menekankan bahwa sistem bekerja secara berurutan dan otomatis, dimulai dari akuisisi data oleh sensor, pemrosesan data oleh algoritma diagnosis, hingga penyajian rekomendasi kepada pengguna

3.13.3 Class Diagram



Gambar 3.6 Class Diagram

Class diagram menggambarkan struktur data yang digunakan dalam sistem serta hubungan antar entitas. Terdapat tiga kelas utama dalam diagram ini, yaitu:

1) Pasien

- Atribut : Id_Pasien, Nama, Umur, Jenis_Kelamin
- Merupakan entitas utama yang merepresentasikan pengguna sistem.

2) Pengukuran

- Atribut : Id_Data, Waktu, Suhu, Tekanan_Darah, Detak_Jantung
- Merupakan entitas yang menyimpan hasil pengukuran tanda vital yang diperoleh dari sensor.

3) Rekomendasi

- Atribut : Id_Rekomendasi, Diagnosis, Tindakan
- Menyimpan informasi hasil diagnosis serta rekomendasi tindakan medis.

Relasi antar entitas digambarkan sebagai berikut :

- Satu entitas Pasien dapat memiliki banyak data pada entitas Pengukuran (relasi satu-ke-banyak).
- Entitas Pengukuran terhubung ke entitas Rekomendasi sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi medis berdasarkan data pengukuran.

Struktur ini mencerminkan bahwa sistem dirancang untuk menyimpan data pasien secara historis dan dapat digunakan dalam proses klasifikasi berulang. Hal ini sesuai dengan kebutuhan dalam sistem pemantauan kesehatan berbasis data dan pengambilan keputusan otomatis.

3.14 Perancangan Pengujian

Agar sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat dan andal, diperlukan tahapan pengujian yang mencakup beberapa aspek, yaitu :

1. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, Validasi Sensor, dan Evaluasi Akurasi Algoritma C4.5.

2. Pengujian Fungsionalitas Sistem (Black Box Testing)

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem berjalan sesuai dengan spesifikasinya.

Tabel 3.4 Pengujian Fungsionalitas Sistem

No	Fitur yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Sensor Tanda Vital	Mengukur tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh pasien	Sensor membaca data dengan akurat dan mengirimkannya ke ESP32
2	Komunikasi IoT	Mengirim data dari ESP32 ke server melalui WiFi	Data berhasil dikirim ke server tanpa gangguan
3	Penyimpanan Data	Menyimpan data tanda vital ke dalam basis data	Data tersimpan dengan benar dan dapat diakses kembali
4	Klasifikasi C4.5	Menganalisis tanda vital dan mengklasifikasikan kondisi pasien	Hasil klasifikasi sesuai dengan aturan pohon keputusan
5	Notifikasi Medis	Mengirim peringatan jika pasien dalam kondisi kritis	Notifikasi terkirim ke perangkat tenaga medis
6	Tampilan LCD	Menampilkan hasil pengukuran tanda vital	Data ditampilkan dengan benar pada LCD

3. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat medis standar untuk memastikan keakuratan pembacaan data.

Tabel 3.5 Pengujian Akurasi Sensor

No	Parameter yang Diuji	Sensor	Alat Medis Acuan	Selisih (%)	Hasil
1	Detak Jantung (bpm)	MAX30102	Pulse Oximeter	$\leq 5\%$	Valid
2	Suhu Tubuh ($^{\circ}\text{C}$)	MLX90614	Termometer Medis	$\leq 0.5^{\circ}\text{C}$	Valid
3	Tekanan Darah (mmHg)	Tensimeter Digital	Tensimeter Manual	$\leq 10\%$	Valid

Jika selisih antara sensor dan alat medis standar lebih besar dari ambang batas validasi, maka sistem akan dikalibrasi ulang untuk meningkatkan akurasi.

4. Pengujian Algoritma C4.5

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi algoritma dalam mengklasifikasikan kondisi kesehatan pasien.

- Dataset uji terdiri dari 100 data pasien dengan kondisi berbeda.
- Hasil klasifikasi algoritma C4.5 dibandingkan dengan diagnosa tenaga medis sebagai data referensi.
- Akurasi dihitung menggunakan Confusion Matrix dengan rumus :

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (3.17)$$

Dimana :

- TP (True Positive) = Hasil prediksi benar positif
- TN (True Negative) = Hasil prediksi benar negatif
- FP (False Positive) = Prediksi salah positif

- FN (False Negative) = Prediksi salah negative

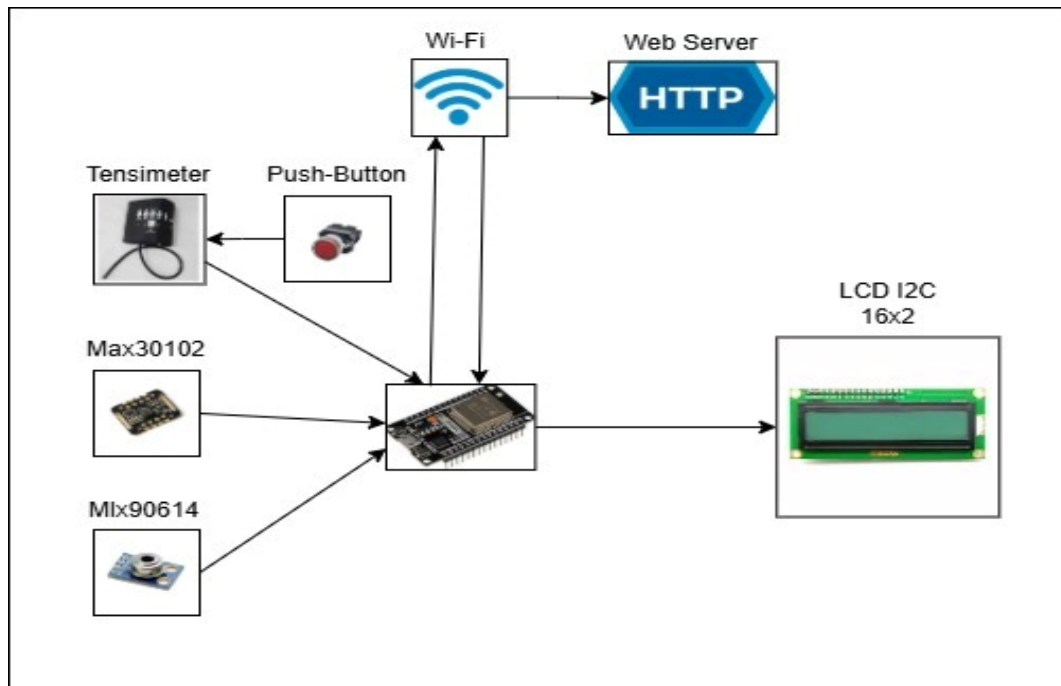
Tabel 3.6 Pengujian Algoritma C4.5

Kategori	Jumlah Data	Prediksi Benar (TP + TN)	Prediksi Salah (FP + FN)	Akurasi (%)
Demam	20	18	2	90%
Hipertensi	20	17	3	85%
Hipotensi	20	19	1	95%
Heat Exhaustion	20	16	4	80%
Bradikardia	10	9	1	90%
Takikardia	10	9	1	90%
Total Rata-rata	100	88	12	88%

Dari hasil pengujian, algoritma C4.5 memiliki **akurasi 88%**, yang cukup tinggi untuk digunakan dalam sistem deteksi tanda vital pasien. Dengan perancangan sistem dan pengujian yang komprehensif, sistem ini dapat memberikan hasil yang akurat, cepat, dan dapat diandalkan dalam pemantauan kondisi kesehatan pasien secara real-time. Jika diperlukan peningkatan akurasi, dapat dilakukan kalibrasi ulang sensor dan pengoptimalan algoritma klasifikasi.

3.15 Diagram Blok

Diagram blok pada sistem ini menunjukkan alur kerja sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT yang dirancang untuk mengukur tanda vital secara real-time. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk sensor kesehatan, mikrokontroler, tampilan LCD, serta konektivitas Wi-Fi untuk mengirim data ke server. Diagram ini mengilustrasikan bagaimana setiap komponen saling berinteraksi dalam proses pengambilan, pemrosesan, penampilan, dan pengiriman data, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya dari jarak jauh melalui platform berbasis web. Berikut Tampilan Diagram Blok nya :



Gambar 3.7 Diagram Blok

Diagram blok yang ditampilkan merupakan representasi dari sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT, yang bertujuan untuk mengukur tekanan darah (tensi), detak jantung, dan suhu tubuh secara bersamaan. Sistem ini dirancang untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada LCD I2C 16x2 serta mengirimkan data ke server berbasis web melalui koneksi Wi-Fi, di mana data kemudian disimpan dalam database MySQL untuk keperluan monitoring jarak jauh.

- **Komponen dan Fungsi dalam Sistem**

1. Mikrokontroler (ESP32/ESP8266)

- Berfungsi sebagai pusat pemrosesan utama.
- Mengontrol komunikasi antara sensor, LCD, dan koneksi ke server melalui Wi-Fi.
- Mengumpulkan data dari sensor tensimeter, MAX30102, dan MLX90614
- Mengirim data ke web server menggunakan protokol HTTP dan menyimpannya di database MySQL.
- Menampilkan hasil pengukuran di LCD I2C 16x2.

2. Tensimeter (Dimodifikasi)

- Digunakan untuk mengukur tekanan darah (sistolik dan diastolik).
- Pengukuran hanya dilakukan ketika Push-Button ditekan sebagai pemicu proses pengambilan data.
- Data hasil pengukuran dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.

3. Sensor MAX30102 (Detak Jantung)

- Mengukur detak jantung (BPM) secara real-time.
- Data dikirim langsung ke mikrokontroler tanpa memerlukan pemicu tombol.

4. Sensor MLX90614 (Suhu Tubuh)

- Sensor inframerah yang mengukur suhu tubuh tanpa kontak langsung.
- Data suhu tubuh diterima oleh mikrokontroler secara otomatis.

5. LCD I2C 16x2

- Menampilkan hasil pengukuran tekanan darah, detak jantung, kadar oksigen, dan suhu tubuh.
- Menggunakan komunikasi I2C, yang memungkinkan penghematan pin mikrokontroler.

6. Wi-Fi & Web Server (HTTP)

- Mikrokontroler terhubung ke internet melalui Wi-Fi.
- Data kesehatan dikirimkan ke web server menggunakan HTTP Request.
- Data yang dikirim berupa nilai tekanan darah, detak jantung, SpO2, dan suhu tubuh.

7. Database MySQL

- Data yang dikirim ke web server akan disimpan dalam database MySQL.

- Digunakan untuk monitoring kesehatan jarak jauh, sehingga data dapat diakses kapan saja melalui website.

- **Cara Kerja Sistem**

1. Pengguna menekan Push-Button untuk memulai pengukuran tekanan darah dengan tensimeter.
2. Secara bersamaan, sensor MAX30102 mengukur detak jantung, sedangkan MLX90614 mengukur suhu tubuh.
3. Mikrokontroler mengumpulkan semua data dari sensor.
4. Hasil pengukuran ditampilkan di LCD I2C 16x2 agar pengguna dapat melihat data secara langsung.
5. Data dikirimkan ke Web Server melalui Wi-Fi menggunakan HTTP Request.
6. Data tersimpan di Database MySQL, sehingga dapat diakses dan dimonitor secara online melalui website.

Sistem ini merupakan solusi pemantauan kesehatan berbasis IoT yang memungkinkan pengukuran tekanan darah, detak jantung, kadar oksigen dalam darah, dan suhu tubuh secara otomatis dan real-time. Dengan integrasi ke web server dan database MySQL, sistem ini memudahkan monitoring kesehatan jarak jauh dan dapat digunakan oleh tenaga medis atau individu untuk memantau kondisi kesehatan mereka kapan saja dan di mana saja.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini menjelaskan hasil dari proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring dan pendukung keputusan kondisi kesehatan pasien berbasis IoT dengan algoritma C4.5. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi tanda vital seperti detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh, serta memberikan klasifikasi kondisi pasien secara otomatis dan real-time. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja secara fungsional sesuai dengan desain dan spesifikasi, serta mampu menghasilkan keputusan yang valid dan akurat.

4.2 Hasil Rancangan Alat

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini merupakan sebuah alat monitoring kesehatan pasien berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu membaca tanda vital tubuh secara otomatis, menyimpan, dan menganalisisnya menggunakan algoritma C4.5 untuk membantu pengambilan keputusan klinis. Adapun alat ini dirancang sebagai sistem terintegrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak.



Gambar 4.1 Alat Ukur Tanda Vital

4.2.1 Desain Fisik dan Arsitektur Sistem

Prototype alat disusun dalam bentuk portable box yang memuat semua komponen utama, dengan konfigurasi sebagai berikut :

- ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengolah seluruh data dari sensor. Modul ini dihubungkan langsung ke laptop menggunakan kabel USB Type-C sebagai sumber daya sekaligus media pemrograman.
- Sensor MAX30102 untuk membaca detak jantung
- Sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh secara non-kontak.
- Tensimeter digital yang dimodifikasi untuk mentransmisikan data tekanan darah melalui koneksi serial.
- LCD 20x4 untuk menampilkan hasil analisis data sensor dan klasifikasi pasien.
- Push Button untuk memicu proses pembacaan ulang dan eksekusi algoritma C4.5.

Penggunaan kabel USB Type-C dari laptop ke ESP32 memudahkan pengembangan karena berfungsi ganda yaitu, sebagai sumber daya (power supply 5V DC) saat alat digunakan dan sebagai jalur komunikasi data ketika mengunggah program atau debugging menggunakan Arduino IDE. Alat ini tidak memerlukan baterai tambahan karena laptop sudah mampu memasok daya yang cukup saat pengujian dan pengoperasian.



Gambar 4.2 Prototype Alat Monitoring Tanda Vital Berbasis IoT

4.3 Alur Kerja Sistem Monitoring

Sistem monitoring ini bekerja secara otomatis setelah terhubung ke sumber daya dan jaringan WiFi. Berikut alur kerja sistem yang telah dirancang :

1. **Inisialisasi Sistem** ; Setelah alat terhubung ke laptop melalui kabel USB Type-C dan tersambung ke jaringan WiFi, sistem akan secara otomatis melakukan inisialisasi seluruh komponen (ESP32, sensor-sensor, dan LCD). Tidak perlu menekan tombol apa pun di awal; sistem langsung siap untuk proses monitoring.
2. **Pengukuran Tanda Vital Dilakukan Secara Paralel** ; Pengukuran dilakukan secara bersamaan, dengan langkah-langkah berikut :
 - a) Detak Jantung ; Pengguna meletakkan ujung jari di atas sensor MAX30102. Sensor langsung membaca denyut nadi dan saturasi oksigen. Hasil muncul dalam waktu ± 2 detik.
 - b) Suhu Tubuh ; Sensor MLX90614 mengukur suhu tubuh secara non-kontak. Pengguna hanya perlu mendekatkan telapak tangan ke sensor, tanpa perlu menyentuh kulit.
 - Tekanan Darah ; Pengguna mengenakan tensimeter pergelangan tangan dan menekan tombol START pada alat tensimeter. Pengukuran tekanan darah membutuhkan waktu $\pm 10-15$ detik hingga selesai.
3. **Tampilan Data pada LCD** ; Setelah semua pengukuran selesai, sistem akan menampilkan hasil secara otomatis pada LCD 20x4, dalam urutan sebagai berikut:
 - Baris 1: Detak jantung (bpm)
 - Baris 2: Suhu tubuh ($^{\circ}\text{C}$)
 - Baris 3: Tekanan darah (sistolik/diastolik)
4. **Diagnosa Otomatis & Upload ke Website** ; Setelah ketiga parameter vital berhasil dideteksi, algoritma C4.5 yang ditanam dalam mikrokontroler akan

langsung memproses klasifikasi kondisi pasien berdasarkan dataset pelatihan sebelumnya. Diagnosa kesehatan seperti Normal, Hipertensi, Demam, Takikardia, Bradikardia dll akan ditentukan secara otomatis. Hasil diagnosa tersebut ditampilkan pada LCD dan dikirimkan secara otomatis ke dashboard/website monitoring kesehatan melalui koneksi WiFi. Website menyimpan data setiap pasien (jika alat digunakan bergantian), sehingga cocok digunakan untuk klinik atau homecare berbasis cloud.

4.4 Pengujian dan Analisis Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem monitoring tanda vital pasien dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Uji coba dilakukan terhadap mikrokontroler, sensor-sensor, tampilan LCD, serta interaksi tombol input. Fokus utama dari pengujian ini adalah kestabilan koneksi antar komponen, kecepatan respon, serta keakuratan relatif terhadap standar medis umum berdasarkan literatur dan alat pembanding.

4.4.1 Pengujian Mikrokontroler ESP32

ESP32 sebagai pusat kendali utama diuji dengan cara menghubungkannya ke laptop menggunakan kabel USB Type-C. Mikrokontroler ini berhasil menjalankan tugas sebagai pengelola komunikasi data dari sensor-sensor, menjalankan algoritma klasifikasi C4.5, serta menampilkan dan mengirim hasil ke website. Hasil menunjukkan bahwa ESP32 dapat :

- Menyambung ke jaringan WiFi dengan stabil dalam hitungan detik.
- Menangani proses input-output sensor tanpa jeda atau lag.
- Memproses logika klasifikasi dengan cepat dan efisien.



Gambar 4.3 Pengujian Mikrokontroler ESP32

4.4.2 Pengujian Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 digunakan untuk mendeteksi detak jantung pasien. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan jari di atas permukaan sensor. Sensor mampu memberikan pembacaan dalam waktu singkat dengan nilai yang konsisten. Meskipun tidak dibandingkan langsung dengan alat medis karena keterbatasan penelitian, hasil pembacaan menunjukkan kestabilan dan berada dalam rentang normal detak jantung manusia. Sensor juga tidak mengalami error atau kehilangan sinyal selama pengujian berlangsung.



Gambar 4.4 Pengujian MAX30102

4.4.3 Pengujian Sensor MLX90614

Sensor suhu tubuh non-kontak ini diuji dengan cara telapak tangan diarahkan ke sensor dari jarak sekitar 3–5 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor

memberikan pembacaan suhu yang masuk akal dan berada dalam kisaran suhu tubuh normal. Sensor merespons dengan sangat cepat (kurang dari 1 detik), dan pembacaan tidak terpengaruh oleh suhu lingkungan sekitar secara signifikan, sesuai dengan literatur tentang karakteristik sensor MLX90614.



Gambar 4.5 Pengujian MLX90614 Pada Kondisi Suhu Tubuh Normal, Dingin, dan Panas



Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu MLX90614 pada Kondisi Dingin dan Panas

No	Kondisi Pengujian	Nilai Suhu (°C)
1	Tangan menggenggam es batu	29.1
2	Tangan menggenggam es batu	21.5
3	Tangan menggenggam es batu	31.1
4	Tangan menggenggam es batu	28.4
5	Tangan dibalut kain basah air panas	33.6
6	Tangan dibalut kain basah air panas	33.9
7	Tangan dibalut kain basah air panas	34.8
8	Tangan dibalut kain basah air panas	32.3

Pengujian dilakukan untuk mengetahui respons sensor MLX90614 terhadap perubahan suhu ekstrem pada permukaan kulit. Dua kondisi digunakan:

- a) Kondisi Dingin : Tangan menggenggam es batu selama beberapa detik. Hasil pengukuran berkisar antara 21.5°C hingga 31.1°C, menunjukkan penurunan suhu signifikan.
- b) Kondisi Panas : Tangan dibalut kain basah yang telah direndam air panas. Hasil pengukuran menunjukkan rentang suhu antara 32.3°C hingga 34.8°C.

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dalam mendeteksi perubahan suhu tubuh secara akurat dan cepat, yang penting untuk kebutuhan sistem pemantauan kondisi pasien.

4.4.4 Tensimeter Digital Pergelangan Tangan

Tensimeter digunakan untuk membaca tekanan darah pasien. Pengujian dilakukan dengan mengenakan alat di pergelangan tangan dan menekan tombol **START**. Setelah ± 10 –15 detik, tensimeter menampilkan hasil tekanan darah, yang kemudian dibaca oleh sistem melalui jalur komunikasi data. Hasil pembacaan ditangkap secara otomatis oleh mikrokontroler dan diproses untuk menghasilkan

klasifikasi. Tensimeter bekerja sesuai dengan fungsinya dan memberikan data tekanan darah yang realistis berdasarkan skenario simulatif



Gambar 4.6 Tensimeter Digital Pergelangan Tangan

4.4.5 Pengujian LCD

LCD digunakan sebagai media tampilan utama dari seluruh hasil pengukuran dan klasifikasi kondisi pasien. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa semua informasi dapat ditampilkan secara utuh dan mudah dibaca oleh pengguna. Hasil menunjukkan bahwa :

- LCD dapat menampilkan empat baris informasi secara berurutan, mencakup detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah, serta hasil diagnosa pasien.
- Proses update data berlangsung cepat, dengan teks berganti secara otomatis setelah sensor selesai membaca. Tampilan berjalan stabil tanpa mengalami flicker atau kesalahan tampilan.



Gambar 4.7 Pengujian LCD

Push button yang sebelumnya direncanakan untuk memicu ulang proses klasifikasi tidak difungsikan dalam implementasi akhir. Sistem dirancang agar bekerja secara otomatis penuh, tanpa membutuhkan input dari tombol apa pun. Berdasarkan hasil uji, seluruh perangkat keras yang digunakan dalam sistem monitoring kondisi kesehatan pasien ini bekerja secara optimal dan stabil. Seluruh proses dilakukan secara **otomatis**, mulai dari pembacaan sensor hingga klasifikasi, tanpa memerlukan interaksi tombol dari pengguna.

- Komunikasi antara sensor dan mikrokontroler berjalan lancar
- Tampilan informasi pada LCD responsif dan terbaca dengan jelas
- Sistem telah sesuai dengan prinsip kerja real-time monitoring otomatis berbasis IoT

4.5 Data Hasil Pengukuran Tanda Vital Pasien dan Diagnosa Sistem Menggunakan Integrasi Sensor

Pengujian sistem dilakukan terhadap 30 pasien dari Klinik UMSU, yang terdiri dari kalangan dosen, mahasiswa, dan masyarakat umum. Setiap pasien diuji menggunakan alat yang telah dikembangkan, di mana seluruh parameter vital (detak jantung, suhu tubuh, dan tekanan darah) diukur secara simultan dalam satu sesi pengukuran. Sistem dirancang agar pengukuran dilakukan secara otomatis dan real-time setelah perangkat terhubung ke laptop melalui kabel USB Type-C dan koneksi WiFi aktif. Pasien meletakkan jari di atas sensor MAX30102 untuk mengukur detak jantung, sementara suhu tubuh diukur secara non-kontak menggunakan sensor MLX90614. Pengukuran tekanan darah dilakukan melalui tensimeter digital pergelangan tangan yang diaktifkan oleh pasien sendiri. Setelah ketiga parameter diperoleh, sistem menjalankan algoritma C4.5 untuk menentukan hasil klasifikasi kondisi pasien. Hasil tersebut ditampilkan pada LCD dan dikirim ke server web. Tabel berikut menunjukkan hasil pengukuran dan diagnosa dari sistem.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran

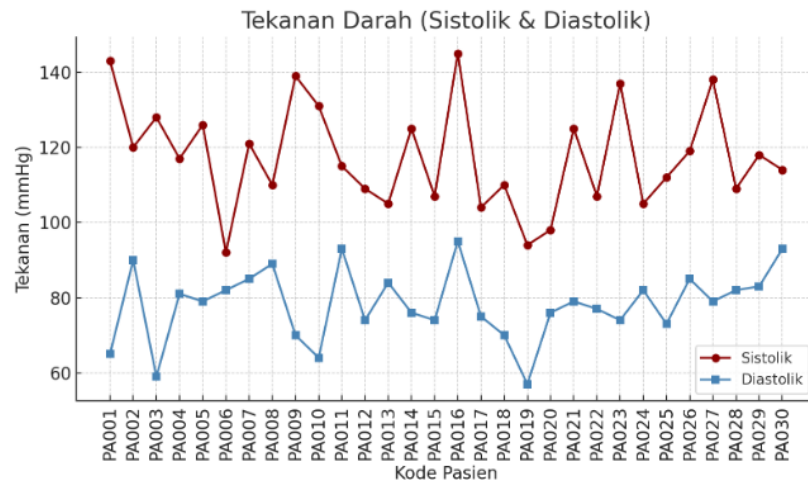
KODE PASIEN	Tekanan _Sistolik (mmHg)	Tekanan _Diastoli k (mmHg)	Detak_ Jantun g (bpm)	Suhu_Tubu h (°C)	Diagnosa
PA001	143	65	68	37	Hipertensi
PA002	120	90	93	37,2	Normal
PA003	128	59	92	37,1	Normal
PA004	117	81	58	37,3	Bradikardia
PA005	126	79	60	37,1	Normal
PA006	92	82	57	36,9	Bradikardia
PA007	121	85	100	36,5	Takikardia
PA008	110	89	79	35	Normal
PA009	139	80	77	36,6	Normal
PA010	131	64	84	36,3	Normal
PA011	115	93	66	36,4	Normal
PA012	109	74	75	35,8	Normal
PA013	105	87	63	37,3	Normal
PA014	128	77	85	35,7	Normal
PA015	109	86	66	37,1	Normal
PA016	145	79	82	36,7	Hipertensi
PA017	104	75	90	37,1	Normal
PA018	110	87	76	37,3	Normal
PA019	104	57	87	38	Demam
PA020	98	76	63	37,6	Demam
PA021	125	79	63	37,4	Normal
PA022	107	82	80	37,7	Demam
PA023	137	74	75	36,8	Normal
PA024	120	62	61	36,9	Normal
PA025	91	82	72	36,5	Normal

PA026	107	68	92	37	Normal
PA027	119	85	69	37,5	Demam
PA028	138	82	78	36,8	Normal
PA029	111	79	73	36,8	Normal
PA030	114	93	80	36,4	Normal

Berdasarkan Tabel 4.1, sistem berhasil mengukur dan mengklasifikasikan kondisi 30 pasien berdasarkan parameter vital yang diperoleh secara otomatis melalui sensor yang terintegrasi. Seluruh data ditampilkan dalam satu siklus pengukuran, tanpa perlu intervensi manual dari pengguna selain memulai proses. Dari total 30 pasien yang diuji :

- a) 21 pasien terdeteksi dalam kondisi normal, yaitu dengan detak jantung, suhu tubuh, dan tekanan darah dalam rentang fisiologis standar.
- b) 4 pasien mengalami demam, ditandai dengan suhu tubuh $\geq 37.5^{\circ}\text{C}$.
- c) 2 pasien diklasifikasikan sebagai hipertensi, yaitu tekanan darah sistolik ≥ 140 mmHg.
- d) 2 pasien mengalami bradikardia, yaitu detak jantung < 60 bpm.
- e) 1 pasien mengalami takikardia, yaitu detak jantung ≥ 100 bpm.

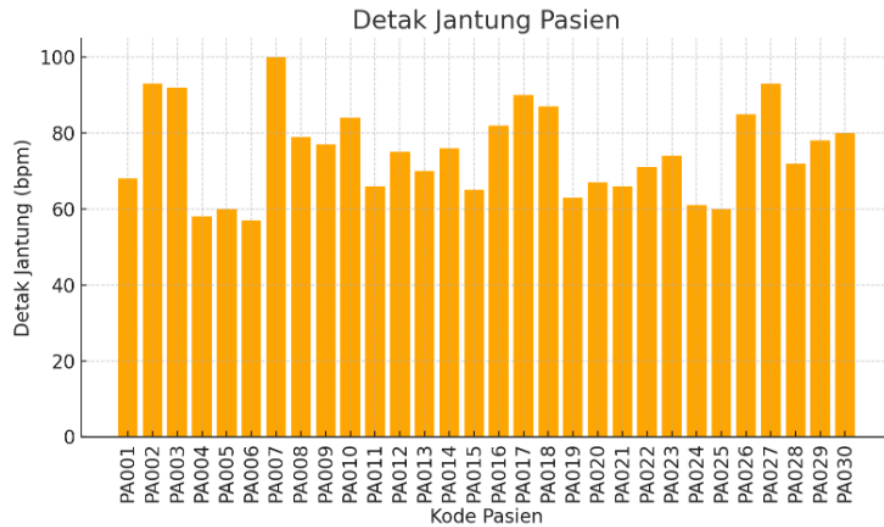
Sistem klasifikasi berbasis algoritma C4.5 mampu mengolah ketiga input vital tersebut dan memberikan diagnosa yang logis serta sesuai standar medis. Diagnosa ditampilkan secara real-time melalui LCD dan juga dikirimkan ke sistem web berbasis cloud untuk dicatat dan dianalisis lebih lanjut. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kapabilitas otomatisasi klasifikasi kondisi kesehatan yang cukup baik untuk kebutuhan awal skrining medis berbasis IoT.



Gambar 4.8 Grafik Tekanan Darah

Grafik ini menunjukkan perbandingan tekanan sistolik (garis merah) dan diastolik (garis biru) untuk tiap pasien.

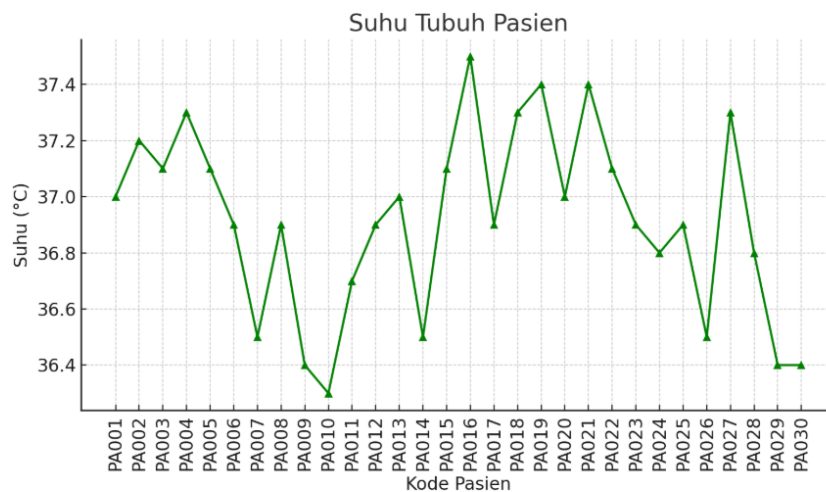
- Terlihat bahwa sebagian besar pasien memiliki tekanan sistolik antara 110–130 mmHg dan diastolik antara 70–90 mmHg, yang masih tergolong normal.
- Dua pasien (PA001 dan PA016) menunjukkan tekanan sistolik di atas 140 mmHg, masuk kategori hipertensi.
- Perbedaan antara sistolik dan diastolik (pulse pressure) cukup besar pada beberapa pasien, yang bisa menunjukkan risiko penyakit jantung jika disertai gejala.



Gambar 4.9 Grafik Detak Jantung

Grafik batang ini memperlihatkan detak jantung tiap pasien dalam satuan bpm (denyut per menit).

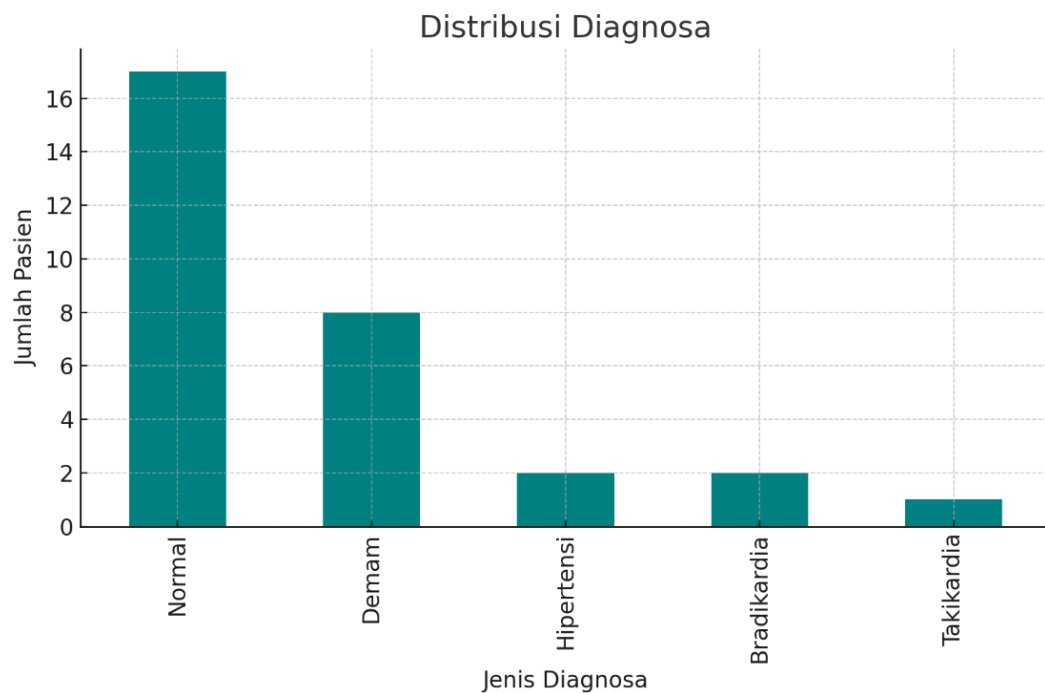
- Pasien dengan nilai sekitar 60–90 bpm menunjukkan detak jantung yang sehat.
- PA006 dan PA004 memiliki detak <60 bpm, tergolong bradikardia (lambat).
- PA007 mencatat nilai tepat 100 bpm, batas atas detak jantung normal — didiagnosis sebagai takikardia.



Gambar 4.10 Grafik Suhu Tubuh

Grafik ini menunjukkan fluktuasi suhu tubuh dari masing-masing pasien.

- a) Suhu tubuh sebagian besar berkisar antara $36,4^{\circ}\text{C}$ hingga $37,2^{\circ}\text{C}$.
- b) Beberapa pasien seperti PA019, PA020, PA022, dan PA027 menunjukkan suhu $\geq 37,3^{\circ}\text{C}$, masuk kategori demam ringan.
- c) Dua pasien menunjukkan suhu $< 36^{\circ}\text{C}$ (PA008 dan PA012), yang dapat menandakan hipotermia ringan, meski belum tergolong darurat.



Gambar 4.11 Grafik Distribusi Diagnosa

Grafik batang ini merangkum jumlah pasien untuk setiap jenis diagnosa.

- a) Mayoritas pasien (lebih dari separuh) dikategorikan Normal, artinya semua parameter vital mereka dalam rentang sehat.
- b) “Demam” menjadi kondisi kedua terbanyak, mencerminkan gangguan ringan yang bisa terkait infeksi.
- c) Kasus *Hipertensi*, *Bradikardia*, dan *Takikardia* muncul namun hanya sedikit. Menunjukkan variasi kardiovaskular yang layak dipantau, terutama bila disertai keluhan.

4.6 Implementasi Kode Program Mikrokontroler (Arduino IDE)

Pada penelitian ini, kode program alat dirancang dan ditulis menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, karena memiliki keunggulan dalam kecepatan pemrosesan, serta dilengkapi dengan modul WiFi bawaan yang memungkinkan perangkat terhubung langsung ke jaringan internet atau lokal. Program dimulai dengan inisialisasi seluruh perangkat keras yang terhubung, seperti sensor MAX30102 untuk pengukuran detak jantung, sensor MLX90614 untuk suhu tubuh secara non-kontak, dan modul pembacaan tekanan darah dari tensimeter digital pergelangan tangan. Selain itu, layar LCD 20x4 juga diaktifkan untuk menampilkan hasil akhir dari pengukuran dan klasifikasi. Setelah sistem dinyalakan dan terhubung ke jaringan WiFi melalui ESP32, ketiga sensor akan bekerja secara bersamaan dalam satu sesi pengukuran. Data dari masing-masing sensor dibaca, disimpan sementara, lalu diproses dengan logika klasifikasi yang ditulis secara manual berdasarkan pohon keputusan algoritma C4.5. Logika ini menentukan apakah pasien berada dalam kondisi normal, demam, takikardia, bradikardia, hipertensi, atau hipotensi, berdasarkan ambang batas medis yang telah ditetapkan.

Hasil klasifikasi kemudian ditampilkan pada LCD untuk dibaca langsung oleh pengguna. Selain itu, ESP32 secara otomatis mengirimkan seluruh data pengukuran ke server lokal menggunakan protokol HTTP POST, menuju file PHP yang dijalankan melalui XAMPP. Dengan demikian, hasil dari alat tidak hanya tampil secara lokal, tetapi juga tersimpan di server dan bisa dimonitor dari website. Program Arduino ini di-*upload* langsung ke ESP32 melalui kabel USB Type-C. Selama pengujian, sistem menunjukkan performa stabil, respon cepat, dan mampu bekerja dalam jaringan lokal tanpa hambatan berarti. Berikut adalah uraian program nya :

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <HTTPClient.h>
```

```
#include <WiFiClientSecure.h>
```

```
#include <ArduinoJson.h>
```

```

#include <Adafruit_Sensor.h>

#include "DFRobot_MAX30102.h"

#include <Adafruit_MLX90614.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

DFRobot_MAX30102 particleSensor;

Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

#define RXD2 16

#define TXD2 17

const char* ssid    = "LIZA CANTIK BANGETZZ";

const char* password = "Beliklamintaaja";

char buff[64];

bool b_read, b_discard;

char discard;

int i,j=0;

char final_buff[64];

int hexSys,hexDias,hexBPM;

float suhu_tubuh;

int diastolik,sistolik;

long int timer;

int32_t SPO2,oksigen; //SPO2

int8_t SPO2Valid; //Flag to display if SPO2 calculation is valid

int32_t heartRate,jantung; //Heart-rate

```

```

int8_t heartRateValid; //Flag to display if heart-rate calculation is valid

void judul() {

    lcd.setCursor(0,0); lcd.print("SENSOR TND VITAL");

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print(" BERBASIS IOT ");

}

void setup(){

    Serial.begin(9600);

    Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);

    Serial.println("Loading...");

    lcd.backlight(); lcd.init();

    judul(); delay(1000);

    if (!mlx.begin()) {

        Serial.println("Error connecting to MLX sensor. Check wiring.");

        //while (1);

    };

    Serial.print("Emissivity = "); Serial.println(mlx.readEmissivity());

    Serial.println("=====
");

    // Initialize sensor

    if (!particleSensor.begin()) {

        Serial.println("MAX30102 was not found");

        delay(1000);

    }

```

```

    particleSensor.sensorConfiguration(/*ledBrightness=*/50,
/*sampleAverage=*/SAMPLEAVG_4, \

        /*ledMode=*/MODE_MULTILED,
/*sampleRate=*/SAMPLERATE_100, \

        /*pulseWidth=*/PULSEWIDTH_411,
/*adcRange=*/ADCRANGE_16384);

    lcd.setCursor(0,0); lcd.print("SENSOR TND VITAL");

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Connect to WiFi.");

    WiFi.mode(WIFI_STA);

    WiFi.begin(ssid, password);

    Serial.println("");

    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

        Serial.print(".");

        delay(50);

    }

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("WiFi Connected.!");

    Serial.println("");

    Serial.print("Connected to "); Serial.println(ssid);

    Serial.print("IP address: "); Serial.println(WiFi.localIP());

    delay(2000); lcd.clear();

}

//=====          PROGRAM          UTAMA
=====

void loop(){

```

```

particleSensor.heartRateAndOxygenSaturation(**SPO2=*/&SPO2,
/**SPO2Valid=*/&SPO2Valid,                /**heartRate=*/&heartRate,
/**heartRateValid=*/&heartRateValid);

Serial.print(F("heartRate="));

Serial.print(heartRate, DEC);

Serial.print(F(", heartRateValid="));

Serial.print(heartRateValid, DEC);

Serial.print(F("; SPO2="));

Serial.print(SPO2, DEC);

Serial.print(F(", SPO2Valid="));

Serial.println(SPO2Valid, DEC);

if(heartRateValid) jantung=heartRate;

if(SPO2Valid) oksigen=SPO2;

while (Serial2.available()) {

    if (b_read==0) {

        buff[0]=Serial2.read();

        if (buff[0]=='e') {

            buff[1]=Serial2.read();

            if (buff[1]=='r') {

                buff[2]=Serial2.read();

                if (buff[2]=='r') {

                    buff[3]=Serial2.read();

                    if (buff[3]==':') {

                        buff[4]=Serial2.read();

```



```
        b_discard=1;

    }

}

delay(2);

}

if (final_buff[0]>'9') {

    hexSys=(final_buff[0]-'7')*16;

} else {

    hexSys=(final_buff[0]-'0')*16;

}

if (final_buff[1]>'9') {

    hexSys+=(final_buff[1]-'7');

} else {

    hexSys+=(final_buff[1]-'0');

}

if (final_buff[3]>'9') {

    hexDias=(final_buff[3]-'7')*16;

} else {

    hexDias=(final_buff[3]-'0')*16;

}

if (final_buff[4]>'9') {
```

```

    hexDias+=(final_buff[4]-'7');

} else {

    hexDias+=(final_buff[4]-'0');

}

if (final_buff[9]>'9') {

    hexBPM=(final_buff[9]-'7')*16;

} else {

    hexBPM=(final_buff[9]-'0')*16;

}

if (final_buff[10]>'9') {

    hexBPM+=(final_buff[10]-'7');

} else {

    hexBPM+=(final_buff[10]-'0');

}

Serial.print("Sys:"); Serial.print(hexSys);

Serial.print(", Dias:"); Serial.print(hexDias);

Serial.print(", BPM:"); Serial.println(hexBPM);

sistolik=hexSys;

diastolik=hexDias;

suhu_tubuh=mlx.readObjectTempC();

Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());

Serial.print("*C\tObject = "); Serial.print(suhu_tubuh,1); Serial.println("*C");

Serial.println();

```

```

if(sistolik<5) {

    sistolik=0;

    diastolik=0;

    hexBPM=0;

}

//===== TAMPILKAN DATA DI LCD =====

lcd.setCursor(0,0); lcd.print(jantung); lcd.print("bpm,");

lcd.print(oksigen); lcd.print(",");

lcd.print(suhu_tubuh,1); lcd.write(0xdf); lcd.print("C ");

lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Tensi:");

lcd.print(sistolik); lcd.print(",");

lcd.print(diastolik); lcd.print(",");

lcd.print(hexBPM); lcd.print(" ");

long newTimer = millis();

if(newTimer - timer >= 10000){

    if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){

        WiFiClientSecure *client = new WiFiClientSecure;

        client->setInsecure(); //don't use SSL certificate

        HTTPClient https;

        String Send_Data_URL;

        Send_Data_URL =

"http://192.168.218.243/app_lizza/Pendeteksi%20Tanda%20Vital/api/api.php?";

        Send_Data_URL += "api_key=03f7f7198958ffbda01db956d15f134a";

```

```

    //Send_Data_URL += "&out_1=120,80&out_2=88&out_3=36.6";    //
    Out3=Suhu Tubuh

    Send_Data_URL += "&out_1=" + String(sistolik) + "," + String(diastolik); //
    Out1=Tekanan Darah Sistolik

    Send_Data_URL += "&out_2=" + String(hexBPM); // Out2=Detak Jantung

    Send_Data_URL += "&out_3=" + String(suhu_tubuh); // Out3=Suhu Tubuh

    Serial.println(Send_Data_URL);

    https.begin(Send_Data_URL.c_str()); //Send_Data_URL.c_str()

    https.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);

    int httpCode = https.GET();

    Serial.print("HTTP Status Code : ");

    Serial.println(httpCode);

    if(httpCode > 0) {

        Serial.printf("[HTTP] GET... code: %d\n", httpCode);

        if(httpCode == HTTP_CODE_OK) {

            String payload = https.getString();

            Serial.println(payload);

        }

        else {

            String payload = https.getString();

            Serial.println(payload);

        }

    } else {

```

```

        Serial.printf("[HTTP] GET... failed, error: %s\n",
https.errorToString(httpCode).c_str());

        String payload = https.getString();

        Serial.println(payload);

    }

    https.end();

}

else {

    Serial.println("WiFi Disconnected");

}

timer = millis();

}

delay(1000);

}

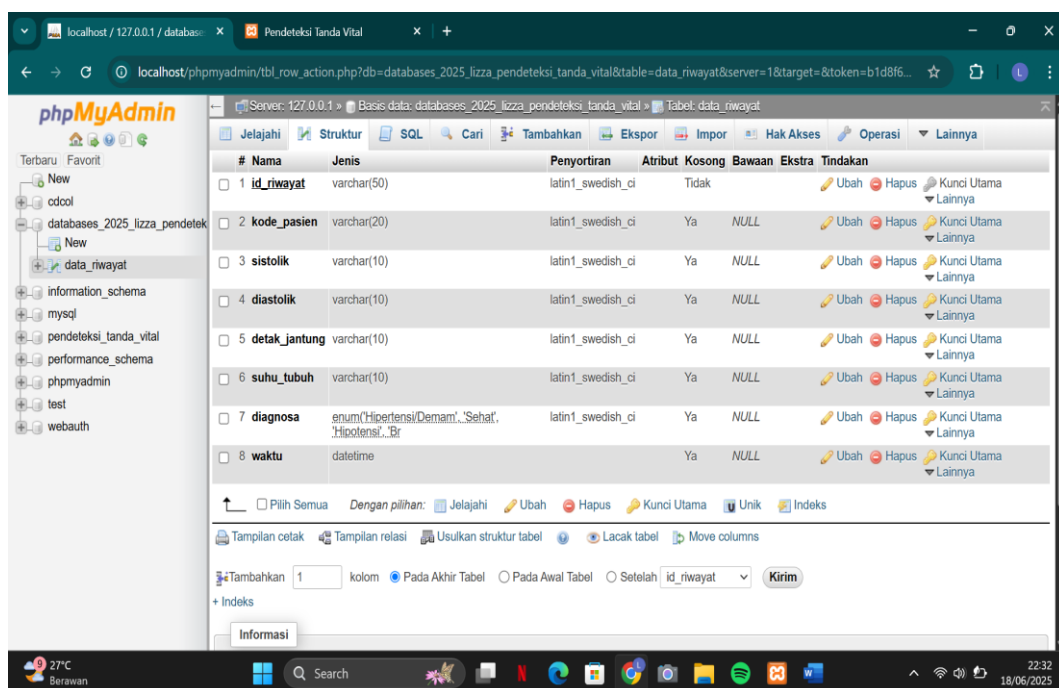
//=====
=====

```

4.7 Implementasi Sistem Web (PHP, MySQL, dan XAMPP)

Sistem web dalam penelitian ini dirancang sebagai dashboard monitoring yang menampilkan hasil pengukuran pasien secara online dan real-time. Website dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP sebagai back-end, serta MySQL sebagai sistem manajemen database, dan dijalankan melalui aplikasi XAMPP sebagai server lokal. Saat alat selesai melakukan pengukuran, ESP32 akan mengirimkan data ke alamat lokal, yaitu file **input.php**, melalui metode POST. File PHP tersebut akan menangani data yang diterima dan menyimpannya secara otomatis ke dalam database MySQL. Database ini menyimpan informasi penting seperti ID pasien, detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah sistolik dan diastolik, hasil diagnosa, serta waktu pengukuran.

Selanjutnya, halaman utama website menampilkan seluruh data yang tersimpan dalam bentuk tabel HTML, yang memudahkan pihak medis untuk melakukan pemantauan dan pencatatan data pasien secara digital. Karena sistem ini berbasis lokal (localhost), maka hanya dapat diakses dalam jaringan yang sama. Namun demikian, arsitektur sistem sudah dapat dikembangkan menjadi berbasis cloud untuk implementasi yang lebih luas. Penggunaan phpMyAdmin dalam XAMPP membantu mempermudah pengelolaan database secara visual, sementara semua interaksi antara alat dan sistem web berjalan otomatis tanpa perlu intervensi manual dari pengguna. Berikut ini adalah tampilan kode SQL yang telah dibuat :



#	Nama	Jenis	Penyortiran	Atribut Kosong	Bawaan	Ekstra	Tindakan
1	id_riwayat	varchar(50)	latin1_swedish_ci	Tidak			Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
2	kode_pasien	varchar(20)	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
3	sistolik	varchar(10)	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
4	diastolik	varchar(10)	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
5	detak_jantung	varchar(10)	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
6	suhu_tubuh	varchar(10)	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
7	diagnosa	enum('Hipertensi', 'Demam', 'Sehat', 'Hipotensi', 'Br')	latin1_swedish_ci	Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya
8	waktu	datetime		Ya	NULL		Ubah Hapus Kunci Utama Lainnya

Gambar 4.12 Struktur Tabel MySQL

Pada sistem ini, penyimpanan data pengukuran tanda vital pasien dilakukan menggunakan basis data MySQL, yang diimplementasikan melalui platform **phpMyAdmin**. Tabel utama yang digunakan adalah `data_riwayat`, yang berfungsi untuk merekam seluruh data hasil pengukuran secara otomatis dari alat IoT yang telah dikembangkan. Tabel `data_riwayat` memiliki struktur kolom sebagai berikut :

- a) **id_riwayat** (VARCHAR(50)) : Merupakan kunci utama yang digunakan untuk mengidentifikasi setiap riwayat pengukuran. Nilainya bersifat unik dan dibentuk secara otomatis berdasarkan format waktu.

- b) **kode_pasien** (VARCHAR(20)) : Kolom ini menyimpan kode identitas pasien yang bersifat unik untuk setiap individu.
- c) **sistolik dan diastolik** (VARCHAR(10)) : Masing-masing menyimpan nilai tekanan darah sistolik dan diastolik dalam satuan mmHg. Meski disimpan dalam format teks (varchar), nilai ini sebenarnya merupakan bilangan dan dapat diolah dalam bentuk numerik untuk analisis.
- d) **detak_jantung** (VARCHAR(10)) : Menyimpan nilai denyut jantung pasien dalam satuan bpm (beats per minute).
- e) **suhu_tubuh** (VARCHAR(10)) : Menyimpan hasil pembacaan suhu tubuh dalam derajat Celsius (°C) dari sensor MLX90614.
- f) **diagnosa** (ENUM) : Kolom ini menyimpan hasil klasifikasi kondisi pasien berdasarkan algoritma C4.5. Nilai yang dapat disimpan berupa *enum* seperti Sehat, Hipertensi, Demam, Bradikardia, Takikardia, dll.
- g) **waktu** (DATETIME) : Kolom ini menyimpan waktu dan tanggal saat pengukuran dilakukan, untuk keperluan pencatatan riwayat medis.

Struktur ini memungkinkan sistem untuk :

- a) Menyimpan data secara real-time langsung dari mikrokontroler ESP32.
- b) Menyediakan histori pengukuran yang bisa ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik pada antarmuka web.
- c) Memungkinkan fungsi pencarian data, filter berdasarkan pasien atau tanggal, serta klasifikasi hasil pengukuran untuk mendukung pengambilan keputusan oleh tenaga medis.

Struktur ini cukup fleksibel dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan relasi ke tabel `akun_pengguna`, `profil_pasien`, atau `rekam_medis` untuk memperluas sistem ke skala klinik atau rumah sakit.

	id_riwayat	kode_pasien	sistolik	diastolik	detak_jantung	suhu_tubuh	diagnosa	waktu
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250506085716586	PA001	143	65	68	37	Hipertensi/Demam	2025-05-06 08:57:16
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250506090604107	PA002	120	90	93	37.2	Sehat	2025-05-06 09:06:04
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250507084438131	PA003	128	59	92	37.1	Sehat	2025-05-07 08:44:40
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250507084438886	PA004	117	81	58	37.3	Bradikardia	2025-05-07 08:44:39
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250507084736642	PA005	126	79	60	37.1	Sehat	2025-05-07 08:47:36
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250507085537725	PA006	92	82	57	36.9	Bradikardia	2025-05-07 08:55:37
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250507090029703	PA007	121	85	100	36.5	Takikardia	2025-05-07 09:00:30
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250509141819538	PA008	110	89	79	35	Sehat	2025-05-09 14:18:19
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250509143751567	PA009	139	80	77	36.6	Sehat	2025-05-09 14:37:51
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250509144148587	PA010	131	64	84	36.3	Sehat	2025-05-09 14:41:48
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510120526139	PA011	115	93	66	36.4	Sehat	2025-05-10 12:05:26
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510120822708	PA012	109	74	75	35.8	Sehat	2025-05-10 12:08:22
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510121236816	PA013	105	87	63	37.3	Sehat	2025-05-10 12:12:36
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510131132404	PA014	128	77	85	35.7	Sehat	2025-05-10 13:11:32
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510131554788	PA015	109	86	66	37.1	Sehat	2025-05-10 13:15:54
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250510135158505	PA016	145	79	82	36.7	Hipertensi/Demam	2025-05-10 13:51:58
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	RIW20250518080101111	PA017	104	75	90	37.1	Sehat	2025-05-18 08:01:00

Gambar 4.13 Tampilan Data Riwayat Pengukuran Tanda Vital

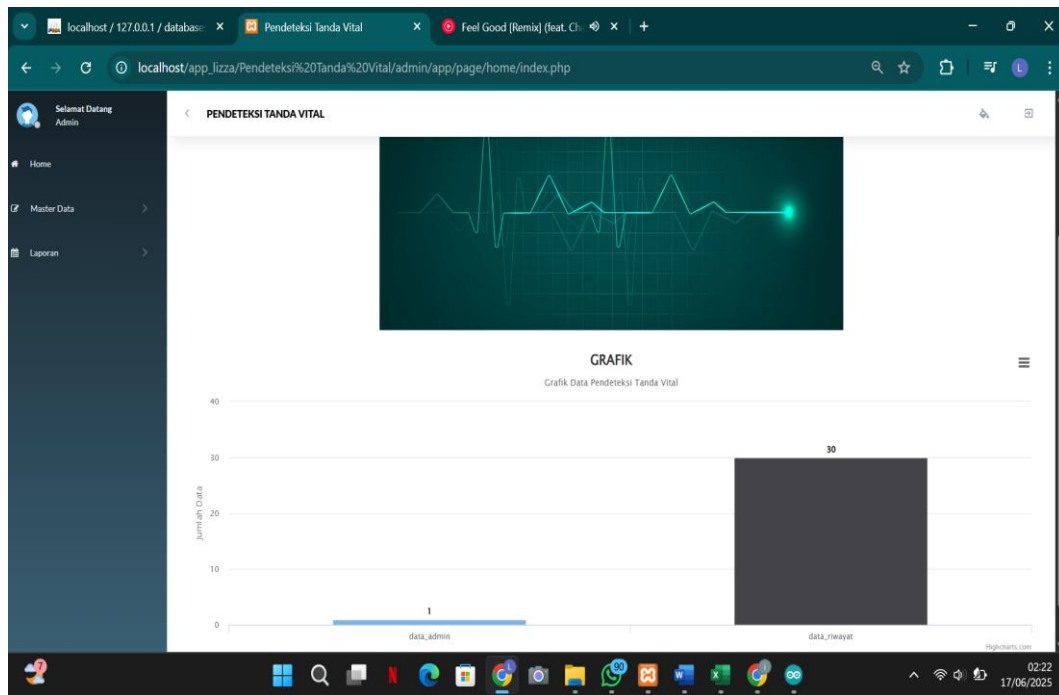
Gambar berikut menunjukkan data hasil pengukuran yang telah tersimpan secara otomatis ke dalam basis data MySQL setelah proses monitoring dilakukan oleh sistem. Data tersebut ditampilkan melalui antarmuka phpMyAdmin dalam tabel data_riwayat. Setiap baris dalam tabel ini merepresentasikan satu sesi pengukuran tanda vital dari pasien, yang mencakup :

- id_riwayat** : ID unik dari pengukuran yang dihasilkan otomatis berdasarkan tanggal dan waktu.
- kode_pasien** : Kode identifikasi pasien.
- sistolik dan diastolic** : Hasil pembacaan tekanan darah.
- detak_jantung** : Denyut jantung pasien (bpm).
- suhu_tubuh** : Hasil pembacaan suhu tubuh dari sensor MLX90614.
- Diagnosa** : Hasil klasifikasi dari algoritma C4.5 berdasarkan parameter vital yang masuk.
- Waktu** : Waktu dan tanggal saat data diukur dan disimpan.

Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa sistem mampu menyimpan informasi secara real-time dengan nilai parameter yang berbeda-beda berdasarkan kondisi masing-masing pasien. Diagnosa seperti *Hipertensi*, *Bradikardia*, *Takikardia*, dan

Sehat dihasilkan secara otomatis, yang menunjukkan bahwa algoritma klasifikasi telah bekerja sesuai dengan aturan pohon keputusan. Tampilan ini juga menjadi bukti bahwa sistem dapat digunakan sebagai alat bantu pencatatan dan pelaporan kondisi pasien secara digital, terstruktur, dan efisien.

4.8 Tampilan Output Website dan Integrasi IoT



Gambar 4.14 Dashboard Monitoring Tanda Vital

Halaman utama dari sistem ini berfungsi sebagai dashboard awal yang menampilkan gambaran umum dari jumlah data yang telah direkam dan disimpan dalam sistem. Tampilan ini merupakan bagian penting dalam sistem monitoring IoT karena memberikan informasi visual yang cepat, ringkas, dan mudah dipahami oleh pengguna (dalam hal ini admin atau tenaga medis). Dashboard ini dibangun menggunakan kombinasi teknologi frontend seperti HTML, CSS, dan JavaScript, serta menggunakan Highcharts.js untuk visualisasi grafik data secara interaktif. Data yang ditampilkan diambil langsung dari database MySQL melalui proses query dan disajikan dalam bentuk grafik batang (bar chart). Dengan tampilan ini, admin atau pengguna sistem dapat secara langsung mengetahui kondisi status data terkini dalam sistem tanpa perlu membuka tabel atau laporan secara manual.

Integrasi antara perangkat keras (alat pengukur tanda vital) dan antarmuka web berbasis data telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Hal ini mendukung konsep monitoring kesehatan berbasis IoT yang efisien, cepat, dan terukur.

ACTION	NO	KODE PASIEN	TEKANAN DARAH (SISTOLIK)	TEKANAN DARAH (DIASTOLIK)	DEKAT JANTUNG (BPM)	SUHU TUBUH (CELSIUS)	DIAGNOSA	WAKTU
Detail Hapus	1	PA001	143	65	68	37	Hipertensi/Demam	06 Mei 2025 08:57:16
Detail Hapus	2	PA002	120	90	93	37.2	Sehat	06 Mei 2025 09:06:04
Detail Hapus	3	PA003	128	59	92	37.1	Sehat	07 Mei 2025 08:44:40
Detail Hapus	4	PA004	117	81	58	37.3	Bradikardia	07 Mei 2025 08:44:39
Detail Hapus	5	PA005	126	79	60	37.1	Sehat	07 Mei 2025 08:47:36
Detail Hapus	6	PA006	92	82	57	36.9	Bradikardia	07 Mei 2025 08:55:37
Detail Hapus	7	PA007	121	85	100	36.5	Takikardia	07 Mei 2025 09:00:30
Detail Hapus	8	PA008	110	89	79	35	Sehat	09 Mei 2025 14:18:19
Detail Hapus	9	PA009	139	80	77	36.6	Sehat	09 Mei 2025 14:37:51

Gambar 4.15 Halaman Riwayat Pemeriksaan Tanda Vital

Tampilan halaman web yang digunakan dalam sistem ini merupakan antarmuka utama untuk menampilkan hasil pendeteksian tanda vital pasien secara otomatis. Website ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP di sisi server, dengan MySQL sebagai basis data utama, serta menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript untuk tampilan antarmukanya. Framework visual seperti Bootstrap juga dimanfaatkan untuk menghasilkan tampilan yang responsif dan user-friendly. Tampilan ini dapat diakses oleh admin (tenaga medis) melalui perangkat apa pun yang terhubung ke jaringan lokal, baik komputer maupun smartphone.

Sistem ini memungkinkan pemantauan kesehatan pasien secara **real-time** tanpa harus melakukan pengukuran manual, karena data akan masuk secara otomatis dari perangkat IoT yang terhubung. Setelah alat pendeteksi (berbasis ESP32) membaca data dari sensor, data tersebut dikirim melalui koneksi WiFi menggunakan protokol HTTP POST ke server lokal. Server ini telah dibekali

endpoint PHP yang menangkap dan menyimpan data ke dalam tabel data_riwayat di basis data. Dengan mekanisme ini, setiap kali alat melakukan pengukuran, data langsung tampil secara otomatis dan real-time di halaman riwayat pemeriksaan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem monitoring dan pendeteksi kondisi kesehatan pasien berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan beberapa sensor tanda vital ke dalam satu alat. Sistem ini mampu mengukur tekanan darah (sistolik dan diastolik), detak jantung (bpm), dan suhu tubuh ($^{\circ}\text{C}$) secara otomatis melalui sensor-sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32.
2. Data hasil pengukuran dari alat dikirim secara nirkabel (Wi-Fi) ke server lokal dan ditampilkan secara real-time pada website monitoring. Website ini menampilkan data dalam bentuk tabel riwayat dan grafik statistik, serta menyediakan fungsi pendukung seperti pencarian data, detail data pasien, dan penghapusan entri. Dengan demikian, sistem ini mendukung proses pemantauan kondisi pasien secara efisien dan tanpa intervensi manual.
3. Implementasi algoritma C4.5 dalam sistem ini berhasil melakukan diagnosa secara otomatis terhadap kondisi pasien berdasarkan parameter tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh. Hasil klasifikasi dapat berupa kategori seperti *Normal*, *Hipertensi*, *Bradikardia*, *Takikardia*, *Demam*, dan gabungan kondisi tersebut. Algoritma C4.5 terbukti dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan keputusan berdasarkan data yang masuk.
4. Uji coba sistem menggunakan 30 data sampel pasien menunjukkan bahwa sistem berjalan stabil, respon cepat, dan menghasilkan diagnosa yang relevan berdasarkan kondisi vital yang terbaca. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat digunakan sebagai alat bantu monitoring medis yang potensial, terutama untuk lingkungan klinik, puskesmas, atau tempat rawat inap dengan kebutuhan pengawasan berkelanjutan.

5. Dari sisi teknis, sistem berhasil menunjukkan penerapan nyata dari konsep IoT (Internet of Things) dalam bidang kesehatan, dengan integrasi antara perangkat keras (hardware), pengolahan data (data processing), dan tampilan antarmuka pengguna (user interface) berbasis web. Sistem ini juga mendemonstrasikan bagaimana teknologi dapat digunakan untuk mendukung keputusan medis secara cepat dan akurat.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang, yaitu :

1. Sistem dapat dikembangkan untuk mengakses dan menyimpan data ke server berbasis cloud, sehingga data tidak hanya tersimpan secara lokal, tetapi dapat diakses secara global dari berbagai perangkat dengan hak akses yang sesuai.
2. Penambahan fitur notifikasi otomatis yang dapat membantu memberikan peringatan langsung kepada tenaga medis jika ada pasien yang terdeteksi mengalami kondisi kritis.
3. Sistem dapat diperluas untuk mencakup lebih banyak parameter kesehatan, tidak hanya tekanan darah, detak jantung dan suhu tubuh.
4. Dari sisi web antarmuka, dapat ditambahkan fitur manajemen akun multi-user, agar sistem dapat digunakan secara bersamaan oleh banyak petugas medis dengan peran yang berbeda (admin, dokter, analis).
5. Untuk mendukung akurasi sistem secara menyeluruh, perlu dilakukan pengujian lapangan yang lebih luas.
6. Rentang usia pasien yang menjadi subjek penelitian adalah antara 18 hingga 65 tahun. Artinya, sistem saat ini masih terbatas pada populasi usia dewasa hingga lansia awal. Oleh karena itu, ke depannya, sistem perlu dikembangkan agar mampu mengklasifikasikan data dan menghasilkan diagnosis yang relevan bagi kelompok usia yang lebih bervariasi, termasuk anak-anak dan lansia lanjut, dengan mempertimbangkan perbedaan fisiologis pada tiap kelompok usia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adar BakhshBaloch, Q. (2017). No 11 Analysis of the covariance structure of health-related indicators in elderly people living at home, with a focus on subjective sense of health. *Title*. 11(1), 92-105. <https://doi.org/10.1136/bmj.j3310>
- Almaadawy, O., Uretsky, B. F., Krittanawong, C., & Birnbaum, Y. (2024). Target Heart Rate Formulas for Exercise Stress Testing: What Is the Evidence? *Journal of Clinical Medicine*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/jcm13185562>
- Benjamin, E. J., Virani, S. S., Callaway, C. W., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., Chiuve, S. E., Cushman, M., Delling, F. N., Deo, R., De Ferranti, S. D., Ferguson, J. F., Fornage, M., Gillespie, C., Isasi, C. R., Jiménez, M. C., Jordan, L. C., Judd, S. E., Lackland, D., ... Muntner, P. (2018). Heart disease and stroke statistics - 2018 update: A report from the American Heart Association. In *Circulation* (Vol. 137, Issue 12). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000558>
- Chauhan, H., & Chauhan, A. (2013). Implementation of decision tree algorithm c4.5. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(10), 4–6. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Implementation+of+decision+tree+algorithm+c4.5#0>
- Islam, M. (2023). The role of the Internet of Things in healthcare transformation. *Journal of Healthcare Informatics*, 19(2), 85-97. <https://scholar.google.com/scholar?q=The+Role+of+The+Internet+of+Things+in+Healthcare+Transformation>
- Khera, A. V., Emdin, C. A., Drake, I., Natarajan, P., Bick, A. G., Cook, N. R., Chasman, D. I., Baber, U., Mehran, R., Rader, D. J., Fuster, V., Boerwinkle, E., Melander, O., Orho-Melander, M., Ridker, P. M., & Kathiresan, S. (2016). Genetic Risk, Adherence to a Healthy Lifestyle, and Coronary Disease. *New England Journal of Medicine*, 375(24), 2349–2358. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1605086>

- Lee, S. J., Xu, Z., Li, T., & Yang, Y. (2018). A novel bagging C4.5 algorithm based on wrapper feature selection for supporting wise clinical decision making. *Journal of Biomedical Informatics*, 78, 144–155.
<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.11.005>
- McClelland, R. L., Jorgensen, N. W., Budoff, M., Blaha, M. J., Post, W. S., Kronmal, R. A., Bild, D. E., Shea, S., Liu, K., Watson, K. E., Folsom, A. R., Khera, A., Ayers, C., Mahabadi, A. A., Lehmann, N., Jöckel, K. H., Moebus, S., Carr, J. J., Erbel, R., & Burke, G. L. (2015). 10-Year Coronary Heart Disease Risk Prediction Using Coronary Artery Calcium and Traditional Risk Factors Derivation in the MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) with Validation in the HNR (Heinz Nixdorf Recall) Study and the DHS (Dallas Heart Stud. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(15), 1643–1653. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.035>
- Naresh, V. S., & Pericherla, S. S. (2020). Internet of Things in Healthcare: Architecture, Applications, Challenges, and Solutions. *Systems Science & Engineering*, 12(3), 112-127.
<https://pdfs.semanticscholar.org/e1c8/de3b073e68d112351be94e326e82731d4f01.pdf>
- Nazir, F., Ahmad, R., & Patel, K. (2019). Internet of Things for healthcare using mobile computing. *International Journal of IoT Applications*, 7(1), 22-35.
<https://scholar.google.com/scholar?q=Internet+of+Things+for+Healthcare+using+Mobile+Computing>
- Prafanto, D., Rahman, S., & Widodo, B. (2023). Air pollution assessment of Samarinda using the C4.5 algorithm. *Environmental Science and Data Analytics*, 14(1), 110-125.
<https://scholar.google.com/scholar?q=Air+Pollution+Assessment+of+Samarinda+Using+the+C4.5+Algorithm>
- Qadri, A., Kumar, P., & Singh, D. (2020). The future of healthcare Internet of Things: A survey of emerging technologies. *Health Informatics Review*, 10(2), 45-63.

<https://scholar.google.com/scholar?q=The+Future+of+Healthcare+Internet+of+Things:+A+Survey+of+Emerging+Technologies>

Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., Barengo, N. C., Beaton, A., Benjamin, E. J., Benziger, C. P., Bonny, A., Brauer, M., Brodmann, M., Cahill, T. J., Carapetis, J. R., Catapano, A. L., Chugh, S., Cooper, L. T., Coresh, J., ... Fuster, V. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982–3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>

Radwan, A., Smith, J., & Lee, T. (2021). The growth of Internet of Things (IoT) in healthcare. *IoT and Smart Health Journal*, 12(4), 150-163.
[https://scholar.google.com/scholar?q=The+Growth+of+Internet+of+Things+\(IoT\)+in+Healthcare](https://scholar.google.com/scholar?q=The+Growth+of+Internet+of+Things+(IoT)+in+Healthcare)

Ren, W. (2020). The design of an intelligent teaching system in universities based on IoT and virtual reality technology. *Educational Technology Review*, 15(2), 88-103.
<https://scholar.google.com/scholar?q=The+Design+of+Intelligent+Teaching+System+in+Universities+Based+on+IoT+and+Virtual+Reality+Technology>

Selvaraju, V., Spicher, N., Wang, J., Ganapathy, N., Warnecke, J. M., Leonhardt, S., Swaminathan, R., & Deserno, T. M. (2022). Continuous Monitoring of Vital Signs Using Cameras: A Systematic Review. *Sensors*, 22(11). <https://doi.org/10.3390/s22114097>

Solehman, R., & Azmi, K. (2019). Web-based flood warning system using decision tree method. *Environmental Monitoring and Control Journal*, 8(1), 55-72.
<https://scholar.google.com/scholar?q=Web-based+flood+warning+system+using+decision+tree+method>

Virani, S. S., Alonso, A., Aparicio, H. J., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M., Cheng, S., Delling, F. N., Elkind, M. S. V., Evenson, K. R., Ferguson, J. F., Gupta, D. K., Khan, S. S., Kissela, B. M., Knutson, K. L., Lee, C. D., Lewis, T. T., ... Tsao, C. W.

(2021). Heart Disease and Stroke Statistics - 2021 Update: A Report From the American Heart Association. In *Circulation* (Vol. 143, Issue 8). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000950>

Wong, C. K., & Jaafar, M. J. (2021). Bradycardia, renal failure, atrioventricular nodal blockade, shock, and hyperkalemia: An important syndrome to recognize. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 21(2), 86–89. <https://doi.org/10.4103/2452-2473.309138>

World Health Organization. (2023). *EB154/21 Social determinants of health Progress of the World Report on Social Determinants of Health Equity. December 2023*, 1–7.

Wu, J. Y., Wang, Y., Ching, C. T. S., Wang, H. M. D., & Liao, L. De. (2023). IoT-based wearable health monitoring device and its validation for potential critical and emergency applications. *Frontiers in Public Health*, 11(June), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1188304>

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1**repository.umsu.ac.id**

Internet Source

2%**2****Submitted to Telkom University**

Student Paper

1%**3****foristek.fatek.untad.ac.id**

Internet Source

1%**4****Submitted to Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara**

Student Paper

1%**5****sistemasi.ftik.unisi.ac.id**

Internet Source

<1%**6****digilib.unimed.ac.id**

Internet Source

<1%**7****text-id.123dok.com**

Internet Source

<1%**8****dspace.iiuc.ac.bd:8080**

Internet Source

<1%**9****forum.arduino.cc**

Internet Source

<1%**10****repository.uinsu.ac.id**

Internet Source

<1%**11****www.scribd.com**

Internet Source

<1%

12	repository.dinamika.ac.id Internet Source	<1 %
13	embeddedlab.ir Internet Source	<1 %
14	id.123dok.com Internet Source	<1 %
15	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
16	Zelvi Gustiana. "PERFORMANCE EVALUATION ALGORITMA C 4.5 PADA KLASIFIKASI DATA", Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi, 2024 Publication	<1 %
17	doku.pub Internet Source	<1 %
18	Sugiyanti, Muhammad Fauzi Firdaus. "ANALISIS DATA MINING DALAM PREDIKSI PEMILIHAN JURUSAN PADA SMA MANGGALA MENGGUNAKAN ALGORITMA C 4.5", Jurnal Manajemen Informatika dan Sistem Informasi, 2025 Publication	<1 %
19	repository.metrouniv.ac.id Internet Source	<1 %
20	www.repository.stiegici.ac.id Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Pendidikan Ganesha Student Paper	<1 %
22	Vinsensius Reinard, Hugeng Hugeng, Hadian Satria Utama. "Perancangan Sistem Pemantauan Sensor Pada Programmable	<1 %

Logic Controller Mesin Produksi Berbasis
Internet Of Things", INTRO : Journal
Informatika dan Teknik Elektro, 2023

Publication

23	docplayer.info Internet Source	<1 %
24	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
25	eprints.pancabudi.ac.id Internet Source	<1 %
26	www.liputan6.com Internet Source	<1 %
27	Submitted to International Islamic University Malaysia Student Paper	<1 %
28	Submitted to Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Student Paper	<1 %
29	Winky Kurniawan, Muhammad Anwar. "Smart Water Quality Measurement System Berbasis IoT untuk Peningkatan Efektivitas Pemantauan Kualitas Sumber Air", MASALIQ, 2025 Publication	<1 %
30	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	<1 %
31	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
32	www.thinkbi.de Internet Source	<1 %

33 Veren Nita Permatasari, Raisah Fajri Aula, Yuma Akbar, Aditya Zakaria Hidayat. "Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Terhadap Pengguna Jasa Layanan Grab Menggunakan Metode C4.5", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024
Publication

34 123dok.com
Internet Source

35 Submitted to Universitas Muhammadiyah Palembang
Student Paper

36 Submitted to Fakultas Teknik
Student Paper

37 Tira Margaret, Putra Sanjaya Kaharap, Muhammad Rafliansyah, Muhammad Bayu Saputra, Muhammad Gazali Noor, Nor Anisa. "SISTEM PEMANTAUAN TEMPERATUR SUHU RANCANGAN INTERNET OF THINGS", KOMNET : Jurnal Komputer, Jaringan dan Internet, 2025
Publication

38 eprints.unsri.ac.id
Internet Source

39 es.scribd.com
Internet Source

40 geograf.id
Internet Source

41 www.honestdocs.id
Internet Source

42 adoc.pub
Internet Source

<1 %

43 repository.unej.ac.id
Internet Source

<1 %

44 Bagas Diki Saputra, Alfi Zuhriya Khoirunnisaa.
"Klasifikasi Penggunaan Listrik Rumah Tangga
Menggunakan Metode Algoritma C4.5,
Random Forest, Dan SVM pada PT. PLN ULP
Benjeng", Innovative: Journal Of Social Science
Research, 2025
Publication

<1 %

45 pastebin.com
Internet Source

<1 %

46 ejournal.unisbablitar.ac.id
Internet Source

<1 %

47 semnas.itl.ac.id
Internet Source

<1 %

48 Submitted to Notre Dame of Marbel
University
Student Paper

<1 %

49 www.coursehero.com
Internet Source

<1 %

50 Fahreza Adams Lazuardy, Ahmad Homaidi,
Ahmad Lutfi. "Perbandingan Metode Data
Mining PERBANDINGAN METODE KLASIFIKASI
PENGUJIAN KENDARAAN BERMOTOR
DENGAN ALGORITMA C4.5 DAN NAÏVE
BAYES", E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan
Informatika, 2024
Publication

<1 %

publikasi.hawari.id

51	Internet Source	<1 %
52	repository.untar.ac.id Internet Source	<1 %
53	www.medicastore.com Internet Source	<1 %
54	Febrina Sari, David Saro. "Implementasi Algoritma C4.5 Dalam Menentukan Lokasi Prioritas Penyuluhan Program Keluarga berencana di kecamatan dumai timur", Jurnal Penelitian Pos dan Informatika, 2018 Publication	<1 %
55	Submitted to Thai Nguyen University of Education Student Paper	<1 %
56	Submitted to Universitas Sanata Dharma Student Paper	<1 %
57	fpjm.or.id Internet Source	<1 %
58	kursuselektronikaku.blogspot.com Internet Source	<1 %
59	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
60	link.springer.com Internet Source	<1 %
61	randomnerdtutorials.com Internet Source	<1 %
62	wokwi.com Internet Source	<1 %

63	www.fajarpendidikan.co.id Internet Source	<1 %
64	Kristina E.T Lobho, Linros Susanti Noldi Tanu, Hendrika Ika, Dafrosa Luni, Yetrim Inang Sula. "Peran Digitalisasi dalam Penanggulangan Stunting: Solusi Inovatif untuk Generasi Sehat", Indonesian Research Journal on Education, 2024 Publication	<1 %
65	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
66	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
67	hrcak.srce.hr Internet Source	<1 %
68	perpusteknik.com Internet Source	<1 %
69	repository.ubharajaya.ac.id Internet Source	<1 %
70	Anderias Eko Wijaya, Ade Irfan. "SISTEM CERDAS MONITORING KANDANG KENARI BERBASIS IoT DENGAN ALGORITMA C.45 THINGSPEAK", Jurnal Teknologi dan Komunikasi STMIK SUBANG, 2022 Publication	<1 %
71	Grezio Arifiyan Primajaya, M. Udin Harun Al Rasyid, Idris Winarno, Talita Iza Nurazmi. "Aplikasi Metrik Kesehatan Pribadi dengan Framework hGraph", INOVTEK Polbeng - Seri Informatika, 2024 Publication	<1 %

72	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
73	id.scribd.com Internet Source	<1 %
74	jurnal.stikes-ibnusina.ac.id Internet Source	<1 %
75	repository.ittelkom-pwt.ac.id Internet Source	<1 %
76	digilib.uinsa.ac.id Internet Source	<1 %
77	dokumen.pub Internet Source	<1 %
78	repository.unar.ac.id Internet Source	<1 %
79	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part II Student Paper	<1 %
80	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1 %
81	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
82	docobook.com Internet Source	<1 %
83	Ferry Sugara, Karsid Karsid. "Rancang Bangun Alat Penurun Suhu Tubuh Berbasis Pada Sistem Refrigerasi Kompresi Uap", Dinamika Rekayasa, 2017 Publication	<1 %

84	Submitted to Gulf College Oman Student Paper	<1 %
85	Submitted to Universitas Islam Riau Student Paper	<1 %
86	Volker Ziemann. "A Hands-On Course in Sensors Using the Arduino and Raspberry Pi", CRC Press, 2023 Publication	<1 %
87	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
88	jakarta.tribunnews.com Internet Source	<1 %
89	pure.kfupm.edu.sa Internet Source	<1 %
90	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
91	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
92	webmedy.com Internet Source	<1 %
93	Submitted to Perpustakaan Student Paper	<1 %
94	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
95	Submitted to Universitas Pelita Harapan Student Paper	<1 %
96	eprints.iain-surakarta.ac.id Internet Source	<1 %

97	Submitted to itera Student Paper	<1 %
98	journal.ppnijateng.org Internet Source	<1 %
99	kc.umn.ac.id Internet Source	<1 %
100	Maulidia Ekaputri, Henrico Citrawijaya, Kevin Jonathan Adhimulia, Adrian Reynaldo Sudirman et al. "Peran Riwayat Ayah Diabetes Melitus Tipe 2 pada Status Prediabetes Anak Kandung Penderita Diabetes Melitus Tipe 2", Jurnal Penyakit Dalam Indonesia, 2020 Publication	<1 %
101	artikelpendidikan.id Internet Source	<1 %
102	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
103	ejournal.unwmataram.ac.id Internet Source	<1 %
104	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
105	roboguru.ruangguru.com Internet Source	<1 %
106	www.armenmandakunian.com Internet Source	<1 %
107	www.databridgemarketresearch.com Internet Source	<1 %
108	www.indonetwork.co.id Internet Source	<1 %

109

www.joherbal.com

Internet Source

<1 %

110

Muhammad hibrian Wiwi, Dikki Prasetyo
Isnandar. "PROTOTYPE ALAT PEMBERI PAKAN
IKAN BERBASIS INTERNET OF THINGS", Jurnal
Ilmiah Teknologi Informasi Asia, 2024

Publication

<1 %

111

Submitted to Queen Mary and Westfield
College

Student Paper

<1 %

112

Richi Andrianto, Juni Hartati, Putri Nidar,
Aminah Harahap, Putri Ida Amanda, Sophia
Hannum. "Pengembangan Sistem Informasi
Pelayanan Toko Mini Berbasis Web Provinsi
Sumatera Utara", RIGGS: Journal of Artificial
Intelligence and Digital Business, 2025

Publication

<1 %

113

Roosemarina Anggraini Rambe. "Inefisiensi
Belanja Pemerintah Daerah di Indonesia:
Pendekatan DEA dan Regresi Logit",
Indonesian Treasury Review: Jurnal
Perbendaharaan, Keuangan Negara dan
Kebijakan Publik, 2020

Publication

<1 %

114

Rosmawati Sitorus, Orpha Jane. "STRATEGI
BERSAING YANG PALING TEPAT OLEH RUMAH
SAKIT DI ERA DIGITAL", Journal of Economic,
Bussines and Accounting (COSTING), 2024

Publication

<1 %

115

Submitted to Universitas Muhammadiyah
Semarang

Student Paper

<1 %

116 core.ac.uk
Internet Source <1 %

117 eprints.unisbank.ac.id
Internet Source <1 %

118 etd.repository.ugm.ac.id
Internet Source <1 %

119 fs.uin-antasari.ac.id
Internet Source <1 %

120 jurnal.inf.co.id
Internet Source <1 %

121 repo.unsrat.ac.id
Internet Source <1 %

122 repositori.uin-alauddin.ac.id
Internet Source <1 %

123 repository.uinjkt.ac.id
Internet Source <1 %

124 wecam.updatestar.com
Internet Source <1 %

125 www.grafiati.com
Internet Source <1 %

126 www.localstartupfest.id
Internet Source <1 %

127 www.sehatq.com
Internet Source <1 %

128 Hasan Al Banna, Bayu Dwi Apri Nugroho.
"MODEL PREDIKSI LEVEL AIR DI LAHAN
PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DENGAN
JARINGAN SARAF TIRUAN BERDASARKAN
PENGUKURAN SENSOR RAIN GAUGE DAN

ULTRASONIK", Jurnal Teknik Pertanian
Lampung (Journal of Agricultural Engineering),
2021

Publication

129	bappeda.bandaacehkota.go.id Internet Source	<1 %
130	files.lpp.ac.id Internet Source	<1 %
131	ieeexplore.ieee.org Internet Source	<1 %
132	journal.unita.ac.id Internet Source	<1 %
133	jurnal.stmik-wp.ac.id Internet Source	<1 %
134	library.binus.ac.id Internet Source	<1 %
135	library.palcomtech.com Internet Source	<1 %
136	live-look-no.icu Internet Source	<1 %
137	obatsehatwootekh.blogspot.com Internet Source	<1 %
138	pemenangbola.net Internet Source	<1 %
139	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
140	www.gemasulawesi.com Internet Source	<1 %

141	Submitted to BPP College of Professional Studies Limited Student Paper	<1 %
142	Eva Faja Ripanti. "Implementasi Ekonomi Melingkar pada Sistem Informasi Pengelolaan Hutan Mangrove", Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN), 2019 Publication	<1 %
143	Luntungan Stephen Pieters. "Pemantauan pH Produk Skincare berbasis IoT: Solusi untuk Keamanan Konsumen", Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika, 2025 Publication	<1 %
144	Saefudin, Michael Chalisto Simbolon, Anharudin. "Analisis Kelayakan Pemberian Kredit Menggunakan Algoritma C4.5 Pada Koperasi Simpan Pinjam Miduk Jaya Abadi Sejahtera", ProTekInfo(Pengembangan Riset dan Observasi Teknik Informatika), 2025 Publication	<1 %
145	de.scribd.com Internet Source	<1 %
146	eidm.nttu.edu.tw Internet Source	<1 %
147	ejournal.unama.ac.id Internet Source	<1 %
148	eprints.kwikkiangie.ac.id Internet Source	<1 %
149	fund-gregorio-maranon.com Internet Source	<1 %

150	jurnal.datadosen.com Internet Source	<1 %
151	jurnal.polgan.ac.id Internet Source	<1 %
152	minilabdocx.wordpress.com Internet Source	<1 %
153	news.unair.ac.id Internet Source	<1 %
154	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
155	portaldata.org Internet Source	<1 %
156	pse.litbang.pertanian.go.id Internet Source	<1 %
157	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
158	repo.darmajaya.ac.id Internet Source	<1 %
159	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
160	repository.ukrida.ac.id Internet Source	<1 %
161	repository.usahidsolo.ac.id Internet Source	<1 %
162	rikorapar.blogspot.com Internet Source	<1 %
163	seolahdata.blogspot.com Internet Source	<1 %

164	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
165	www.kaskus.co.id Internet Source	<1 %
166	www.microthings.id Internet Source	<1 %
167	www.pgs.ufrpe.br Internet Source	<1 %
168	www.tempointeractive.com Internet Source	<1 %
169	Dikky Suryadi, Cut Susan Octiva, T. Irfan Fajri, Uli Wildan Nuryanto, Muhammad Lukman Hakim. "Optimasi Kinerja Sistem IoT Menggunakan Teknik Edge Computing", Jurnal Minfo Polgan, 2024 Publication	<1 %
170	Fira Aryunita, Nurdina Rasjid, Muh. Fuad Mansyur. "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEAMANAN KANDANG AYAM BLOILER MENGGUNAKAN ESP32-CAM BERBASIS IOT DENGAN APLIKASI ANDROID", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2024 Publication	<1 %
171	Sabrina Rianda Sari, RA Halimatussa'diyah, Suzan Zefi, Rapiko Duri. "RANCANG BANGUN MODEL MONITORING UNDERGROUND TANK SPBU DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2024	<1 %

172

Jefry Antonius Karlia, Wawan Nurmansyah.
"Application of C4.5 Algorithm for Late
Payment Classification of Insurance
Premiums", Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik
Industri dan Informasi, 2021

Publication

173

repository.its.ac.id
Internet Source

<1 %

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

SKRIPSI_LIZA_ZEIN_2-1757301594539

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105

PAGE 106

PAGE 107

PAGE 108

PAGE 109

PAGE 110

PAGE 111

PAGE 112

PAGE 113
