

RANCANG BANGUN *E-HEALTH TRACKER* UNTUK DETEKSI DETAK JANTUNG, SATURASI OKSIGEN, SUHU TUBUH, DAN TEKANAN DARAH BERBASIS IoT

I Dewa Gede Agung Wahyu Mahendra¹, I Made Beni Satriya²,
I Gusti Agung Putu Raka Agung³, Gede Sukadarmika⁴

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{3,4}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali 80361

dewaagung2003@gmail.com¹, benyid643@gmail.com², rakaagung@unud.ac.id³,

sukadarmika@unud.ac.id⁴

ABSTRAK

Sistem pemantauan kesehatan berbasis *Internet of Things (IoT)* menjadi solusi potensial untuk meningkatkan layanan kesehatan jarak jauh, khususnya di wilayah dengan akses terbatas. Penelitian ini mengembangkan perangkat *E-Health Tracker* berbasis *IoT* yang mampu mengukur empat indikator vital kesehatan yaitu detak jantung, saturasi oksigen (SpO_2), suhu tubuh, dan tekanan darah. Sistem ini mengintegrasikan sensor MAX30102, DS18B20, dan MPX5050GP dengan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui LCD TFT. Evaluasi dilakukan melalui uji eksperimental terhadap 5 orang selama 7 hari berturut-turut (total 35 sampel). Hasil sistem dibandingkan dengan alat medis konvensional (oximeter, termometer, tensimeter), dan akurasi dihitung menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi baik hingga sangat baik, dengan nilai MAPE sebesar 1,75% untuk detak jantung, 1,28% untuk SpO_2 , 2,67% untuk suhu tubuh, dan 7,74% untuk tekanan darah. Sistem ini dapat berfungsi sebagai alternatif dalam pemantauan kesehatan berbasis *IoT*.

Kata kunci: *IoT*, MAX30102, MPX5050GP, DS18B20, Monitoring Kesehatan, MAPE

ABSTRACT

The *Internet of Things (IoT)*-based health monitoring system presents a potential solution to improve remote healthcare services, particularly in areas with limited access. This study developed an *IoT*-based *E-Health Tracker* capable of measuring four vital health indicators: heart rate, oxygen saturation (SpO_2), body temperature, and blood pressure. The system integrates the MAX30102, DS18B20, and MPX5050GP sensors with Arduino Uno and ESP32 microcontrollers. Measurement data is displayed locally via an LCD TFT. Evaluation was carried out through experimental testing involving 5 participants over 7 consecutive days (a total of 35 samples). The system's results were compared with conventional medical devices (oximeter, thermometer, and blood pressure monitor), and accuracy was assessed using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method. The results showed that the system achieved very good to good accuracy levels, with MAPE values of 1.75% for heart rate, 1.28% for SpO_2 , 2.67% for body temperature, and 7.74% for blood pressure. This system can serve as an alternative for *IoT*-based health monitoring.

Key Words: *Internet of Things*, MAX30102, MPX5050GP, DS18B20, Health Monitoring, MAPE

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah memberikan dampak yang signifikan di berbagai sektor, termasuk bidang kesehatan. IoT digunakan sebagai komunikasi antar perangkat secara otomatis melalui jaringan internet, sehingga mendukung pengumpulan data kesehatan dan pemantauan jarak jauh. Dalam konteks layanan kesehatan, teknologi ini memfasilitasi deteksi dini terhadap penyakit serta pengambilan keputusan medis yang lebih cepat dan tepat [1].

Akses terhadap layanan kesehatan masih menjadi tantangan utama di banyak wilayah terpencil, terutama akibat keterbatasan infrastruktur, minimnya tenaga medis, serta jarak tempuh yang jauh menuju fasilitas kesehatan terdekat. Kondisi ini tidak hanya menyulitkan masyarakat untuk memperoleh layanan medis secara rutin, tetapi juga berdampak serius pada keterlambatan penanganan, pencegahan, dan diagnosis dini terhadap penyakit kronis.

Perangkat komersial seperti *smartwatch* telah banyak digunakan untuk memantau beberapa parameter kesehatan seperti detak jantung dan kadar oksigen. Namun, perangkat ini masih memiliki keterbatasan, seperti tidak mendukung pengukuran tekanan darah dan tidak menyediakan akses pemantauan jarak jauh berbasis web. Selain itu, harga yang relatif tinggi membuat perangkat ini sulit dijangkau oleh masyarakat dengan pendapatan rendah. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi pemantauan kesehatan yang lebih terjangkau dan memiliki cakupan pengukuran yang lebih lengkap.

Penelitian ini bertujuan membangun sistem *E-Health Tracker* berbasis IoT yang mampu memantau empat indikator vital kesehatan, yaitu detak jantung, saturasi oksigen (SpO_2), suhu tubuh, dan tekanan darah. Sistem ini menggunakan sensor MAX30102 untuk detak jantung dan SpO_2 , sensor DS18B20 untuk suhu tubuh, serta sensor MPX5050GP untuk pengukuran tekanan darah. Arduino Uno dan ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama.

Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara nirkabel dan divisualisasikan melalui antarmuka aplikasi web. Sistem ini dirancang untuk mendukung pemantauan jarak jauh, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan di daerah dengan keterbatasan akses layanan kesehatan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sensor MAX30102

MAX30102 merupakan sensor optikal yang digunakan untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam darah secara *non-invasif*. Sensor ini menggabungkan LED merah dan inframerah, serta fotodioda yang mendeteksi jumlah cahaya yang dipantulkan oleh pembuluh darah di bawah kulit. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip fotoplethysmografi, di mana perubahan volume darah selama siklus detak jantung menyebabkan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodioda [2].

Detak jantung normal pada orang dewasa berkisar antara 60–100 bpm. Peningkatan (takikardia) atau penurunan (bradikardia) frekuensi detak jantung dapat menjadi indikator adanya kelainan pada sistem kardiovaskular [3]. Sedangkan saturasi oksigen (SpO_2) menunjukkan persentase oksigen yang terikat pada hemoglobin, dengan nilai normal berada pada kisaran 95–100%. Penurunan saturasi oksigen bisa menjadi tanda gangguan respirasi seperti hipoksia atau obstruksi jalan napas [4], [5].

MAX30102 populer digunakan dalam perangkat *wearable* karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, serta kemudahan integrasi dengan antarmuka I2C [6].

2.2 Sensor MPX5050GP

MPX5050GP adalah sensor tekanan tipe piezoresistif yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem *non-invasif*, seperti tekanan manset pada pengukuran tekanan darah. Sensor ini memiliki sensitivitas sebesar 12 mV/mmHg, bekerja dalam rentang tekanan hingga 50 kPa (sekitar 375 mmHg), dan dapat

langsung dihubungkan ke ADC mikrokontroler karena telah dilengkapi penguat sinyal internal [7].

Tekanan darah diukur berdasarkan dua nilai: sistolik (tekanan saat jantung berkontraksi) dan diastolik (tekanan saat jantung berelaksasi). Nilai tekanan darah normal adalah <120/80 mmHg, dengan klasifikasi lebih lanjut seperti prehipertensi dan hipertensi tahap 1 dan 2 [3]. Pengukuran dilakukan secara osilometrik dengan bantuan pompa dan solenoid untuk inflasi dan deflasi manset.

2.3 Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang menggunakan protokol komunikasi *One-Wire*. Sensor ini memiliki akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dengan resolusi 12-bit, serta memiliki kode unik 64-bit yang memungkinkan penggunaan banyak sensor pada satu jalur data [8]. Sensor ini sangat cocok untuk aplikasi IoT karena hemat pin dan mendukung topologi jaringan sederhana.

Suhu tubuh manusia merupakan indikator kesehatan penting, dengan nilai normal berkisar $36,5^{\circ}\text{C}$ – $37,5^{\circ}\text{C}$. Suhu di atas ambang ini dapat mengindikasikan infeksi (demam), sementara suhu di bawah normal bisa mengarah pada hipotermia. DS18B20 telah diuji dalam berbagai penelitian dan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan sensor lain seperti LM35 dan DHT22 [8].

2.4 ESP32

ESP32 adalah sistem mikrokontroler berbasis *SoC (System-on-Chip)* yang dikembangkan oleh Espressif. Mikrokontroler ini memiliki prosesor dual-core 32-bit, konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*, serta GPIO yang mendukung berbagai fungsi seperti ADC, PWM, dan SPI. ESP32 cocok untuk aplikasi IoT karena konsumsi daya rendah dan performa tinggi [9].

Dengan *interface USB to UART*, ESP32 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE atau platform lain. Penggunaan ESP32 pada sistem monitoring kesehatan memungkinkan pengiriman data vital secara

real-time ke server atau aplikasi berbasis *cloud*.

2.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P dengan model papan sirkuit. Perangkat ini memiliki 14 pin digital (termasuk output PWM) dan 6 pin input analog, serta mendukung komunikasi serial dan antarmuka seperti I2C dan SPI. Selain itu, Arduino Uno dilengkapi dengan resonator kristal keramik 16 MHz, tombol reset, dan kemudahan konektivitas melalui kabel USB, adaptor AC ke DC, atau baterai sebagai sumber daya. Arduino Uno sering digunakan dalam prototipe sistem monitoring karena mudah digunakan dan memiliki dukungan pustaka yang luas [10][11].

2.6 Pompa Motor DC

Motor DC adalah perangkat elektromekanik yang mengubah energi listrik menjadi gerak mekanis. Pompa berbasis motor DC digunakan dalam sistem tekanan darah untuk memompa udara ke manset. Motor ini memiliki karakteristik sederhana, murah, dan efisien. Tegangan input 5–12 V cukup untuk menggerakkan pompa kecil dengan daya rendah [12].

2.7 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup otomatis yang dikendalikan oleh arus listrik, berfungsi mengatur aliran udara atau cairan. Tipe *Normally Closed (NC)* hanya terbuka saat mendapat suplai listrik. Pada sistem monitoring tekanan darah, solenoid digunakan untuk mengatur pelepasan tekanan dari manset secara bertahap [13]. Solenoid memiliki tiga jalur: *input*, *output*, dan *exhaust*.

2.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metode evaluasi akurasi yang mengukur persentase rata-rata selisih absolut antara nilai aktual dan hasil pengukuran sensor. Rumus MAPE dijelaskan dalam Persamaan (1) [14].

$$MAPE = \frac{1}{n} \times \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- A_t : Nilai aktual (referensi)
- F_t : Nilai pengukuran
- n : Jumlah data

Nilai performa MAPE sesuai standarisasi perangkat medis ditunjukkan pada Tabel 1 [14].

Tabel 1. Performa Nilai MAPE untuk Standar Medis

Range MAPE	Arti
< 5%	Akurasi Sangat Baik (<i>Excellent</i>)
5% - 10%	Akurasi Baik (<i>Good</i>)
10% - 15%	Akurasi Cukup (<i>Fair</i>)
> 15%	Akurasi Kurang (<i>Poor</i>)

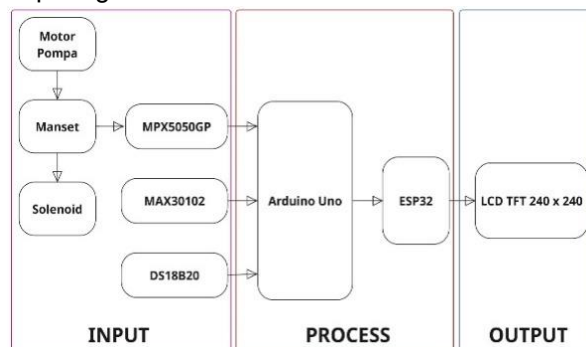
Standar MAPE ini memberikan panduan objektif untuk mengevaluasi seberapa akurat alat medis dalam melakukan pengukuran. Hal ini merupakan aspek kritis dalam memastikan keamanan dan efektivitas perangkat medis sesuai dengan prinsip – prinsip esensial yang sesuai dengan standarisasi ISO 14971 [15].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Digital dan Mikroprosesor, Teknik Elektro Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan dimulai dari bulan Februari 2025.

3.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem dibuat dengan diagram blok seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok *E-Health Tracker*

Perangkat *E-Health Tracker* ini menggunakan tiga sensor utama sebagai input untuk mengukur parameter vital

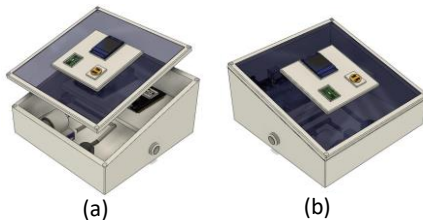
kesehatan, yaitu MAX30102, DS18B20, dan MPX5050GP. Sensor MAX30102 digunakan untuk mendeteksi detak jantung dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) dengan metode fotopletismografi, di mana sensor memancarkan cahaya merah dan inframerah ke kulit dan mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan oleh aliran darah. Komunikasi antara sensor ini dan mikrokontroler Arduino Uno dilakukan melalui protokol I2C, yang memungkinkan transfer data dua arah hanya dengan dua kabel. Sementara itu, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu tubuh dan beroperasi menggunakan protokol komunikasi *One-Wire*. Sensor ini dikenal karena akurasi dan kemudahannya dalam integrasi dengan sistem digital. Untuk mengukur tekanan darah, digunakan sensor MPX5050GP yang mendeteksi tekanan udara dalam manset yang dikendalikan oleh pompa motor dan katup solenoid. Tekanan dalam manset akan meningkat dan menurun secara terkontrol untuk mendapatkan data tekanan sistolik dan diastolik.

Semua data dari ketiga sensor dikirim ke Arduino Uno sebagai pusat pemrosesan utama. Arduino mengatur siklus kerja motor dan solenoid untuk mendukung pengukuran tekanan darah, serta membaca dan mengolah sinyal digital dan analog dari seluruh sensor. Setelah proses pengolahan, data dikirim ke ESP32 melalui komunikasi UART. ESP32 kemudian bertugas untuk menampilkan data hasil pengukuran ke layar LCD TFT 240 x 240 piksel. Tampilan ini mencakup empat indikator vital tubuh, yaitu detak jantung, kadar SpO_2 , suhu tubuh, dan tekanan darah. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya secara menyeluruh dalam satu perangkat.

3.2 Perancangan Hardware

Perangkat *E-Health Tracker* dirancang dengan memperhatikan tata letak komponen sensor dan mikrokontroler untuk kinerja yang optimal. Desain dibuat dengan panjang 20 cm, lebar 19 cm, dan tinggi 13 cm. Permukaan atas casing dibuat miring dengan tinggi 13 cm hingga 9 cm dengan

bahan transparan. Bagian samping casing dibuat lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 cm untuk sistem sensor suhu dan untuk sistem manset. Terdapat dua lapisan pada bagian dalam *casing* dengan lapisan atas yang memiliki dimensi lebar 19 cm dan panjang 8 cm untuk ESP32 dan lapisan bawah untuk Arduino Uno dan sistem pompa dan pembuangan udara dari manset untuk pemeriksaan tekanan darah. Pada bagian permukaan atas terdapat LCD, MAX30102, dan *button* untuk pengiriman data, ON dan OFF pompa pemeriksaan tekanan darah, dan reset nilai dari semua parameter indikator vital kesehatan. Bagian belakang alat terdapat lubang persegi dengan ukuran panjang 1 cm dan lebar 1 cm untuk *port power* Arduino Uno dan ESP32.

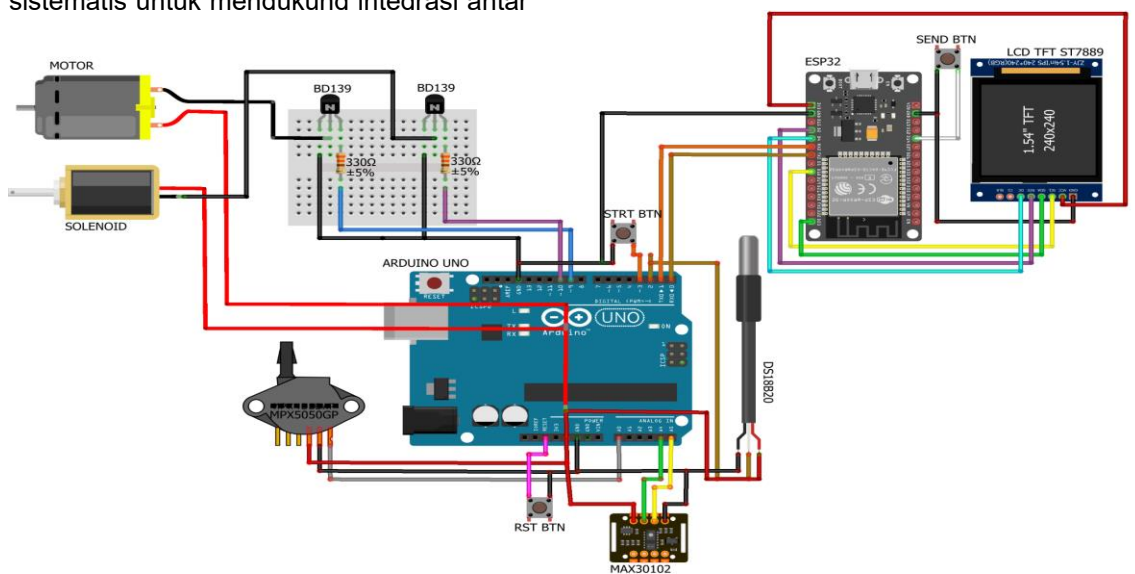


Gambar 2. (a)Tampak Kanan Atas Alat
(b)Tampak Kiri Alat

Dengan mempertimbangkan tata letak fisik yang telah dirancang secara ergonomis dan kompak, konfigurasi rangkaian elektronik pada *perangkat E-Health Tracker* juga disusun secara sistematis untuk mendukung integrasi antar

komponen secara optimal. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengolahan utama yang bertugas menerima dan memproses data dari berbagai sensor. Sensor MPX5050GP digunakan untuk mendeteksi tekanan darah dengan membaca perubahan tekanan udara dalam manset, sementara MAX30102 menangkap sinyal optik dari aliran darah untuk menghitung detak jantung dan kadar oksigen (SpO_2). Sensor DS18B20 mengukur suhu tubuh secara digital dan terhubung melalui protokol komunikasi *One-Wire*. Masing-masing sensor dikonfigurasi sesuai karakteristik sinyalnya, baik itu analog maupun digital, sehingga Arduino dapat mengelola data yang masuk.

Selain sebagai pemroses utama, Arduino juga mengendalikan aktuator berupa motor pompa dan katup solenoid yang digunakan dalam sistem tekanan darah. Hasil pengolahan data selanjutnya dikirim ke modul ESP32 melalui komunikasi UART. ESP32 berfungsi sebagai pengelola tampilan sekaligus penghubung ke LCD TFT. LCD TFT menampilkan empat indikator kesehatan utama: tekanan darah, detak jantung, SpO_2 , dan suhu tubuh. Penempatan komponen di dalam *casing* dua tingkat dirancang sedemikian rupa agar kabel dan koneksi antar modul tetap rapi, tidak saling mengganggu, dan meminimalkan interferensi sinyal.



Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan E-Health Tracker

fritzing

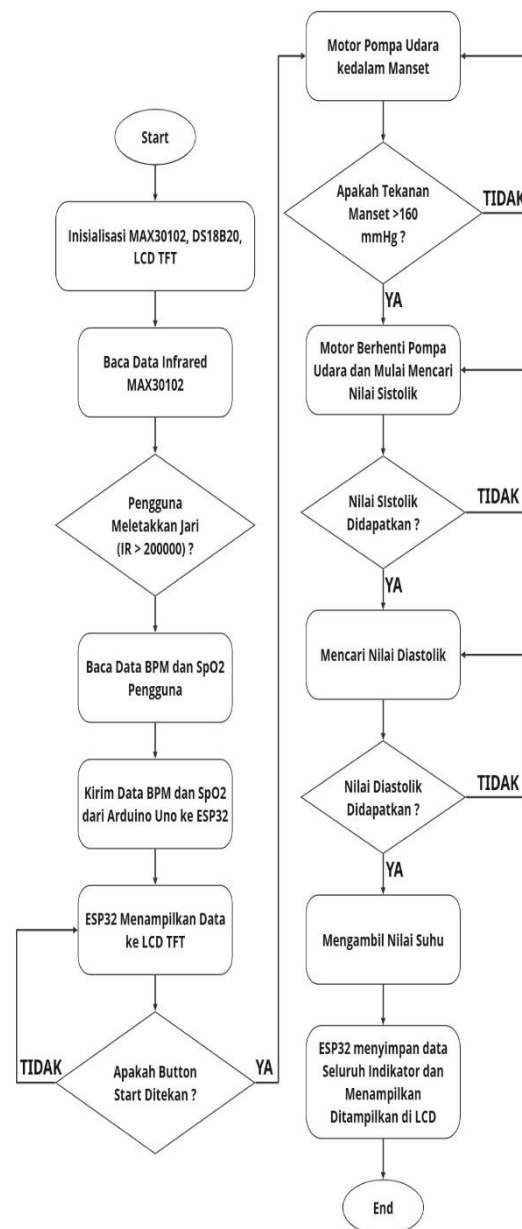
Rangkaian hardware E-Health Tracker dirancang dengan menggunakan aplikasi fritzing yang merupakan sebuah perangkat lunak open-source yang umum digunakan untuk mendesain skematik elektronik secara visual. Hubungan pin dari seluruh komponen dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Pin Keseluruhan E-Health Tracker

Arduino Uno	MAX 30102	DS18B20	BD 139	MPX 505GP	ESP 32	LCD TFT
3V3	VIN					
5V		VDD		Vs	VIN	
GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
A4	SDA					
A5	SCL					
A0				Vout		
2		DQ				
9			C1			
10			C2			
TX					RX	
RX					TX	
					3V3	VCC
					D18	SCL
					D23	SDA
					D4	RES
					D2	DC

3.3 Perancangan Software

Gambar 4 menunjukkan diagram alir implementasi pemrograman Arduino untuk sistem pemantauan kesehatan. Proses dimulai dengan inisialisasi sensor MAX30102 dan DS18B20. Sensor MAX30102 akan mendeteksi nilai BPM dan SpO₂ setelah pengguna meletakkan jari, ditandai dengan nilai IR > 200000. Setelah data terdeteksi, sistem menunggu tombol Start ditekan untuk memulai proses pengukuran tekanan darah. Motor dan solenoid dikendalikan sesuai logika pengukuran, dan sensor MPX505GP membaca nilai tekanan darah hingga didapatkan nilai sistolik dan diastolik. Selanjutnya, suhu tubuh diukur dan semua data dikirim ke ESP32 untuk ditampilkan pada LCD TFT.



Gambar 4. Diagram Alir Program E-Health Tracker

3.4 Metode Pengujian dan Analisis Hasil Pengujian

Pengujian merupakan tahap penting dalam proses validasi sistem untuk memastikan akurasi dan keandalan pengukuran dari berbagai sensor yang terintegrasi. Sistem ini terdiri dari tiga sensor utama, yaitu: MAX30102 untuk pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen, MPX505GP untuk tekanan darah, serta DS18B20 untuk pengukuran suhu tubuh.

Pengujian dilakukan secara sistematis terhadap masing-masing sensor, dengan metode perbandingan hasil pengukuran sensor terhadap perangkat medis konvensional (seperti tensimeter digital, oximeter, dan termometer). Untuk menilai tingkat akurasi hasil pengukuran, digunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang memberikan informasi seberapa besar deviasi antara hasil sistem terhadap nilai referensi medis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi E-Health Tracker

Realisasi *E-Health Tracker* ditunjukkan pada Gambar 5. Tampak pada gambar bagian atas alat dibuat transparan untuk memudahkan proses pemantauan visual terhadap kondisi komponen internal, seperti status LED indikator atau kemungkinan gangguan pada sistem dan bagian lainnya dibuat dengan menggunakan bahan yang solid.



Gambar 5. Realisasi *E-Health Tracker*

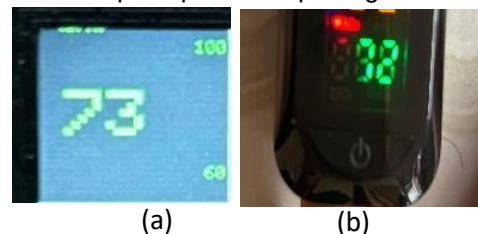
Tabel 3. Spesifikasi *E-Health Tracker*

Spesifikasi	Ukuran
Panjang (Cm)	20
Lebar (Cm)	19
Tinggi (Cm)	13
Berat (Kg)	1
Catu Daya (Watt)	2,5
Display	LCD TFT 240 x240
Kontroler	Arduino Uno, ESP32
Parameter yang diukur	Saturasi Oksigen, Detak Jantung, Suhu Tubuh, Tekanan Darah

4.2 Hasil dan Analisis Pengujian Sensor MAX30102 dalam Pengukuran Detak Jantung

Pada bagian pengujian dan pembahasan sensor MAX30102 mencakup proses pengujian dan analisis kinerja sensor MAX30102 dalam mengukur detak jantung. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dan kelayakan sensor dalam memberikan pembacaan yang tepat terhadap parameter fisiologis detak jantung manusia. Dalam mengevaluasi dan menganalisis tingkat akurasi sensor secara kuantitatif dilakukan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari data perbandingan pembacaan sensor MAX30102 dengan pembacaan Oximeter untuk mengukur detak jantung manusia.

Pengujian dilakukan secara eksperimental untuk mengumpulkan data perbandingan detak jantung sensor MAX30102 dengan pembacaan Oximeter konvensional. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data sampel sebanyak 35 yaitu 5 orang selama 7 hari. Data hasil pengujian sensor MAX30102 untuk mengukur detak jantung dipaparkan pada tabel 4 dengan contoh tampilan pada alat pada gambar 6.



Gambar 6. (a) Contoh Tampilan BPM pada LCD (b) Contoh Tampilan BPM Oximeter

Tabel 4. Hasil Pengujian MAX30102 untuk Detak Jantung

		O1	O2	O3	O4	O5
1	MAX30102	73	64	69	65	70
	Oximeter	72	64	69	65	71
	Selisih	1	0	0	1	1
2	MAX30102	84	60	74	79	70
	Oximeter	81	58	73	83	71
	Selisih	3	1	1	4	1
3	MAX30102	64	64	66	71	72
	Oximeter	67	63	64	70	70
	Selisih	3	1	2	1	2
4	MAX30102	83	63	64	64	87
	Oximeter	81	63	65	66	85
	Selisih	2	0	1	2	2
5	MAX30102	76	64	62	87	74

	Oximeter	77	64	65	86	73
	Selisih	1	0	3	1	1
6	MAX30102	78	70	64	90	81
	Oximeter	81	73	65	92	83
	Selisih	3	3	1	2	2
7	MAX30102	71	78	75	80	85
	Oximeter	77	68	77	86	89
	Selisih	6	10	2	6	4

Setiap pasangan data akan dihitung *error* relatifnya menggunakan formula MAPE, dimana nilai deviasi absolut yang sudah tercantum pada tabel akan dibagi dengan nilai referensi oximeter, kemudian dirata - ratakan untuk seluruh sampel pengukuran.

$$MAPE = \frac{1}{35} \times (0,613) \times 100$$

$$MAPE = 1,7514 \cong 1,75 \%$$

Nilai MAPE yang didapatkan sebesar 1,75% yang menunjukkan sensor MAX30102 memiliki performa yang sangat baik dalam mengukur detak jantung manusia sesuai pada tabel 4. Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa saat BPM berada berada diangka 70 - 85 sensor menunjukkan selisih yang lebih tinggi dibandingkan saat berada pada range 60 – 80. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi BPM maka semakin cepat denyut nadi, dan biasanya disertai gerakan kecil pada jari atau perubahan tekanan di permukaan kulit. Ini bisa menyebabkan data sinyal terganggu yang membuat sensor sulit membedakan puncak sinyal karena bentuk gelombang menjadi lebih rapat.

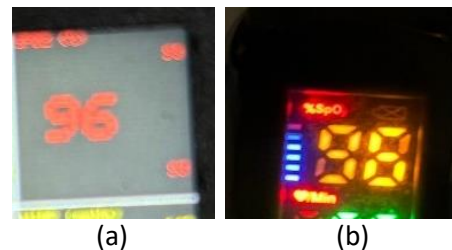
Pada hari ke-7 dapat dilihat adanya anomali yaitu terdapat selisih hingga 10 BPM dari sensor MAX30102 dengan Oximeter digital. Hal ini dapat terjadi karena pada hari ke-7 BPM dari semua sampel cukup tinggi yaitu diatas 80 yang membuat adanya gerakan kecil pada jari atau perubahan tekanan di permukaan kulit yang menyebabkan data sinyal terganggu. Selain itu, faktor pencahayaan juga turut memengaruhi akurasi pembacaan sensor, terutama ketika intensitas cahaya di lingkungan sekitar terlalu terang, sehingga cahaya luar dapat masuk dan mengganggu pembacaan optik sensor. Pengujian pada

hari ke-7 dilakukan pada siang hari di luar ruangan yang membuat adanya cahaya terang saat pengujian.

4.3 Hasil dan Analisis Pengujian Sensor MAX30102 dalam Pengukuran Saturasi Oksigen

Pengujian ini mencakup proses pengujian dan analisis secara mengenai kemampuan sensor MAX30102 dalam mengukur saturasi oksigen, yang merupakan parameter vital dalam monitoring kesehatan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dan kelayakan sensor dalam memberikan pembacaan yang tepat terhadap parameter saturasi oksigen manusia. Untuk mengevaluasi performa sensor secara kuantitatif dilakukan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari data perbandingan pembacaan saturasi oksigen dari sensor MAX30102 dan Oximeter konvensional.

Pengujian eksperimental dilakukan untuk mengumpulkan data perbandingan saturasi oksigen sensor MAX30102 dengan pembacaan Oximeter konvensional. Pengujian ini dilakukan sama dengan pengujian detak jantung yaitu kepada 5 orang sampel dan pengambilan data dilakukan berturut selama 7 hari. Data hasil pengujian sensor MAX30102 untuk mengukur saturasi oksigen dipaparkan pada tabel 5 dengan contoh tampilan alat pada gambar 7.



Gambar 7. (a) Tampilan SpO2 pada LCD
(b) Tampilan SpO2 Oximeter

Tabel 5. Hasil Pengujian MAX30102 untuk Saturasi Oksigen

		O1	O2	O3	O4	O5
1	MAX30102	100	98	95	96	99
	Oximeter	96	95	96	96	96
	Selisih	4	3	1	0	3
	MAX30102	99	96	97	95	95

2	Oximeter	95	95	97	96	95
	Selisih	4	1	0	1	0
3	MAX30102	96	96	96	98	95
	Oximeter	96	95	95	97	96
	Selisih	0	1	1	1	1
4	MAX30102	97	95	95	98	97
	Oximeter	96	97	95	97	96
	Selisih	1	2	0	1	1
5	MAX30102	96	96	96	95	97
	Oximeter	95	95	95	96	95
	Selisih	1	1	1	1	2
6	MAX30102	98	95	96	96	97
	Oximeter	95	96	95	97	95
	Selisih	3	1	1	1	2
7	MAX30102	96	98	97	94	98
	Oximeter	96	95	95	97	97
	Selisih	0	3	2	3	1

Dari hasil pengujian, seluruh hasil pengukuran oximeter dan MAX30102 akan dihitung errornya dengan menghitung nilai MAPE. Keseluruhan error relatif akan didapatkan terlebih dahulu dengan cara membagi selisih dengan nilai pembacaan oximeter sebagai referensi kemudian dikalikan 100% untuk mendapatkan persentase MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{35} \times (0,450) \times 100$$

$$MAPE = 1,2848 \cong 1,28 \%$$

Nilai MAPE yang didapatkan dari perhitungan sebesar 1,28% yang menunjukkan sensor MAX30102 memiliki performa yang sangat baik dalam mengukur saturasi oksigen (SpO2) manusia sesuai pada tabel 5.

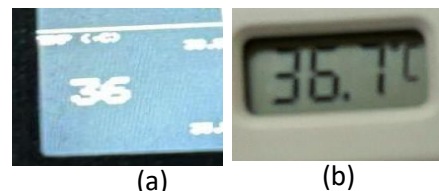
Mayoritas nilai selisih antara pembacaan MAX30102 dan oximeter berada pada rentang 0 hingga 1%, yang menandakan performa sensor yang stabil dan konsisten. Namun, terdapat beberapa kasus anomali yang perlu dicermati. Selisih terbesar terjadi pada hari ke-1 untuk subjek 4 dengan perbedaan sebesar 6%, serta pada subjek 1 di hari ke-1 dan ke-2 masing-masing dengan selisih sebesar 4%. Selain itu, pada hari ke-6 dan ke-7, subjek 1 dan 3 juga menunjukkan deviasi yang relatif lebih besar dibanding hari-hari lainnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa subjek O1 cenderung mengalami pembacaan yang kurang stabil, yang disebabkan oleh

penempatan jari yang kurang optimal saat pengukuran dikarenakan BPM yang berada di angka yang cukup tinggi.

4.4 Hasil dan Analisis Pengujian Sensor DS18B20 dalam Pengukuran Suhu Tubuh

Pengujian sensor DS18B20 mencakup proses pengujian dan analisis komprehensif mengenai kinerja sensor DS18B20 dalam aplikasi pengukuran suhu tubuh manusia. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi pembacaan suhu tubuh yang dibandingkan dengan hasil pembacaan termometer konvensional. Dalam mengevaluasi dan menganalisis tingkat akurasi sensor secara kuantitatif dilakukan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari data perbandingan pembacaan sensor DS18B20 dengan pembacaan termometer konvensional untuk mengukur suhu tubuh manusia.

Pengujian ini dilakukan kepada 5 orang sampel dan pengumpulan data dilakukan berturut selama 7 hari. Kemudian, perbandingan data hasil pengujian sensor DS18B20 dan Termometer untuk mengukur suhu tubuh dipaparkan pada tabel 6. dengan contoh tampilan alat pada gambar 8.



Gambar 8. (a) Tampilan Suhu Tubuh pada LCD (b) Tampilan Termometer

Tabel 6. Hasil Pengujian DS18B20 untuk Suhu Tubuh

		O1	O2	O3	O4	O5
1	DS18B20	34,8	35	35	34,9	35,3
	Termometer	35,3	36,1	37	36,7	35,9
	Selisih	0,5	1,1	2	1,8	0,6
2	DS18B20	34,9	35,6	35,2	35,1	34,7
	Termometer	36,4	36	36,6	36,7	36,4
	Selisih	1,5	0,4	1,4	1,6	1,7
3	DS18B20	34,9	33,4	35,5	34,2	35,5
	Termometer	35,7	35,9	36,2	36,1	36,5
	Selisih	0,8	2,5	0,7	1,9	1
4	DS18B20	35	36,5	35,5	36,5	35,9

	Termometer	35,4	36,3	36	36,7	36,6
	Selisih	0,4	0,2	0,5	0,2	0,7
5	DS18B20	35,6	35,4	35,4	35	35
	Termometer	36,2	36,3	36,2	36,5	36,1
	Selisih	0,6	0,9	0,8	1,5	1,1
6	DS18B20	35,4	35,2	34,6	35,3	33,9
	Termometer	36,3	36,5	36,6	36,8	35,7
	Selisih	0,9	1,3	2	1,5	1,82
7	DS18B20	34,1	35,6	35	33,8	35,8
	Termometer	36,3	36,2	35,6	36	36,5
	Selisih	2,2	0,6	0,6	2,2	0,7

Dari hasil pengujian, seluruh hasil pengukuran termometer dan DS18B20 akan dihitung errornya dengan menghitung nilai MAPE. Keseluruhan error relatif akan didapatkan terlebih dahulu dengan cara membagi selisih dengan nilai pembacaan oximeter sebagai referensi kemudian dikalikan 100% untuk mendapatkan persentase MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{35} \times (0,933) \times 100$$

$$MAPE = 2,6665 \cong 2,67 \%$$

Nilai MAPE yang didapatkan dari perhitungan sebesar 2,67% menunjukkan performa yang sangat baik dalam mengukur suhu tubuh manusia sesuai tabel 6. DS18B20 cenderung menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan termometer standar, menunjukkan adanya bias negatif atau kecenderungan underestimasi. Hal ini sesuai dengan karakteristik sensor digital DS18B20 yang memang tidak dirancang secara khusus untuk pengukuran suhu tubuh manusia secara langsung. Penerapannya pada sistem kesehatan memerlukan perhatian khusus terhadap teknik pemasangan, stabilitas lingkungan, dan validasi berkala dengan alat medis referensi.

4.5 Hasil dan Analisis Pengujian Sensor MPX5050GP dalam Pengukuran Tekanan Darah

Pada bagian pengujian dan pembahasan sensor MPX5050GP mencakup proses pengujian dan analisis kinerja sensor MPX5050GP dalam

mengukur tekanan darah. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi kemampuan sensor dalam memberikan pembacaan tekanan yang konsisten. Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengumpulan data, dilakukan evaluasi dan menganalisis dengan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari data perbandingan pembacaan sensor MPX5050GP dengan pembacaan tensimeter digital untuk mengukur tekanan darah manusia.

pengujian eksperimental dilakukan untuk mengumpulkan data perbandingan tekanan darah sensor MPX5050GP dengan pembacaan tensimeter konvensional. Pengujian dilakukan kepada 5 orang sampel dan pengambilan data dilakukan selama 7 hari berturut – turut untuk mendapatkan sistolik dan diastolik setiap orang. Data hasil pengujian sensor MPX5050GP untuk mengukur tekanan darah dipaparkan pada tabel 7 dengan contoh tampilan alat pada gambar 9.



Gambar 9. (a) Tampilan Tensi pada LCD
(b) Tampilan Tensimeter

Tabel 7. Hasil Pengujian MPX5050GP untuk Tekanan Darah

		O1	O2	O3	O4	O5
1	MPX5050 GP	126/86	112/72	111/71	120/96	116/76
	Tensimeter	126/82	109/53	118/61	147/83	123/69
	Selisih	0/4	3/19	7/10	27/13	7/7
2	MPX5050 GP	135/91	118/77	108/59	139/96	129/87
	Tensimeter	130/80	106/56	116/58	138/77	122/73
	Selisih	5/11	12/21	8/1	1/19	7/14
3	MPX5050 GP	117/76	110/78	119/78	126/82	127/80
	Tensimeter	137/74	114/58	114/62	144/83	126/65
	Selisih	20/2	4/20	5/16	18/1	1/15
4	MPX5050 GP	136/88	126/58	119/60	142/92	119/60

	Tensimeter	140/ 92	128/ 57	120/ 60	144/ 97	121/ 61
	Selisih	4/4	2/1	1/0	2/5	2/1
5	MPX5050 GP	138/ 83	131/ 74	116/ 79	129/ 82	116/ 73
	Tensimeter	138/ 83	131/ 45	108/ 56	134/ 77	125/ 65
	Selisih	20/9	0/29	8/23	5/5	9/8
6	MPX5050 GP	138/ 84	112/ 76	110/ 61	151/ 84	129/ 68
	Tensimeter	140/ 73	110/ 57	110/ 57	152/ 94	132/ 75
	Selisih	2/11	2/19	0/4	1/10	4/7
7	MPX5050 GP	130/ 80	114/ 57	117/ 56	148/ 96	122/ 69
	Tensimeter	133/ 80	111/ 56	113/ 57	151/ 85	124/ 71
	Selisih	3/0	3/1	4/1	3/11	2/2

Perhitungan MAPE berdasarkan pembacaan data sensor MPX5050GP dan pembacaan tensimeter sesuai dataset gabungan pada tabel 7 memiliki hasil sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{541,91}{70}$$

$$MAPE = 7,74 \%$$

Nilai MAPE yang didapatkan dari perhitungan dengan 70 sampel sebesar 7,74% menunjukkan performa yang baik dalam mengukur tekanan darah manusia sesuai pada tabel 7. Nilai MAPE keseluruhan sebesar 7,74% mengindikasikan ketelitian yang baik, di mana secara rata-rata pengukuran sensor hanya menyimpang sebesar 7,74% dari nilai aktual. Meskipun demikian, nilai error ini sedikit lebih tinggi dibandingkan target ideal karena kesulitan dalam mendeteksi tekanan diastolik secara akurat. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sinyal tekanan pada fase diastolik yang cenderung tidak stabil. Saat manset mulai mengempis dan tekanan berangsur turun, aliran darah ke arteri kembali normal namun dengan fluktuasi tekanan yang sangat kecil. Sensor MPX5050GP, yang dirancang untuk mendeteksi perubahan tekanan yang relatif besar, menjadi kurang sensitif terhadap sinyal-sinyal halus tersebut, sehingga menyebabkan deviasi pengukuran yang lebih tinggi pada fase diastolik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem *E-Health Tracker* berbasis IoT yang dikembangkan telah berhasil memantau empat indikator vital tubuh yaitu detak jantung, saturasi oksigen, suhu tubuh, dan tekanan darah. Sistem menggunakan kombinasi sensor MAX30102, DS18B20, dan MPX5050GP dikendalikan dengan Arduino Uno dan ESP32. Evaluasi performa menggunakan metode MAPE menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan akurasi pengukuran dengan kategori “sangat baik” hingga “baik”, sesuai standar medis ISO 14971.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunita, R. 2024. Pengaruh Internet of Things (IoT) terhadap Efisiensi dan Efektivitas Layanan Kesehatan: Tinjauan Literatur. *Jurnal Responsive Teknik Informatika*, 8(1), pp. 12–18.
- [2] Jannah, M. U., Nur'aidha, A. C., Kumarajati, D. Y. H. 2024. “Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis Sensor MAX30102, Arduino Uno, dan OLED Display untuk Pemantauan Detak Jantung secara Real-Time. *JITE T*, Vol. 12, No. 3, pp. 1961-1965.
- [3] Isyanto, H., Wahid, A. S., Ibrahim, W. 2022. “Desain Alat Monitoring Real Time Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Tekanan Darah Secara Jarak Jauh melalui Smartphone berbasis Internet of Things Smart Healthcare. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)* Vol. 5 No. 1, pp. 39-48
- [4] Yonanto, V., Wisana, I. D. G. H., Rahmawati, T. 2019. Pemantauan SpO₂ Melalui Aplikasi Android di Mobile Phone. *Jurnal Teknokes*, Vol. 12, No. 2, pp. 21–28.
- [5] Ndruru, E. M. H., dkk. 2022. “Pengaruh Terapi Relaksasi Benson dengan Perubahan Saturasi Oksigen Pada Pasien TB Paru.” *Malahayati Nursing Journal*, Vol. 4, No. 8, pp. 1972–1982.
- [6] Rinaldi, A. R. 2021. *Rancang Bangun Alat Deteksi Jantung Berbasis Mikrokontroler Arduino dengan Pulse Sensor*. Skripsi. Seminar Nasional Fortei Regional 7, pp. 374–377.
- [7] Puspitasari, A. J. 2015. *Rancang Bangun Blood Pressure Monitor*

- Menggunakan Metode Osilometri dengan Sensor Tekanan MPX5050GP.* Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Ibrahim, F. R., Syifa, F. T., Pujiharsono, H. 2023. Penerapan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH sebagai Otomatisasi Pakan Ikan Berbasis IoT. *JTECE*, Vol. 5, No. 2, pp. 63–73.
- [9] Nizam, M., Yuana, H., Wulansari, Z. 2022. Mikrokontroler ESP32 sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, Vol. 6, No. 2, pp. 767-772.
- [10] Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., Rossi, F. 2020. "Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Teknik Sistem dan Teknologi*, Vol. 1, No. 1, pp. 29–34.
- [11] Utara G. S., Wirastuti N. M. A. E. D, and Setiawan W., "Prototipe Monitoring Suhu Ruangan Dan Detektor Gas Bocor Berbasis Aplikasi Blynk". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 7 No. 2, pp. 1-7
- [12] Suhermanto, A. N. K., Aribowo, W., Wardani, A. L., Widyartono, M. 2023. *Rancang Bangun Kendali Adaptif Motor DC Berdasar Suhu Menggunakan Wemos D1 R1 dan LoRa*. *Jurnal Teknik Elektro*, Volume 12 Nomor 2, pp. 74-83.
- [13] Kiswanta, Ramdhoni, F. 2022. Rancang Bangun Panel Kontrol Solenoid Valve Sistem Terbuka Berbasis Program dan Manual pada Untai Uji Beta (UUB). *Jurnal Electrical Power Instrumentation and Control*, pp. 1-10
- [14] Maricar, A. M. 2019. Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika*, Vol. 13, No. 2, pp. 36–45.
- [15] Altayyar, S. S. 2020. "The Essential Principles of Safety and Effectiveness for Medical Devices and the Role of Standards." *Medical Devices: Evidence and Research*, Vol. 13, pp. 49–55.