

Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung

Mutiara Nurul Fatiha¹, Eka Mutia Lubis¹, Kamarudin¹, Adrian Budi Kusuma Atmaja¹, Mu'thiana Gusnam¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Instrumentasi, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: tiaracnt121@gmail.com

Abstrak— Penyakit kardiovaskular, khususnya serangan jantung, merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia sehingga diperlukan sistem pemantauan jantung yang bersifat *Inten-time*, portabel, dan mudah digunakan di luar lingkungan klinis. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kinerja jantung dan saturasi oksigen berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MAX30102 dengan metode *photoplethysmography* (PPG). Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai unit pemroses utama serta sebagai media transmisi data ke *Firestore Realtime*

Database melalui jaringan Wi-Fi. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal pada layar OLED dan dapat dipantau secara jarak jauh melalui aplikasi Android yang dilengkapi fitur notifikasi peringatan dini ketika nilai detak jantung berada di luar batas normal. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem terhadap *smartwatch* sebagai perangkat pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data BPM dan SpO₂ secara *real-time* dengan tingkat kestabilan yang cukup baik, meskipun diperlukan proses kalibrasi lanjutan untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi solusi pemantauan kesehatan jantung yang ekonomis dan portabel untuk mendukung upaya deteksi dini gangguan kardiovaskular.

Kata kunci: MAX30102, ESP32, BPM, SpO₂, Monitoring Jantung, IoT.

I. PENDAHULUAN

Jantung merupakan organ vital yang berfungsi sebagai pemompa darah utama untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi seluruh tubuh. Gangguan pada kinerja jantung dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan, bahkan berpotensi menyebabkan kematian. Secara global, penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung, masih menjadi penyebab kematian tertinggi, sehingga diperlukan upaya pencegahan serta deteksi dini terhadap penurunan fungsi jantung [1], [2]. Salah satu parameter utama untuk menilai kondisi jantung adalah laju detak jantung (*heart rate*) yang dinyatakan dalam satuan *beats per minute* (bpm), dengan kisaran normal pada orang dewasa sebesar 60–100 bpm saat istirahat [3]. Penyimpangan nilai detak jantung secara terus-menerus dapat mengindikasikan adanya gangguan irama jantung yang berisiko memicu kejadian kardiovaskular serius.

Pemantauan detak jantung secara *real-time* sangat penting, terutama bagi individu dengan aktivitas fisik tinggi atau memiliki riwayat penyakit jantung. Namun, metode pemantauan konvensional seperti elektrokardiogram (ECG) masih memiliki keterbatasan karena bersifat klinis, kurang portabel, memerlukan tenaga medis terlatih, serta berbiaya relatif tinggi [4]. Keterbatasan tersebut menyebabkan pemantauan jantung secara mandiri dan berkelanjutan di luar fasilitas kesehatan masih sulit dilakukan oleh masyarakat umum.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan sensor optik membuka peluang untuk mengembangkan sistem monitoring jantung yang portabel, ekonomis, dan non-invasif. Sensor MAX30102 berbasis *photoplethysmography* (PPG) mampu mengukur detak jantung secara *real-time*, sementara mikrokontroler ESP32 memungkinkan integrasi dengan jaringan internet melalui koneksi Wi-Fi. Dengan dukungan teknologi *Internet of Things* (IoT), data hasil pengukuran dapat dikirim ke *cloud* untuk disimpan dan dipantau secara jarak jauh melalui aplikasi mobile.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem monitoring kinerja jantung berbasis MAX30102 dan ESP32 yang terintegrasi dengan *Firestore* dan aplikasi Android. Sistem ini dirancang untuk menampilkan data detak jantung secara *real-time*, mendeteksi kondisi abnormal berdasarkan ambang batas tertentu, serta memberikan notifikasi peringatan dini kepada pengguna sebagai upaya pencegahan serangan jantung. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi solusi pemantauan jantung yang praktis dan mendukung deteksi dini gangguan kardiovaskular.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Monitoring detak jantung merupakan salah satu metode penting dalam evaluasi kondisi kesehatan kardiovaskular. Laju detak jantung yang berada di luar rentang normal dapat menjadi indikator awal gangguan pada sistem peredaran darah maupun fungsi jantung, sehingga pemantauan secara berkala diperlukan sebagai upaya deteksi dini penyakit jantung [5]. Seiring perkembangan teknologi elektronik dan *Internet of Things* (IoT),

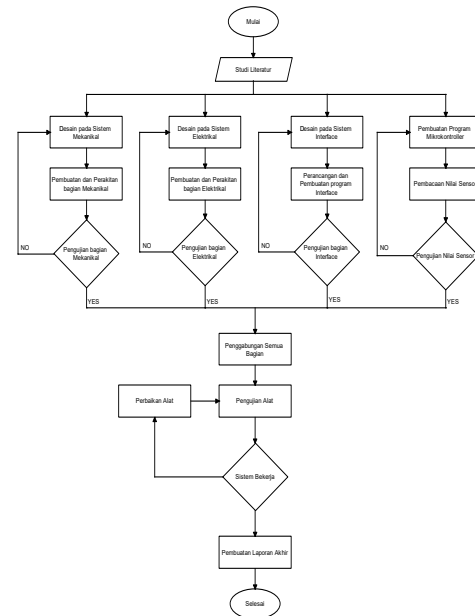
sistem monitoring kinerja jantung mengalami kemajuan pesat dengan memanfaatkan sensor, mikrokontroler, serta konektivitas internet untuk memungkinkan pemantauan secara *real-time* dan jarak jauh. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring kinerja jantung dengan berbagai pendekatan, seperti penggunaan sensor denyut nadi pada jari, sensor AD8232, sensor MAX30102, serta sistem berbasis web dan aplikasi Android [6]–[9]. Meskipun sistem-sistem tersebut mampu melakukan pemantauan detak jantung secara *real-time*, sebagian besar masih memiliki keterbatasan, antara lain belum terintegrasi secara optimal dengan *cloud* database, belum mendukung pemantauan jarak jauh yang berkelanjutan, serta belum dilengkapi dengan fitur notifikasi dini ketika detak jantung berada di luar batas normal. Keterbatasan ini menunjukkan adanya peluang pengembangan sistem monitoring yang lebih terintegrasi dan adaptif.

Sensor MAX30102 merupakan sensor optik yang bekerja berdasarkan prinsip *photoplethysmography* (PPG), yaitu dengan memanfaatkan cahaya merah dan inframerah untuk mendeteksi perubahan volume darah pada pembuluh kapiler di bawah permukaan kulit [10]. Perubahan intensitas cahaya yang dipantulkan akibat denyut jantung diolah menjadi sinyal digital untuk menghitung nilai *beats per minute* (BPM) serta estimasi saturasi oksigen (SpO_2). Teknologi PPG ini juga banyak digunakan pada perangkat *wearable* seperti *smartwatch*, sehingga relevan untuk diaplikasikan pada sistem monitoring jantung portabel [11].

Dalam penelitian ini, sensor MAX30102 diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi untuk mengirimkan data ke *cloud database* *Firestore* secara *real-time*. Data hasil pengukuran kemudian ditampilkan melalui aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna dan dilengkapi dengan sistem notifikasi peringatan dini. Dengan menggabungkan sensor optik, mikrokontroler, *cloud* database, dan aplikasi mobile dalam satu sistem terintegrasi, penelitian ini diharapkan dapat melengkapi kekurangan pada penelitian sebelumnya serta menghadirkan solusi monitoring kinerja jantung yang portabel, *real-time*, dan mudah diakses.

III. METODE PELAKSANAAN

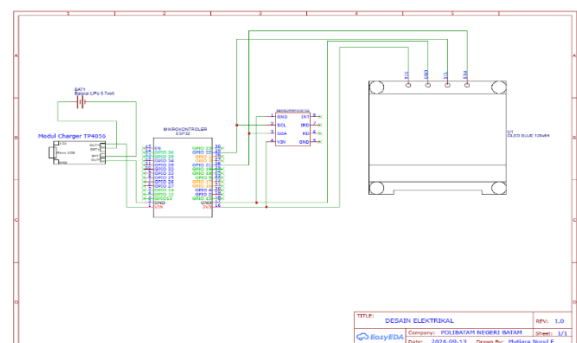
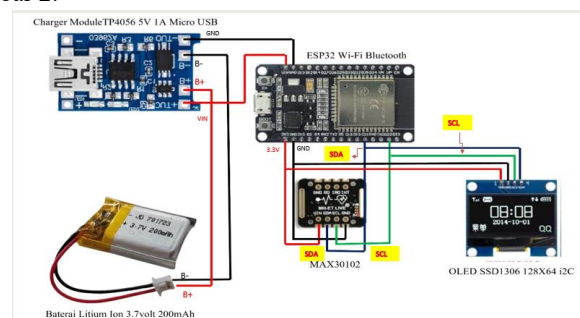
Pada metode ini akan membahas tahap pelaksanaan dari proyek yang berjudul “Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung” pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart tahap pelaksanaan

A. Perancangan dan Pembuatan Desain Elektrikal

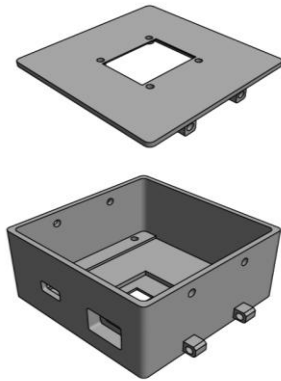
Perancangan elektrikal menggunakan *software* EasyEDA dengan *hardware* menggunakan komponen MAX30102, ESP32, Modul Charger TP4056, LiPo Baterai 3.7volt, Oled Blue. Pada desain elektrikal ini sensor max30102 dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama dan dilanjutkan dengan pemasangan *power supply* dari baterai LiPo yang dilengkapi dengan *modul charger* TP4056 dan *wiring* terakhir dihubungkan ke Oled Blue sebagai layar tampilan visual untuk menampilkan nilai denyut detak jantung (BPM) pada gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Desain Elektrikal

B. Perancangan Desain Mekanikal

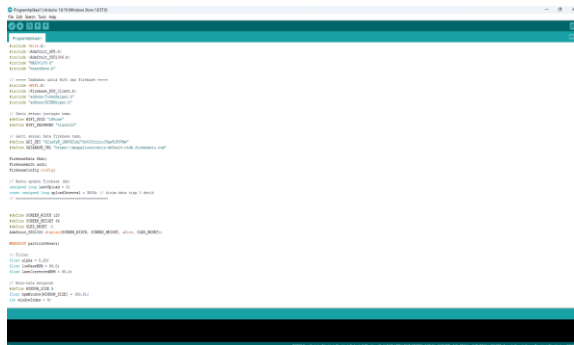
Perancangan Mekanikal di buat dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional dengan bentuk kotak ukuran 64x64mm, dengan dilengkapi strip jam, pencetakan desain mekanikal menggunakan *3D Printing* dengan bahan *cloud* yang di tunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Mekanikal

C. Perancangan Program Mikrokontroler

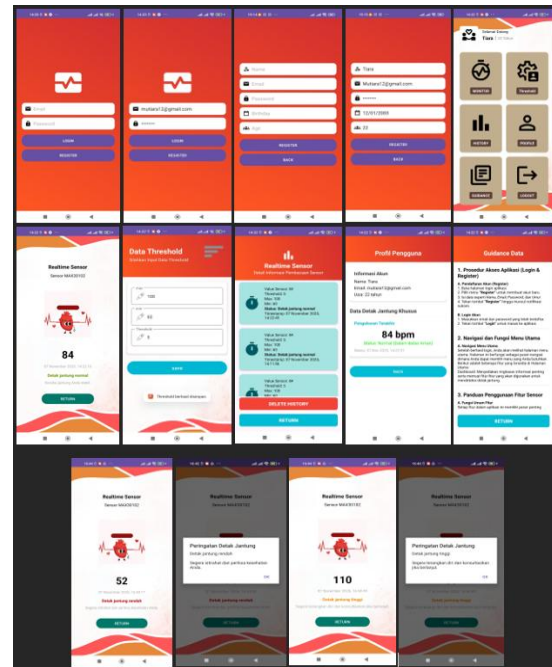
Perancangan program mikrokontroler menggunakan *software* Arduino IDE yang dibuat untuk mengolah, menerima data dari sensor dan dijadikan nilai BPM dan Spo2 pada gambar 4.



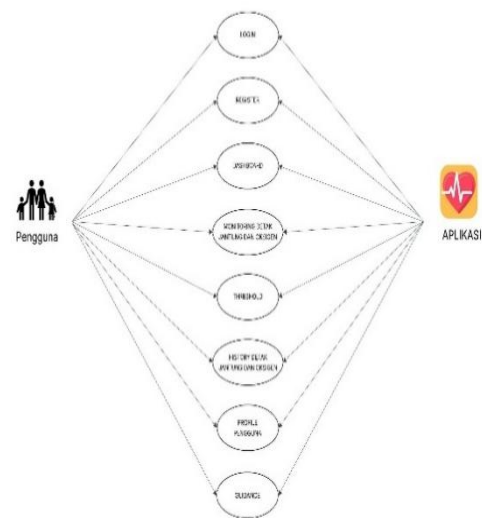
Gambar 4. Desain Program Mikrokontroler

D. Perancangan Desain Aplikasi

Perancangan desain aplikasi dibuat menggunakan *software* Android Studio dengan tujuan sebagai sistem monitoring data nilai BPM dan Spo2 dan sistem notifikasi dini yang berguna untuk mencegah serangan jantung apabila ada detak yang abnormal atau di luar ambang batas *threshold*. Desain ini terdiri dari halaman *login*, halaman *register*, *dashboard*, halaman monitoring *realtime* BPM dan Spo2, halaman pengaturan nilai *threshold*, halaman *history*, halaman profil, dan halaman prosedur penggunaan aplikasi pada gambar 5 dan 6.



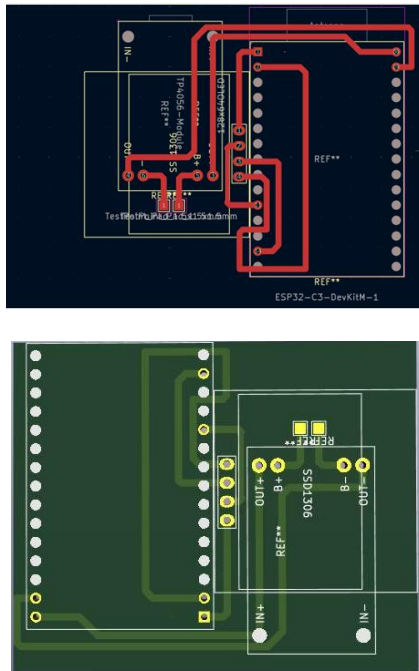
Gambar 5. Desain Aplikasi



Gambar 6. Usecase Aplikasi

E. Perancangan Desain PCB

Pada perancangan desain PCB dibuat menggunakan *software* KiCad, dengan komponen-komponen yang digunakan MAX30102, ESP32, Modul Charger TP4056, LiPo Baterai 3.7volt, dan Oled Blue disusun dan ditata jalur sambungan elektrikal nya pada papan sirkuit agar lebih rapi dan lebih teratur. Pada desain PCB ini *layout* PCB yang sudah di desain di print dalam kertas A4. Setelah itu, di cetak pada papan PCB polos menggunakan teknik manual dengan autan. Desain PCB nya ditujukan pada gambar 7.



Gambar 7. Desain PCB

F. Pengujian

Pada pengujian terdapat 3 bagian yaitu pengujian pada sensor, pengujian pada IoT, dan pengujian pada tampilan interface di LCD.

1. Pengujian Sensor MAX30102

Pengujian sensor dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan tingkat akurasi sensor MAX30102 dalam sistem monitoring Kinerja jantung yang dikembangkan. Pengujian diawali dengan memastikan instalasi elektrik sensor pada mikrokontroler ESP32 berfungsi dengan baik melalui pemberian catu daya dan pemeriksaan respons sensor. Selanjutnya, dibuat program sederhana menggunakan Arduino IDE untuk memverifikasi kemampuan sensor dalam mengukur nilai detak jantung (*beats per minute* / BPM) dan saturasi oksigen (SpO_2). Pengukuran dilakukan dengan menempatkan sensor pada pergelangan tangan pengguna, sementara data hasil pengukuran dibandingkan secara bersamaan dengan data yang ditampilkan oleh *smartwatch* sebagai alat pembanding.

Tahap berikutnya meliputi proses kalibrasi dan penyetelan awal sesuai dengan panduan penggunaan sensor MAX30102 untuk memastikan posisi sensor dan kondisi pengukuran optimal. Nilai BPM dan SpO_2 yang dihasilkan sistem kemudian dicatat secara berkala dan dibandingkan dengan hasil pengukuran *smartwatch* untuk menilai kestabilan dan konsistensi pembacaan sensor. Pengujian dilakukan secara berulang pada kondisi yang sama guna mengevaluasi tingkat konsistensi data. Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan analisis dengan menghitung persentase kesalahan (*error percentage*) antara hasil pengukuran sensor MAX30102 dan data referensi dari *smartwatch* untuk

menentukan tingkat akurasi sensor dalam sistem yang dirancang.

2. Pengujian Internet Of Things

Pengujian sistem *Internet of Things* (IoT) dilakukan untuk memastikan seluruh komponen, meliputi perangkat monitoring yang dirancang, *Firestore Realtime Database* dan *Authentication*, serta aplikasi Android, dapat berfungsi dan terintegrasi dengan baik. Pengujian diawali dengan verifikasi komunikasi antara sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP32 melalui antarmuka I2C, serta kemampuan ESP32 sebagai gateway dalam mengirimkan data hasil pengukuran ke *Firestore Realtime Database* secara *real-time*. Data yang diterima di sisi *cloud* selanjutnya diverifikasi kesesuaiannya dengan data yang ditampilkan pada aplikasi Android.

Selanjutnya, dilakukan pengujian respons sistem terhadap perubahan nilai detak jantung dan saturasi oksigen untuk memastikan aplikasi mampu memperbarui data secara tepat waktu serta menampilkan notifikasi peringatan dini ketika terdeteksi kondisi abnormal. Pengujian kestabilan jaringan juga dilakukan dengan mengamati performa pengiriman data pada berbagai kondisi lingkungan, baik di ruang terbuka maupun tertutup, guna memastikan tidak terjadi keterlambatan signifikan maupun kehilangan data selama proses transmisi dari perangkat ke aplikasi. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi keandalan sistem IoT dalam mendukung pemantauan kinerja jantung secara berkelanjutan.

3. Pengujian LCD Oled Blue

Pengujian *display* Oled Blue bertujuan agar data yang dihasilkan dapat di tampilkan pada alat yang dirancang secara *realtime* dan tepat waktu dan dapat dibaca oleh pengguna. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan program tampilan *display* yang dibuat di Arduino IDE lalu di transfer ke sistem yang dirancang melalui ESP32 untuk ditampilkan hasil dari nilai detak jantung BPM dan SpO_2 ke oled blue dengan dilengkapi animasi detak jantung dan keterangan detak jantung terdeteksi atau tidak.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

1. Data Pengujian Sensor MAX30102 dan Alat Pembanding

Tabel 1. Data pengujian nilai BPM Sensor MAX30102

NO	SERIES 1				SERIES 2				SERIES 3				SERIES 4				SERIES 5			
	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	DIFF	PERCENTAGE	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	DIFF	PERCENTAGE	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	DIFF	PERCENTAGE	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	DIFF	PERCENTAGE	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	DIFF	PERCENTAGE
1	88	87	1	1.14	75	76	1	1.33	95	95	0	0	99	95	4	4	88	85	3	3.41
2	88	87	1	1.14	75	75	0	0	88	87	1	1.14	88	88	0	0	88	87	1	1.14
3	88	88	0	0	77	78	1	1.3	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
4	88	85	3	3.41	74	74	0	0	88	88	0	0	88	87	1	1.14	88	88	0	0
5	88	86	2	2.27	75	75	0	0	88	88	0	0	88	87	1	1.14	88	88	0	0
6	91	91	0	0	75	74	1	1.33	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
7	87	84	3	3.44	78	78	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
8	88	88	0	0	77	77	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
9	88	88	0	0	75	75	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
10	87	88	1	1.14	82	82	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0	88	88	0	0
Average	88	86	2	2.27	74	75.7	1.7	2.3	88	88.4	0.4	0.45	88	88.2	0.2	0.23	88	88.4	0.4	0.45

Tabel 2. Data Pengujian nilai SpO_2 Sensor MAX30102

No	SUBJECT 1				SUBJECT 2				SUBJECT 3				SUBJECT 4				SUBJECT 5			
	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS	ENGR MATHS	SMATHS				
1	57	57	0	57	56	1	56	56	0	56	57	2	56	56	56	59	1			
2	57	57	0	57	56	1	56	56	0	56	57	2	56	56	56	59	1			
3	56	57	1	57	56	1	56	56	2	55	57	1	57	56	57	56	1			
4	55	57	2	55	56	1	57	55	1	55	55	0	56	56	56	56	2			
5	56	57	3	56	57	1	57	55	4	55	56	3	55	57	57	57	2			
6	56	57	0	57	0	57	0	54	5	57	56	5	57	56	56	56	2			
7	52	56	0	57	56	1	56	55	1	56	57	4	54	56	56	56	4			
8	55	56	3	56	56	0	57	56	1	55	57	2	55	56	56	56	1			
9	57	56	1	56	55	0	57	56	1	57	56	3	57	56	57	56	1			
10	55	56	0	56	56	0	56	56	1	55	55	0	56	56	56	56	1			
Ratio Rank	55	57.4	2	57	57	1	57	56.3	2	55	55.8	2	56	57.5	56	57.5				

Pada tabel 1 dan tabel 2 merupakan data pengujian nilai BPM dan SpO₂ terdapat beberapa data yang diperoleh dari hasil pengujian sensor max30102 yang membaca nilai detak jantung dan kadar oksigen dalam tubuh. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dalam waktu berurutan pada 5 subjek manusia. Dari data yang di hasilkan di lihat bahwa pada sistem yang dirancang nilai detak jantung dan kadar oksigen nya hampir mendekati dengan nilai detak jantung dan kadar oksigen pada alat pembanding yaitu *smartwatch* xiaomi smartband 9. Namun, ada beberapa data yang memiliki perbandingan yang cukup jauh di bandingkan *smartwatch*, hal itu kemungkinan dari adanya kondisi yang tidak stabil seperti pergerakan, posisi sensor, dan *noise* yang terdeteksi yang menyebabkan pembacaan sensor pada sistem menjadi tidak akurat atau kurang stabil juga.

2. Data Pengujian Terhadap Pasien

Tabel 3. Data pengujian terhadap pasien yang memiliki riwayat hipertensi usia 52 Tahun

NO	Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)	
	Normal	Setelah Beraktifitas	Normal	Setelah Beraktifitas
1	88	112	97	96
2	87	114	97	95
3	85	116	96	95
4	86	117	97	95
5	84	118	96	94
6	83	119	96	94
7	82	121	95	94
8	84	122	96	94
9	86	123	96	93
10	88	124	97	93
11	89	125	96	93
12	91	124	95	93
13	92	123	95	93
14	90	122	95	93
15	89	121	96	94
16	90	121	96	94
17	92	120	95	94
18	93	119	95	95
19	94	118	94	95
20	92	117	95	95

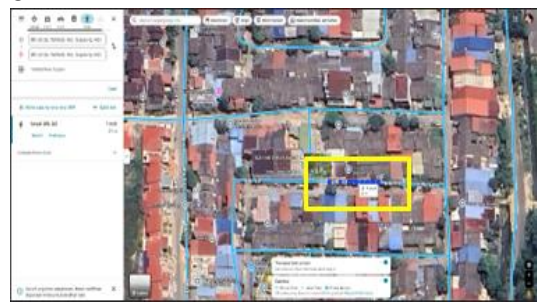
Tabel 4. Data Pengujian terhadap pasien normal usia 51 Tahun

NO	Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)	
	Normal	Setelah Beraktifitas	Normal	Setelah Beraktifitas
1	74	92	98	96
2	74	94	97	95
3	73	96	97	93
4	73	97	97	95
5	72	99	97	96
6	71	100	96	97
7	75	102	96	97
8	77	103	97	97
9	79	104	97	97
10	80	105	97	97
11	81	105	98	97
12	77	104	98	97
13	76	103	98	98
14	77	101	98	97
15	75	100	99	97
16	74	99	99	98
17	73	98	99	98
18	75	97	99	98
19	77	96	98	97
20	79	94	98	97

Pada tabel 3 dan 4 merupakan tabel pengujian sensor pada subjek yang memiliki riwayat penyakit yang rentan terkena jantung, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara kondisi jantung untuk orang normal, dengan orang yang memiliki riwayat penyakit jantung. Pengujian ini dilakukan pada 2 kondisi berbeda yaitu kondisi ketika normal atau tidak beraktifitas, dan setelah beraktifitas, yaitu berupa lari selama 5 menit. Pada kondisi normal sebelum beraktifitas nilai detak jantung pada pasien lumayan tinggi di bandingkan orang normal pada umumnya di usianya dengan kondisi sehat. Hal ini dikarenakan tinggi nya detak jantung itu merupakan bentuk dari adanya gangguan pada kondisi jantung.

3. Data Pengujian Komunikasi WiFi ESP32

Pada pengujian komunikasi WiFi ini dilakukan untuk mengetahui respon komunikasi dari Wifi pada ESP32 dalam mengirimkan nilai BPM dan SpO₂ ke Aplikasi Android dari jarak pengirimannya. Pengujian ini dilakukan berdasarkan tempat terbuka dan dan tempat yang ada penghalangnya. Tempat yang dilakukan sebagai area pengujian adalah dari rumah saya perumahan villa muka kuning blok E 2/12 sampai ke titik rumah bu ana perumahan villa muka kuning blok E 2/8 untuk tempat terbuka, dan untuk area tertutup nya adalah area dalam rumah sampai keluar rumah pribadi saya. Denah jarak rumah sesuai dengan gambar 8.



Gambar 8. Denah Jarak Lokasi Pengujian

Selanjutnya adalah hasil dari pengujian komunikasi via WiFi pada ESP32 dengan 2 cara yaitu di tempat terbuka dan di tempat yang tertutup.

Tabel 5. Hasil Pengujian via WiFi di tempat terbuka

No	Jarak	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Keterangan
		Beat Per Minute (BPM)	Kadar Oksigen (SpO2)			
1	2 meter	77	77	96	96	Terkirim
2	4 meter	74	74	96	96	Terkirim
3	6 meter	76	76	97	97	Terkirim
4	8 meter	78	78	97	97	Terkirim
5	10 meter	80	80	98	98	Terkirim
6	12 meter	81	81	98	98	Terkirim
7	14 meter	83	83	98	98	Terkirim
8	16 meter	86	86	99	99	Terkirim
9	18 meter	84	84	98	98	Terkirim
10	20 meter	88	88	98	98	Terkirim
11	22 meter	90	90	99	99	Terkirim
12	24 meter	92	92	98	98	Terkirim
13	26 meter	94	94	98	98	Terkirim
14	28 meter	99	99	97	97	Terkirim
15	29 meter	100		98		Tidak Terkirim

Tabel 6. Hasil Pengujian via WiFi di tempat tertutup

No	JARAK	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Keterangan
		Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)		
1	2 meter	86	86	97	97	Teknikum
2	4 meter	84	84	97	97	Teknikum
3	6 meter	83	81	96	96	Teknikum
4	8 meter	80	80	96	96	Teknikum
5	10 meter	83	83	97	97	Teknikum
6	12 meter	85	85	99	99	Teknikum

Pada tabel 5 dan 6 merupakan tabel hasil pengujian via WiFi pengujian yang dilakukan dengan cara menjauhkan aplikasi dari alat yang dirancang. Aplikasi digunakan sebagai alat monitoring untuk memantau kondisi detak jantung dan kadar oksigen secara *realtime* baik untuk pengguna, keluarga, bahkan dokter. Namun, pada sistem yang dirancang ini hanya menggunakan komunikasi WiFi pada mikrokontroler ESP32 nya saja, hal itu membuat jangkauan pada koneksi pengiriman

data terbatas, tergantung dari seberapa jauh koneksi dari WiFi itu sendiri tersambung. Pada pengujian ini dilakukan sejauh 29 meter ketika di tempat terbuka, alat masih bisa mengirimkan data nilai detak jantung dan kadar oksigen ke Aplikasi, setelah 29 meter WiFi terputus alat sudah tidak mengirimkan lagi data dan berhenti di nilai terakhir detak jantung dan kadar oksigen. Pada kondisi area yang tertutup jauh lebih kecil jarak nya yaitu 10 meter, hal itu dikarenakan pada kondisi tertutup dari dalam rumah ke luar rumah ada beberapa penghalang berupa tembok beton dan pintu yang membuat koneksi WiFi semakin lama melemah dan akhirnya terputus dan membuat alat tidak mengirimkan lagi data nilai detak jantung dan kadar oksigen ke aplikasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kinerja jantung berbasis sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP32 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk pemantauan detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen (SpO_2) dalam kehidupan sehari-hari.
2. Sistem mampu mengirimkan data hasil pengukuran secara *real-time* ke *Firestore Realtime Database* melalui koneksi Wi-Fi, serta menampilkan data tersebut pada aplikasi Android yang dilengkapi dengan fitur notifikasi peringatan dini berupa pesan informasi kondisi detak jantung dan rekomendasi tindakan ketika terdeteksi kondisi abnormal.
3. Hasil pengujian sensor menunjukkan perbedaan nilai detak jantung yang signifikan antara pengguna dengan riwayat hipertensi dan pengguna dengan kondisi normal, baik saat kondisi istirahat maupun setelah beraktivitas, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi variasi kondisi kardiovaskular.
4. Pengujian konektivitas Wi-Fi menunjukkan bahwa kualitas pengiriman data dipengaruhi oleh jarak dan kondisi lingkungan. Koneksi Wi-Fi pada area terbuka menunjukkan performa yang lebih stabil dan jangkauan yang lebih baik dibandingkan dengan area tertutup yang memiliki penghalang sinyal.
5. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki potensi sebagai solusi monitoring kinerja jantung yang portabel, *real-time*, dan mendukung upaya deteksi dini terhadap risiko serangan jantung.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sherwood, L. (2011). *Fundamentals of Human Physiology*. 4th ed. Cengage Learning.
- [2] World Health Organization (WHO). Cardiovascular diseases (CVDs). [Online]. Tersedia: <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases>. (Diakses: November 2025).
- [3] American Heart Association (AHA). Target Heart Rates Chart. [Online]. Tersedia: <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/target-heart-rates>. (Diakses: November 2025).
- [4] Baker, S. B., & Xiang, W., 2022. Wearable sensors for continuous cardiac monitoring: A review of current technologies and challenges. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69(1), pp.295–310.
- [5] Wibowo, S., 2020. Analisis Detak Jantung sebagai Indikator Kesehatan Kardiovaskular. *Jurnal Kesehatan*, 8(2), pp.45–52.
- [6] Setiawan, A., 2019. Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tangan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro*, pp.112–118.
- [7] Nugraha, R., 2021. Perancangan Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102. *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 9(1), pp.23–30.
- [8] Hidayat, M., 2022. Rancang Bangun Alat Monitor Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Android. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 5(1), pp.15–22.
- [9] Prasetyo, D., 2021. Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis Web. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 7(3), pp.101–108.
- [10] Maxim Integrated., 2020. *Datasheet MAX30102: Integrated Pulse Oximetry and Heart-Rate Sensor*.
- [11] Lee, S., et al., 2019. Photoplethysmography-Based beats Rate Monitoring Using Wearable Devices. *IEEE Sensors Journal*, 19(19), pp.9126–9133

