

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Serangan Jantung Dini berbasis IoT untuk Aktivitas di Luar Ruangan

Irgi Ferdiansyah^{1✉}, Agus Supardi²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. Ahmad Yani No. 157, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57169, Jawa Tengah, Indonesia

✉ Email korespondensi: d400200097@student.ums.ac.id

Abstrak. Serangan jantung atau penyakit jantung koroner (PJK) menjadi penyebab utama kematian global, menyumbang 16,2% kematian dunia pada 2019, termasuk 245.343 kematian di Indonesia. Serangan jantung mendadak banyak terjadi saat aktivitas fisik luar ruangan seperti lari dan sepak bola. Berdasarkan hal tersebut, penulis mengembangkan alat pendeteksi serangan jantung berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor MAX30102. Alat ini memantau detak jantung dan mengirim data ke bot Telegram setiap menit. Jika terdeteksi detak jantung abnormal, sistem akan mengirim data BPM dan lokasi setiap 10 detik. DFPlayer Mini akan memutar suara untuk menarik perhatian sekitar, dan setelah 2 menit, sistem akan melakukan panggilan darurat otomatis melalui CallMeBot. Proses pengembangan dimulai dari studi literatur, perancangan perangkat, pemrograman, pengujian fungsional, hingga penyusunan laporan. Pengujian menunjukkan bahwa sensor MAX30102 memiliki tingkat akurasi baik, dengan 6 dari 8 percobaan menunjukkan error <5% dengan perbandingan pulse oximeter. GPS NEO-7M akurat di area terbuka dan semi-terbuka (selisih <5 m, HDOP <1,4), tetapi tidak berfungsi di dalam ruangan (HDOP >99). DFPlayer aktif hanya saat BPM tinggi (>150), sesuai fungsi sebagai peringatan. Notifikasi Telegram berjalan stabil dalam kondisi normal maupun abnormal. Fitur CallMeBot berhasil memicu panggilan setelah 2 menit saat kondisi gawat terdeteksi. Pengujian lapangan saat jogging menunjukkan sistem mampu mengirim notifikasi dan lokasi secara akurat, sedangkan pada aktivitas dalam ruangan seperti bulutangkis, sistem tetap mengirim data BPM meski GPS tidak tersedia. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan sebagai alat monitoring dan peringatan dini serangan jantung saat beraktivitas, dengan potensi pengembangan lebih lanjut ke bentuk wearable yang lebih praktis.

Kata kunci: Serangan jantung; ESP32; MAX30102; NEO-7M; Telegram



PENDAHULUAN

Serangan jantung atau penyakit jantung koroner (PJK) merupakan kondisi serius yang terjadi ketika aliran darah ke otot jantung terhambat. Gangguan ini dapat mengurangi kemampuan jantung dalam memompa darah ke seluruh tubuh. Serangan jantung terjadi ketika suplai darah ke otot jantung terganggu atau berkurang secara drastis, umumnya disebabkan oleh penyumbatan pada arteri koroner. Gangguan ini dapat merusak jaringan jantung dan berpotensi menyebabkan kematian jika tidak segera ditangani. Penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung, menjadi penyebab utama kematian di seluruh dunia. Berdasarkan data *Global Burden of Disease* tahun 2019, penyakit jantung koroner menyumbang 16,2% dari total kematian global dan berkontribusi sebesar 7,19% terhadap total tahun hidup yang hilang akibat disabilitas di seluruh dunia [1]. Data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 2019, penyakit kardiovaskular menyebabkan kematian sebanyak 651.481 jiwa, dengan rincian 331.349 kematian akibat stroke dan 245.343 kematian akibat penyakit jantung koroner [2]. Peningkatan kesadaran masyarakat tentang gejala serangan jantung dan respons yang tepat juga penting. Studi menunjukkan bahwa persentase responden survei yang mengetahui pentingnya menelepon layanan darurat dalam kasus dugaan serangan jantung meningkat dari 91,8% pada tahun 2008 menjadi 94,9% pada tahun 2017. Namun, masih diperlukan edukasi lebih lanjut untuk memastikan respons cepat dan tepat dalam situasi darurat tersebut [3].

Kematian akibat serangan jantung mendadak (*Sudden Cardiac Death/SCD*) dan aritmia menjadi masalah kesehatan global yang signifikan, menyumbang 15–20% dari semua kematian. SCD sering terjadi tanpa gejala sebelumnya, dengan sebagian besar kasus disebabkan oleh penyakit arteri koroner [4]. Insiden SrSCA (*Sports-related Sudden Cardiac Arrest*) atau henti jantung secara tiba-tiba selama atau dalam waktu satu jam setelah melakukan aktivitas olahraga adalah 4,77 kasus per juta orang per tahun. Sebagian besar SrSCA terjadi pada olahraga rekreasi (91,7%), terutama sepak bola (46,3%) dan lari (23,8%) dengan didominasi laki laki [5]. Aktivitas olahraga dengan persentase henti jantung lebih banyak dilakukan di luar ruangan.

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat melalui jaringan internet, memungkinkan pertukaran data secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Dalam bidang kesehatan, IoT berperan sebagai inovasi strategis untuk meningkatkan efektivitas layanan medis, seperti pemantauan pasien secara daring, deteksi penyakit sejak dini, hingga manajemen penyakit dengan cara yang lebih terukur. Selain itu, IoT juga mendukung pengembangan sistem tanggap darurat dan peringatan dini dalam kondisi medis kritis. Melalui kemampuan integrasi antar perangkat, sistem dapat mengenali perubahan kondisi pasien



dan secara cepat mengirimkan data ke unit atau sistem lain untuk mempercepat proses penanganan.

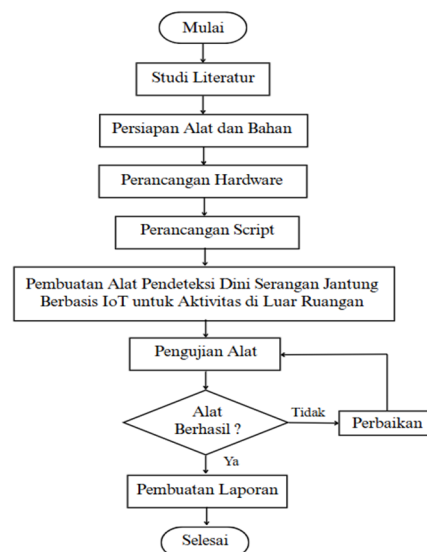
Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, penulis merancang sebuah perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang berfungsi untuk memantau dan mendeteksi gejala awal serangan jantung, khususnya saat aktivitas dilakukan di luar ruangan. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler dan untuk sensor detak jantung menggunakan MAX30102, Sensor ini memanfaatkan metode optik yang dikenal sebagai fotoplethismografi (PPG) untuk mendeteksi variasi volume darah yang terjadi di jaringan subkutan [6]. Modul GPS NEO-7M digunakan untuk memperoleh koordinat lokasi pengguna. Informasi detak jantung akan dikirim ke aplikasi Telegram setiap satu menit. Jika terdeteksi adanya kelainan irama jantung, sistem akan mengirimkan data denyut jantung beserta koordinat lokasi setiap 10 detik melalui bot Telegram. Modul DF Player juga akan diaktifkan untuk memberikan peringatan suara di sekitar pengguna. Setelah dua menit, sistem secara otomatis melakukan panggilan darurat melalui CallMeBot untuk memberikan notifikasi tambahan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi secara dini gangguan pada jantung dengan mengintegrasikan sensor MAX30102, GPS NEO-7M, Telegram, dan CallMeBot. Sistem ini dirancang agar dapat mengirimkan peringatan dalam bentuk pesan teks, informasi lokasi pengguna, alarm suara, dan panggilan. Fitur tambahan berupa kalibrasi sensor juga disediakan melalui bot Telegram, sehingga pengguna dapat melakukan pengaturan secara mandiri. Dengan sistem ini, diharapkan proses pemantauan kondisi dapat berlangsung lebih efisien, serta mempermudah keluarga atau tenaga medis dalam merespons situasi darurat. Penelitian ini juga mengeksplorasi mekanisme pengiriman peringatan dan panggilan otomatis yang dapat meminimalkan risiko keterlambatan penanganan.

METODE

Peneliti merancang dan mengembangkan sebuah sistem pendeteksi dini serangan jantung berbasis *Internet of Things* (IoT) yang difokuskan untuk digunakan pada aktivitas luar ruangan. Proses perancangan dimulai dengan melakukan studi literatur guna memahami karakteristik serangan jantung, teknologi pendeteksian detak jantung, serta integrasi berbagai modul IoT yang relevan. Tahapan selanjutnya adalah perancangan dan pembuatan alat yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler. Sensor MAX30102 digunakan untuk mendeteksi detak jantung. Menurut Savitri (2020) [6], sensor MAX30102 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan hasil pengujian menunjukkan akurasi sebesar 98,594% dibandingkan pulse oximeter, 98,754% dibandingkan sensor MAX30100, serta 99,52% dibandingkan



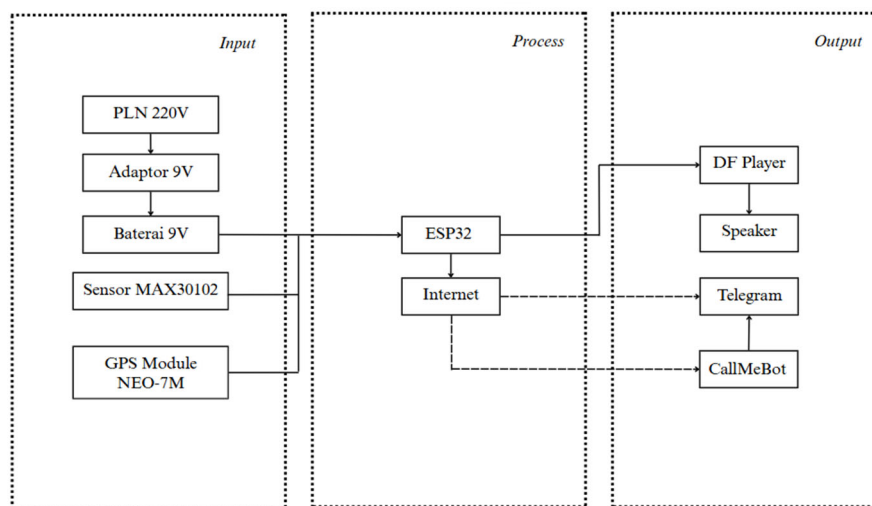
termometer digital. Untuk mengurangi gangguan atau noise pada sinyal detak jantung, digunakan kombinasi filter moving average 5 titik dan smoothing polynomial 9 titik yang terbukti efektif menjaga bentuk sinyal penting seperti kompleks QRS [7]. Kemudian untuk mendapatkan informasi lokasi pengguna, digunakan 3 modul GPS NEO-7M, berdasarkan penelitian Specht (2022) [8], akurasi posisi GPS sangat dipengaruhi oleh nilai HDOP (Horizontal Dilution of Precision), di mana HDOP yang rendah menunjukkan tingkat presisi lokasi yang tinggi. Hasil studi menunjukkan bahwa lebih dari 95% pengukuran memiliki nilai HDOP < 1 dalam kondisi ideal tanpa halangan, dan akurasi posisi meningkat seiring bertambahnya jumlah satelit yang terhubung, khususnya ketika jumlah satelit mencapai 12 atau lebih dengan variasi kecil yang datanya akan dikirim ke platform Telegram sebagai bagian dari sistem notifikasi darurat. Selain itu, untuk memberikan peringatan kepada orang-orang di sekitar pengguna saat terdeteksi adanya kondisi jantung tidak normal, sistem ini dilengkapi dengan modul DF Player Mini yang terhubung dengan speaker untuk menghasilkan suara peringatan. Sebagai langkah tambahan untuk memastikan notifikasi darurat benar-benar sampai, digunakan layanan CallMeBot yang memungkinkan sistem melakukan panggilan otomatis ke akun Telegram yang telah terdaftar apabila terjadi detak jantung abnormal. Metode pengembangan juga mencakup proses perancangan sistem secara keseluruhan, baik dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*script/program*). Setelah seluruh komponen dirakit dan diprogram, dilakukan serangkaian uji coba untuk memastikan sistem berjalan sesuai fungsinya.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Pada gambar 1 *flowchart* penelitian menunjukkan langkah pertama dimulai dengan studi literatur untuk mempelajari referensi dari alat yang akan dibuat. Selanjutnya dilakukan persiapan alat dan bahan seperti mikrokontroler, sensor, dan komponen lainnya. Setelah itu, merancang *hardware* sebagai rangkaian fisik dari sistem, lalu dilanjutkan dengan penulisan *script* untuk membaca dan mengirim data melalui jaringan IoT. Semua komponen dan program kemudian dirakit menjadi satu alat pendeteksi dini serangan jantung berbasis IoT untuk aktivitas di luar ruangan. Setelah alat dibuat, dilakukan pengujian untuk memastikan alat berfungsi dengan baik. Jika belum berhasil, dilakukan perbaikan dan pengujian ulang hingga alat berfungsi dengan baik. Terakhir, dilakukan penulisan laporan berdasarkan hasil pengujian.

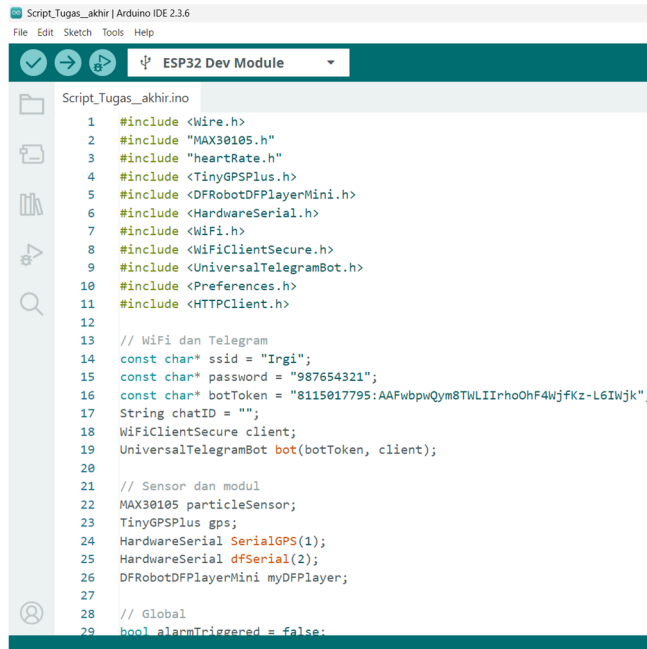


Gambar 2. Perancangan Sistem

Pada gambar 2 perancangan sistem menunjukkan blok diagram sistem pendeteksi dini serangan jantung berbasis IoT yang terbagi menjadi tiga bagian utama: *input*, proses, dan *output*. Sistem mendapat pasokan listrik dari sumber PLN 220 V AC yang dikonversi menjadi 9 V DC melalui adaptor, kemudian digunakan untuk mengisi baterai 9 V sebagai catu daya utama, memungkinkan perangkat bekerja secara *portable* dan sistem dapat beroperasi tanpa ketergantungan pada sumber listrik tetap. Pada bagian *input*, digunakan dua komponen utama, yaitu sensor MAX30102 untuk memantau detak jantung secara terus-menerus dan modul GPS NEO-7M untuk memperoleh koordinat lokasi pengguna. Kedua data ini dikirimkan ke bagian proses, yaitu mikrokontroler ESP32. ESP32 yang mendukung konektivitas Wi-Fi, berfungsi memproses data dari sensor dan menentukan apakah terdapat kelainan pada detak jantung. Jika terdeteksi kondisi abnormal, ESP32 akan mengaktifkan DFPlayer Mini yang terhubung dengan speaker untuk mengeluarkan suara peringatan, sebagai sinyal lokal agar orang sekitar dapat segera membantu. Secara



bersamaan, sistem juga mengirim notifikasi berisi data denyut jantung dan lokasi ke akun Telegram melalui bot yang telah dikonfigurasi, agar informasi dapat dipantau oleh pihak terkait. Setelah dua menit, sistem secara otomatis memicu layanan CallMeBot untuk melakukan panggilan suara ke akun Telegram darurat sebagai bentuk notifikasi tambahan untuk memastikan kondisi darurat benar-benar ditanggapi oleh kontak yang dituju.

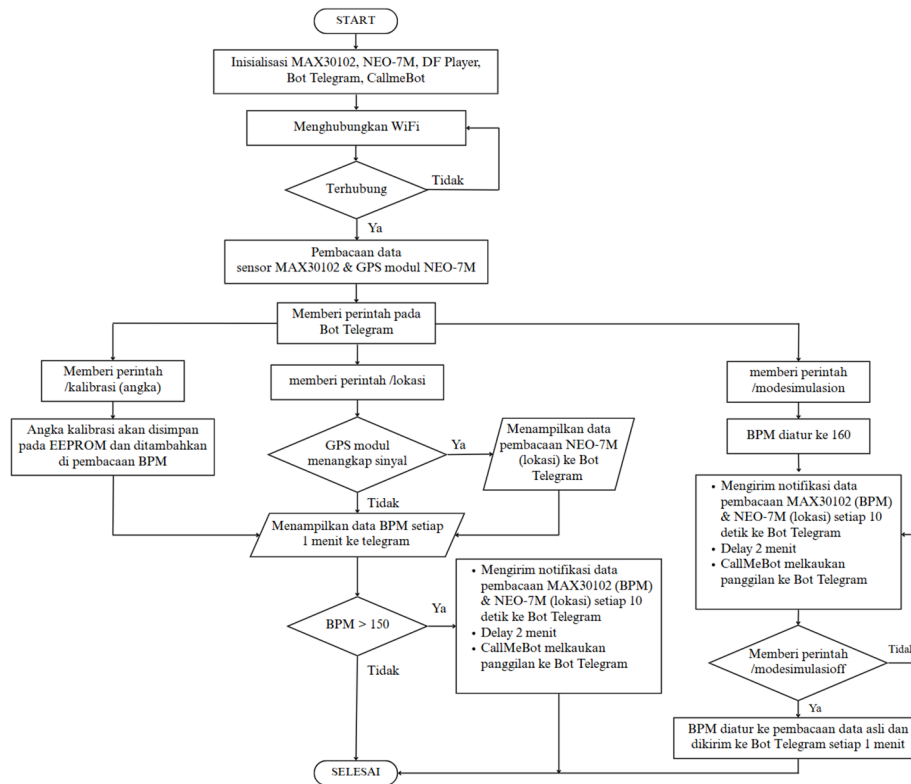


```
Script_Tugas_akhir | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module
Script_Tugas_akhir.ino
1 #include <Wire.h>
2 #include "MAX30105.h"
3 #include "heartRate.h"
4 #include <TinyGPSPlus.h>
5 #include <DFRobotDFPlayerMini.h>
6 #include <HardwareSerial.h>
7 #include <WiFi.h>
8 #include <WiFiClientSecure.h>
9 #include <UniversalTelegramBot.h>
10 #include <Preferences.h>
11 #include <HttpClient.h>
12
13 // WiFi dan Telegram
14 const char* ssid = "Irgi";
15 const char* password = "987654321";
16 const char* botToken = "8115017795:AAFwbpwQym8TWLIIRhoOhF4Wjfkz-L6IWjk";
17 String chatID = "";
18 WiFiClientSecure client;
19 UniversalTelegramBot bot(botToken, client);
20
21 // Sensor dan modul
22 MAX30105 particleSensor;
23 TinyGPSPlus gps;
24 HardwareSerial SerialGPS(1);
25 HardwareSerial dfSerial(2);
26 DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
27
28 // Global
29 bool alarmTriggered = false;
```

Gambar 3. Cuplikan *Script* Program Arduino UNO

Pada gambar 3 merupakan cuplikan *script* program yang dibuat menggunakan Arduino IDE untuk perangkat ESP32, yang digunakan dalam sistem deteksi dini serangan jantung berbasis IoT. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor dan modul komunikasi guna memantau kondisi pengguna serta mengirimkan notifikasi darurat melalui Telegram. Beberapa *library* penting digunakan dalam *script* ini, seperti MAX30105.h dan heartRate.h untuk membaca detak jantung, TinyGPSPlus.h untuk modul GPS, serta DFRobotDFPlayerMini.h untuk pemutar audio lokal. Sementara itu, UniversalTelegramBot.h digunakan untuk komunikasi dengan bot Telegram.



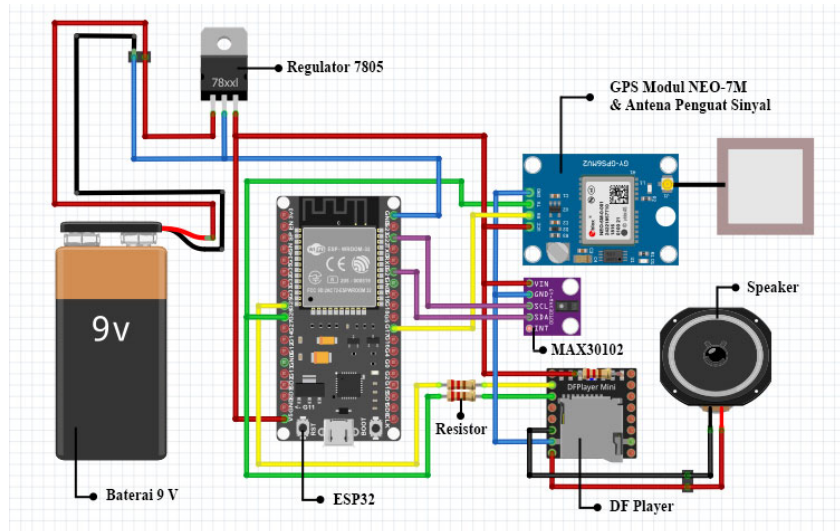


Gambar 4. Flowchart Script Alat Pendeteksi Serangan Jantung Dini Berbasis IoT

Pada gambar 4 *flowchart script* alat pendeteksi serangan jantung dini berbasis IoT menggambarkan alur kerja sistem deteksi dini serangan jantung berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini memanfaatkan integrasi antara sensor denyut jantung MAX30102, modul GPS NEO-7M, modul audio DFPlayer, layanan bot Telegram, dan CallMeBot. Proses dimulai dengan inisialisasi seluruh komponen perangkat keras, dilanjutkan dengan upaya koneksi ke jaringan Wi-Fi. Apabila koneksi berhasil, sistem akan melakukan pembacaan data denyut jantung dan lokasi. Pengguna dapat mengirimkan perintah melalui bot Telegram untuk dua fungsi utama, yaitu perintah kalibrasi dan permintaan lokasi. Perintah kalibrasi bertujuan untuk menetapkan pembacaan yang sesuai, sehingga dapat digunakan dalam proses pembacaan BPM (*Beats Per Minute*) berikutnya. Sementara itu, perintah lokasi akan mengaktifkan pembacaan data koordinat dari modul NEO-7M dan mengirimkannya ke bot Telegram, selama sinyal GPS tersedia. Sistem secara otomatis mengirimkan data BPM ke bot Telegram setiap satu menit sebagai pemantauan rutin. Namun, apabila nilai BPM melebihi ambang batas yang telah dikalibrasi (misalnya >150 BPM), maka sistem akan masuk ke mode darurat. Dalam kondisi ini, sistem mengirimkan data BPM dan lokasi setiap 10 detik ke bot Telegram, kemudian menunggu selama dua menit untuk melakukan panggilan darurat menggunakan CallMeBot, sehingga dapat memberikan notifikasi tambahan



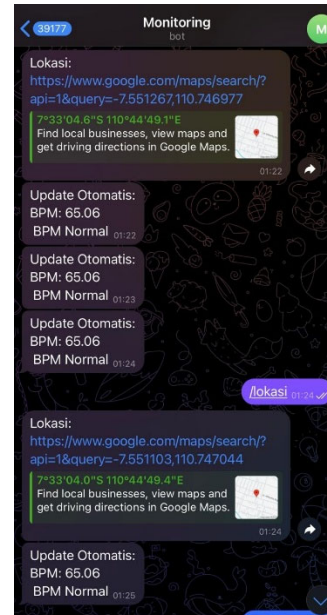
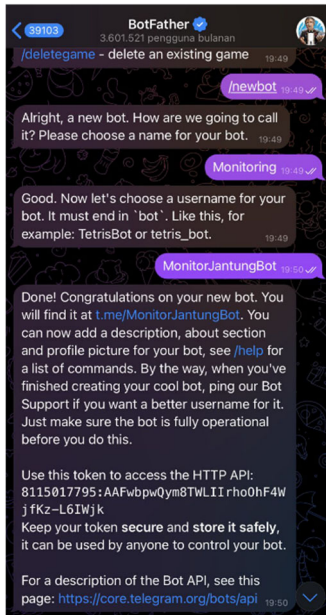
terhadap kondisi darurat. Penulis menyediakan mode simulasi yang dapat diaktifkan melalui perintah /modesimulasi. Pada mode ini, sistem akan mensimulasikan denyut jantung sebesar 160 BPM untuk keperluan pengujian fitur notifikasi dan pemanggilan darurat. Mode ini memungkinkan verifikasi fungsionalitas sistem tanpa bergantung pada kondisi nyata. Sistem akan kembali ke mode pembacaan data aktual apabila perintah /modesimulasi dinonaktifkan.



Gambar 5. Perancangan *Hardware*

Pada gambar 5 merupakan rangkaian perancangan hardware yang dibuat menggunakan fritzing. Rangkaian terdiri dari ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan beberapa komponen utama seperti sensor MAX30102, modul GPS NEO-7M, dan DFPlayer Mini. Sumber daya utama sistem berasal dari adaptor DC eksternal, yang kemudian distabilkan melalui regulator tegangan 7805 untuk menghasilkan tegangan 5 V yang sesuai bagi sebagian besar komponen. Sensor MAX30102 terhubung ke ESP32 melalui komunikasi I2C (pin SDA dan SCL), dan berfungsi sebagai alat pengukur denyut jantung. Sensor ini memiliki tingkat sensitivitas tinggi untuk deteksi dini gangguan jantung. Modul GPS NEO-7M digunakan untuk memperoleh koordinat lokasi pengguna. Modul ini terhubung ke ESP32 menggunakan komunikasi UART (TX dan RX), dan antena eksternalnya membantu meningkatkan akurasi posisi. Untuk keluaran audio, digunakan DFPlayer Mini, sebuah modul pemutar audio berbasis microSD yang dapat memutar file MP3. Modul ini terhubung ke ESP32 juga melalui UART dan dihubungkan dengan speaker mini sebagai output audio. Pada jalur komunikasi data, sistem menggunakan konektivitas Wi-Fi bawaan ESP32 untuk mengirimkan notifikasi darurat melalui Telegram dan melakukan panggilan otomatis melalui CallMeBot.





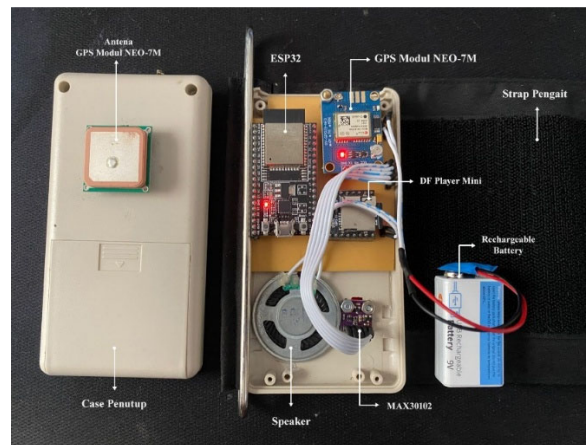
Gambar 6. Bot Telegram BotFather

Gambar 7. Bot Telegram Monitoring

Fungsi telegram pada alat ini untuk menampilkan notifikasi data detak jantung dan lokasi yang dikirim ESP32. Pembuatan bot Telegram dimulai dengan mengakses layanan resmi Telegram bernama BotFather ditunjukkan pada gambar 6. Proses pembuatan bot dilakukan dengan mengirimkan perintah `/newbot`. Kemudian menambahkan *username* yang unik dan harus diakhiri dengan kata "bot". Setelah *username* ditambahkan, BotFather akan menghasilkan token API, yang digunakan untuk mengakses dan mengendalikan bot melalui permintaan HTTP. Token ini menjadi penghubung utama antara perangkat mikrokontroler ESP32 dengan server Telegram. Token API dan ID Telegram yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam program, bersamaan dengan data SSID dan kata sandi jaringan hotspot, agar perangkat dapat terhubung ke internet dan menjalankan komunikasi secara lancar. Pada gambar 7 merupakan hasil bot Telegram yang dibuat melalui BotFather dengan nama Monitoring yang berfungsi sebagai media komunikasi utama. Melalui bot tersebut, pihak pemantau dapat menerima pembaruan otomatis berupa data detak jantung (BPM), serta tautan lokasi dari modul GPS. Notifikasi saat keadaan jantung abnormal juga melalui bot tersebut.



HASIL



Gambar 8. Hasil Perancangan Alat dari Dalam



Gambar 9. Hasil Perancangan Alat Saat Terpasang

Pada gambar 8 merupakan hasil dari perancangan alat, perancangan sistem ini menggunakan papan PCB sebagai media utama penyambungan antara komponen ESP32, sensor MAX30102, modul GPS NEO-7M, dan DF Player. Sumber daya utama berasal dari baterai 9 V yang terlebih dahulu dialirkan melalui regulator tegangan LM7805 untuk diturunkan menjadi 5 V, kemudian disalurkan sebagai catu daya ke ESP32 dan seluruh komponen pendukung. Pada bagian belakang kotak perangkat dibuat lubang khusus sebagai jalur pembacaan data oleh sensor MAX30102 yang ditempatkan pada lengan atas pengguna ditunjukkan pada gambar 9. Modul speaker dipasang di dalam kotak rangkaian dan berfungsi untuk menghasilkan *output* suara dari DF Player sesuai dengan sinyal yang diterima.



Tabel 1. Pengujian sensor MAX30102

No	Percobaan	Hasil MAX30102 (BPM)	Pulse Oxymeter (BPM)	Persentase Error (%)	Keterangan
1	Percobaan 1	83,31	83	0,37%	Akurat
2	Percobaan 2	84,79	84	0,94%	Akurat
3	Percobaan 3	95,23	91	4,65%	Cukup Akurat
4	Percobaan 4	83,78	82	2,17%	Cukup Akurat
5	Percobaan 5	95,88	95	0,93%	Akurat
6	Percobaan 6	98,28	88	11,68%	Kurang Akurat
7	Percobaan 7	79,07	89	11,17%	Kurang Akurat
8	Percobaan 8	90,50	91	0,55%	Akurat

Pengujian yang dilakukan pada sensor MAX30102 ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan keakuratan data yang diperoleh. Hasil pengukuran dari sensor ini kemudian akan dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu pulse oximeter. Tabel 1 menunjukkan pengujian sensor MAX30102 mampu mengukur detak jantung dengan hasil yang cukup mendekati pulse oximeter. Enam percobaan menunjukkan hasil yang akurat dan cukup akurat dengan persentase *error* di bawah 5%. Namun, terdapat dua percobaan yang menghasilkan *error* di atas 10%, sehingga dianggap tidak akurat. Kesalahan ini kemungkinan disebabkan oleh posisi sensor yang kurang tepat, gerakan tubuh, atau interferensi sinyal optik. Secara umum, MAX30102 dapat digunakan untuk memantau detak jantung dengan cukup baik, tetapi tetap perlu diperhatikan cara pemasangan dan kondisi saat pengukuran agar hasilnya lebih akurat.



Tabel 2. Pengujian GPS Modul pada kondisi terbuka

Percobaan	Akuisisi Sinyal	Koordinat (Lat, Long)		Selisih jarak (m)	Jumlah Satelit	HD OP	Keterangan
		NEO-7M	Lokasi Sebenarnya				
Percobaan 1	< 1 menit	-7.55199, 110.757005	-7.5519442, 110.7569343	< 1	6	0,95	Akurat
Percobaan 2	< 1 menit	-7.55197, 110.756988	-7.5519442, 110.7569343	< 1	8	0,84	Akurat
Percobaan 3	2 menit	-7.55365, 110.757342	-7.5536628, 110.7573380	< 1	8	1,23	Akurat

Tabel 3. Pengujian NEO-7M pada lingkungan semi terbuka

Percobaan	Akuisisi Sinyal	Koordinat (Lat, Long)		Selisih jarak (m)	Jumlah Satelit	HD OP	Keterangan
		NEO-7M	Lokasi Sebenarnya				
Percobaan 1	< 1 menit	-7.553674, 110.757312	-7.553771, 110.7574292	< 1	6	1,39	Akurat
Percobaan 2	< 1 menit	-7.553723, 110.757282	-7.553746, 110.7573319	< 1	10	0,74	Akurat
Percobaan 3	< 1 menit	-7.553758, 110.757313	-7.553684, 110.7572407	5	3	1,76	Cukup Akurat



Tabel 4. Pengujian NEO-7M pada lingkungan tertutup

Percobaan	Akuisisi Sinyal	Koordinat (Lat, Long)		Selisih jarak (m)	Jumlah Satelit	HD OP	Keterangan
		NEO-7M	Lokasi Sebenarnya				
Percobaan 1	-	-	-7.5521429, 110.7571854	-	0	99,99	Tidak Akurat
Percobaan 2	-	-	-7.5521429, 110.7571854	-	0	99/9	Tidak Akurat
Percobaan 3	-	-	-7.5536805, 110.7572686	-	0	99,99	Tidak Akurat

Pengujian yang dilakukan pada modul GPS NEO-7M ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan posisi yang akan dibandingkan dengan koordinat lokasi sebenarnya, serta waktu akuisisi sinyal atau lamanya waktu yang dibutuhkan modul GPS untuk pertama kali mendapatkan sinyal GPS setelah dinyalakan. Pengujian dilakukan di beberapa kondisi lingkungan, seperti ruang terbuka, semi terbuka, dan tertutup. Berdasarkan hasil pengujian pada modul GPS NEO-7M dalam tiga kondisi lingkungan berbeda, diperoleh bahwa hasil terbaik dicapai pada lingkungan terbuka. Pada kondisi ini, akurasi posisi sangat tinggi dengan selisih jarak kurang dari satu meter, jumlah satelit yang terdeteksi berkisar antara 6 hingga 8, dan nilai HDOP berada di bawah 1, yang menunjukkan kualitas sinyal sangat baik seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Pada lingkungan semi terbuka, akurasi tetap tergolong baik dengan selisih jarak hingga 5 meter, deteksi satelit antara 3 hingga 10, serta nilai HDOP sedikit lebih tinggi namun masih dalam batas wajar seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Sebaliknya, pada lingkungan tertutup, modul tidak mampu mengakuisisi sinyal satelit sehingga tidak dapat menentukan posisi, ditandai dengan nilai HDOP sebesar 99,99 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4. Selain itu, durasi waktu aktif modul turut memengaruhi akurasi, di mana semakin lama modul dinyalakan, jumlah satelit yang terdeteksi meningkat dan posisi yang dihasilkan menjadi lebih akurat, khususnya pada kondisi terbuka dan semi terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa modul GPS NEO-7M hanya efektif digunakan di area terbuka atau semi terbuka dengan visibilitas langit yang cukup baik.



Tabel 5. Pengujian DF Player Mini dan Speaker

No	Percobaan	Hasil BPM	Kondisi BPM	Speaker Aktif
1	Percobaan 1	40	Rendah	Tidak
2	Percobaan 2	87	Normal	Tidak
3	Percobaan 3	160	Tinggi	Ya

Pengujian yang dilakukan pada modul DFPlayer Mini ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan modul dalam memutar file audio secara otomatis saat kondisi darurat terdeteksi oleh sistem. Pengujian difokuskan pada keberhasilan pemutaran audio saat kondisi darurat terdeteksi. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian DF Player berjalan sesuai rancangan. Saat BPM rendah (40) dan normal (87), speaker tidak aktif. Namun, ketika BPM tinggi (160), speaker aktif sebagai peringatan. Ini membuktikan bahwa sistem dapat memberikan respon yang sesuai berdasarkan kondisi detak jantung.

Tabel 6. Pengujian Bot Telegram Saat Kondisi Normal

Percobaan	Jenis Data	Cara Pengiriman	Interval Pengiriman	Keterangan
Percobaan 1	BPM	Otomatis	Setiap 1 menit	Berhasil terkirim stabil
Percobaan 2	Lokasi	Manual	Sesuai permintaan	Berhasil
Percobaan 3	Lokasi	Manual	Sesuai permintaan	Berhasil

Tabel 7. Pengujian Bot Telegram Saat Kondisi Tidak Normal

Percobaan	Jenis Data	Cara Pengiriman	Interval Pengiriman	Keterangan
Percobaan 1	BPM + Lokasi	Otomatis	Setiap 10 detik	Berhasil terkirim stabil
Percobaan 2	BPM + Lokasi	Otomatis	Setiap 10 detik	Berhasil terkirim stabil
Percobaan 3	BPM + Lokasi	Otomatis	Setiap 10 detik	Berhasil terkirim stabil



Pengujian pada Bot Telegram ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengirimkan pesan otomatis ke akun Telegram. Pengujian mencakup keberhasilan pengiriman pesan. Pengujian juga dilakukan saat kondisi detak jantung normal dan tidak normal. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem notifikasi berbasis bot Telegram berfungsi secara baik dalam dua kondisi berbeda. Pada kondisi normal ditunjukkan pada tabel 6, data BPM berhasil dikirim secara otomatis setiap 1 menit, dan lokasi dapat dikirim sesuai permintaan pengguna. Sementara pada kondisi tidak normal ditunjukkan pada tabel 7, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi BPM dan lokasi setiap 10 detik dengan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi responsif sesuai kebutuhan.

Tabel 8. Pengujian CallMeBot

Percobaan	Kondisi Darurat Terdeteksi	Panggilan Terjadi	Waktu Delay	Keterangan
Percobaan 1	Tidak	Tidak	-	Berhasil
Percobaan 2	Ya	Ya	2 menit	Berhasil
Percobaan 3	Ya	Ya	2 menit	Berhasil

Pengujian yang dilakukan pada fitur CallMeBot ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja sistem dalam melakukan panggilan suara otomatis saat kondisi darurat terdeteksi. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa CallMeBot dapat melakukan panggilan ke akun Telegram pengguna yang telah diverifikasi, sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya dalam program. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem CallMeBot berhasil mendeteksi kondisi darurat dan secara otomatis melakukan panggilan ke nomor darurat setelah jeda waktu selama 2 menit. Saat kondisi darurat tidak terdeteksi, sistem tidak mengirimkan panggilan, menunjukkan sistem bekerja sesuai rancangan seperti yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 9. Pengujian Saat Aktivitas Joging (Luar Ruangan)

No	Waktu	BPM	Keterangan BPM	Status GPS (Mendapat Sinyal)	Status Notifikasi Telegram
1	16:35	86,79	Normal	Tersedia	Terkirim
2	16:36	89,01	Normal	Tersedia	Terkirim
3	16:37	91,32	Normal	Tersedia	Terkirim
4	16:38	99,91	Normal	Tersedia	Terkirim
5	16:39	95,82	Normal	Tersedia	Terkirim



6	16:40	111,98	Tinggi	Tersedia	Terkirim
7	16:41	103,77	Tinggi	Tersedia	Terkirim
8	16:42	96,83	Normal	Tersedia	Terkirim

Pengujian yang dilakukan pada saat pengguna melakukan aktivitas fisik bertujuan untuk mengetahui respons sistem dalam mendeteksi detak jantung, ketersediaan sinyal GPS, serta pengiriman notifikasi ke Telegram. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat tetap bekerja secara optimal dalam kondisi dinamis dan bergerak, serta mampu mengirimkan notifikasi secara otomatis ketika kondisi detak jantung tidak normal terdeteksi. Selain itu, status ketersediaan sinyal GPS juga dicatat untuk melihat apakah sinyal tersedia selama aktivitas berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian saat aktivitas jogging di luar ruangan seperti yang ditunjukkan pada tabel 9. Sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan responsif. Saat pengujian alat dipasang pada lengan kiri bagian atas. Selama delapan menit pengujian, sistem berhasil mencatat nilai detak jantung, status sinyal GPS, dan pengiriman notifikasi secara otomatis. Pada enam menit pertama (16:35–16:39 dan 16:42), detak jantung berada dalam rentang normal, yaitu 86,79–99,91 bpm. Dalam kondisi ini, notifikasi BPM dikirim setiap satu menit dan berhasil terkirim, dan sinyal GPS tersedia tanpa gangguan. Pada pukul 16:40 dan 16:41, detak jantung meningkat menjadi 111,98 dan 103,77 bpm yang dikategorikan sebagai tinggi. Sistem tetap berfungsi normal, mengirimkan notifikasi BPM dan lokasi secara otomatis tanpa hambatan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kondisi dan tetap dapat memberikan informasi secara akurat selama aktivitas berlangsung

Tabel 10. Pengujian Saat Aktivitas Bulutangkis (Dalam Ruangan)

No	Waktu	BPM	Keterangan BPM	Status GPS (Mendapat Sinyal)	Status Notifikasi Telegram
1	13:41	104,82	Tinggi	Tidak Tersedia	Terkirim
2	13:42	90,73	Normal	Tidak Tersedia	Terkirim
3	13:43	90,84	Normal	Tidak Tersedia	Terkirim
4	13:44	103,92	Tinggi	Tidak Tersedia	Terkirim
5	13:45	96,56	Normal	Tidak Tersedia	Terkirim
6	13:46	109,09	Tinggi	Tidak Tersedia	Terkirim
7	13:47	109,09	Tinggi	Tidak Tersedia	Terkirim
8	13:48	114,49	Tinggi	Tidak Tersedia	Terkirim



Berdasarkan hasil pengujian saat melakukan aktivitas bulutangkis di dalam ruangan seperti yang ditunjukkan pada tabel 10. Sistem terbukti bekerja dengan baik dalam mendeteksi detak jantung dan mengirim notifikasi melalui Telegram. Alat digunakan pada lengan kiri bagian atas. Selama delapan menit pengujian, tercatat lima waktu dengan detak jantung tinggi, yaitu pada pukul 13:41, 13:44, 13:46, 13:47, dan 13:48, dengan BPM berkisar antara 103,92 hingga 114,49. Tiga waktu lainnya menunjukkan BPM dalam kategori normal, antara 90,73 hingga 96,56. Seluruh pengujian dilakukan di dalam ruangan sehingga sinyal GPS tidak tersedia. Meskipun demikian, sistem tetap dapat mengirimkan notifikasi BPM secara otomatis ke Telegram. Hal ini membuktikan bahwa meskipun tanpa data lokasi, sistem tetap dapat menjalankan fungsinya untuk memantau kondisi detak jantung.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi serangan jantung berbasis IoT yang dikembangkan mampu menjalankan fungsi pemantauan detak jantung dan notifikasi darurat secara efektif. Sensor MAX30102 terbukti memiliki akurasi yang cukup baik, dengan enam dari delapan percobaan menunjukkan error di bawah 5%. Dua percobaan dengan error di atas 10% kemungkinan disebabkan oleh posisi sensor yang kurang tepat atau pergerakan tubuh, sebagaimana juga ditemukan dalam studi Savitri (2020), yang menekankan pentingnya kestabilan kontak antara sensor dan permukaan kulit. Oleh karena itu, desain mekanik yang ergonomis menjadi faktor penting untuk menjaga konsistensi pengukuran. Modul GPS NEO-7M menunjukkan hasil akurat pada area terbuka dan semi terbuka, dengan HDOP < 1,4 dan deviasi koordinat < 5 meter, yang konsisten dengan penelitian Specht (2022). Namun, pada lingkungan tertutup, modul ini tidak mampu memperoleh sinyal. DFPlayer Mini terbukti berfungsi sebagai sistem peringatan suara dengan baik, hanya aktif saat BPM tinggi (>150) sesuai dengan rancangan, sehingga dapat memperingatkan orang sekitar pengguna saat kondisi darurat terjadi. Bot Telegram berjalan stabil dalam dua kondisi berbeda. Saat BPM normal, notifikasi dikirim setiap menit; saat BPM tinggi, data BPM dan lokasi dikirim setiap 10 detik. Ini menunjukkan sistem mampu beradaptasi dengan dinamika kondisi pengguna.

Fitur CallMeBot bekerja sesuai skenario yang dirancang, yaitu hanya memicu panggilan setelah 2 menit deteksi BPM abnormal dan tetap tidak aktif saat kondisi normal. Fitur ini berguna sebagai sistem eskalasi notifikasi untuk memastikan pihak keluarga atau medis mendapatkan peringatan tambahan dalam situasi darurat. Pengujian aktivitas luar ruangan seperti jogging menunjukkan bahwa sistem responsif dan stabil, dengan GPS dan notifikasi Telegram aktif sepanjang sesi. Sementara pada aktivitas dalam ruangan seperti bulutangkis, meskipun sinyal GPS tidak tersedia, sistem tetap dapat



memantau dan mengirimkan data BPM dengan baik. Walaupun saat digunakan harus direkatkan dengan kencang agar posisi sensor tetap konsisten untuk pembacaan. Secara keseluruhan, sistem ini mampu mendeteksi kondisi jantung secara dini dan memberikan notifikasi secara baik, dengan potensi besar untuk dikembangkan menjadi perangkat *wearable* yang lebih praktis dan ergonomis.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem deteksi serangan jantung berbasis IoT untuk aktivitas diluar ruangan yang memanfaatkan sensor MAX30102 untuk pemantauan detak jantung, modul GPS NEO-7M untuk pelacakan lokasi, serta layanan Telegram dan CallMeBot untuk pengiriman notifikasi kondisi darurat. Sistem mampu mendeteksi kondisi denyut jantung yang tidak normal dan secara otomatis mengirimkan data BPM dan lokasi dalam interval 10 detik, serta mengirim data secara berkala saat kondisi normal. Sensor MAX30102 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi denyut jantung. Tapi, pembacaan kadang kurang stabil apabila sensor tidak menempel secara konsisten pada permukaan kulit. Hal ini menunjukkan pentingnya desain mekanis yang dapat mempertahankan posisi sensor agar tetap presisi selama pemakaian. Modul GPS NEO-7M memberikan hasil akurasi lokasi yang baik pada lingkungan terbuka dan semi terbuka, tapi tidak dapat digunakan di lingkungan tertutup karena tidak mampu memperoleh sinyal satelit. Hasil pengujian saat aktivitas fisik, baik di luar ruangan (seperti jogging) maupun di dalam ruangan (seperti bulutangkis), menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara responsif dan stabil sesuai dengan kondisi lingkungan. Pada aktivitas luar ruangan, sistem dapat mengirimkan notifikasi BPM dan lokasi, dengan sinyal GPS yang tersedia secara konsisten. Sedangkan pada aktivitas di dalam ruangan, meskipun GPS tidak tersedia, sistem tetap berhasil mengirimkan notifikasi BPM ke Telegram, termasuk saat terjadi lonjakan denyut jantung. Hal ini membuktikan bahwa sistem tetap dapat menjalankan fungsi pemantauan detak jantung dengan baik meskipun terjadi keterbatasan sinyal lokasi. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat dirancang dalam bentuk perangkat *wearable* yang lebih ringkas dan ergonomis, sehingga memungkinkan penggunaan yang lebih nyaman dan pembacaan sensor detak jantung dapat konsisten dalam jangka panjang. Selain itu, penggunaan modul GPS alternatif yang dapat mendapat sinyal *indoor* dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan deteksi lokasi yang lebih baik dalam kondisi ruangan tertutup.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan dalam penyelesaian penelitian dan penulisan naskah publikasi ini, khususnya kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan naskah ini dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moril maupun materiil selama masa studi dan penyusunan skripsi.
3. Bapak Heru Supriyono, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta sekaligus pembimbing akademik, atas arahnya selama masa perkuliahan.
4. Bapak Agus Supardi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan, dan masukan berharga selama proses penelitian ini berlangsung.
5. Teman-teman dan rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan, motivasi, serta dukungan teknis selama pelaksanaan penelitian.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah berkontribusi dan membantu penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.

Semoga segala bentuk bantuan dan kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sarebanhassanabadi, M., Mirjalili, S. R., Marques-Vidal, P., Kraemer, A., & Namayandeh, S. M. (2024). Coronary artery disease incidence, risk factors, awareness, and medication utilization in a 10-year cohort study. *BMC cardiovascular disorders*, 24(1), 101.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023, 25 September). Cegah penyakit jantung dengan menerapkan perilaku CERDIK dan PATUH. Sehat Negeriku. <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20230925/4943963/cegah-penyakitjantung-dengan-menerapkan-perilaku-cerdik-dan-patuh/>
- [3] Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo, R., ... & Muntner, P. (2017). Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American Heart Association. *circulation*, 135(10), e146-e603.
- [4] Srinivasan, N. T., & Schilling, R. J. (2018). Sudden cardiac death and arrhythmias. *Arrhythmia & electrophysiology review*, 7(2), 111.



- [5] Bohm, P., Meyer, T., Narayanan, K., Schindler, M., Weizman, O., Beganton, F., ... & Marijon, E. (2023). Sports-related sudden cardiac arrest in young adults. *Europace*, 25(2), 627-633.
- [6] Savitri, D. E. (2020). *Gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia berbasis internet of things (iot)* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- [7] Pandey, V., & Giri, V. K. (2016, March). High frequency noise removal from ECG using moving average filters. In *2016 International conference on emerging trends in electrical electronics & sustainable energy systems (ICETEESES)* (pp. 191-195). IEEE..
- [8] Specht, M. (2022). Experimental studies on the relationship between HDOP and position error in the GPS system. *Metrology and Measurement Systems*, 17-36.

