

Rancang Bangun Prototipe Emergency Locator Card Berbasis GPS dan Bluetooth Low Energy Untuk Operasi SAR Di Sungai

Agus Samuel Marpaung

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia
agussamuel03@gmail.com

Abstrak— Operasi pencarian dan pertolongan (*Search and Rescue*) pada korban hanyut di sungai memiliki tingkat resiko tinggi terhadap keselamatan personel serta membutuhkan sistem pelacakan lokasi yang cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe *Emergency Locator Card* berbasis GPS dan Bluetooth Low Energy sebagai perangkat pendukung keselamatan personel SAR. Sistem menggunakan Soil Moisture Sensor sebagai pemicu aktivasi otomatis saat perangkat terdeteksi dalam kondisi basah. Setelah aktif, modul GPS Neo-6M memperoleh koordinat lokasi dan modul GSM SIM800L mengirimkan informasi lokasi melalui jaringan seluler ke perangkat pengguna. Bluetooth dimanfaatkan sebagai pendukung pelacakan jarak dekat, sedangkan LED dan Buzzer berfungsi sebagai indikator visual dan audio. Seluruh proses dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Pengujian dilakukan terhadap prototipe untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan waktu respons deteksi sensor rata-rata ± 1 detik. Pengujian akurasi GPS menghasilkan *error* jarak sebesar 6,3% terhadap titik sebenarnya. Waktu respons total sistem sejak aktivasi hingga seluruh indikator aktif adalah 11,51 detik. Sistem mampu beroperasi selama ± 2 jam pada kondisi penuh dan indikator jarak dekat berfungsi dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai perangkat pendukung operasi SAR di sungai.

Kata Kunci— SAR, *Emergency Locator Card*, ESP32, GPS Neo-6M, Bluetooth Low Energy.

DOI: 10.22441/jte.2026.v17i2.005

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan ribuan sungai memiliki tingkat resiko tinggi terhadap aktivitas masyarakat. Dalam kondisi tersebut, peran Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BASARNAS) sangat penting dalam melaksanakan operasi pencarian, pertolongan, dan evakuasi korban pada situasi darurat [1]. Namun, operasi pencarian di sungai sering menghadapi berbagai kendala, seperti visibilitas rendah, arus yang kuat, serta luasnya area pencarian yang harus dijangkau dalam waktu terbatas. Resiko tidak hanya dialami korban, tetapi juga personel SAR di lapangan. Salah satu insiden yang terjadi di Sungai Penetay, Jambi [2], menunjukkan bahwa personel SAR dapat ikut hanyut saat operasi berlangsung, sehingga dibutuhkan teknologi pendukung yang mampu mempercepat proses pelacakan lokasi secara akurat dan real-time.

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem pelacakan berbasis GPS, GSM, Bluetooth Low Energy, LoRa, dan Internet of Things (IoT) untuk kebutuhan pelacakan objek maupun manusia. Merancang alat pendeteksi barang hilang berbasis Arduino Uno dengan GPS Ublox Neo-6M dan GSM SIM800L-V1 yang terintegrasi dengan smartphone [3]. Sementara itu, mengembangkan aplikasi smartphone LocBLE yang memungkinkan estimasi lokasi beacon Bluetooth Low Energy di sekitarnya [4]. Pada bidang keamanan kendaraan, mengembangkan sistem keamanan sepeda motor berbasis mikrokontroler dan modul GSM SIM800L untuk mengirim notifikasi serta mendapatkan lokasi menggunakan GPS Ublox Neo-6M. Sistem tersebut akan mengirimkan koordinat lokasi ke smartphone melalui SMS [5] [6]. Selanjutnya, merancang sistem pelacakan objek bergerak di lokasi indoor menggunakan teknologi BLE dan LoRa, yang terintegrasi dengan dashboard IoT melalui “*The Things Network*” (TTN), guna mengetahui posisi suatu objek atau seseorang di mana pun [7]. Penelitian lain mengembangkan wristband hemat energi yang mengintegrasikan LoRa dan GPS untuk pemantauan dan pelacakan lokasi pasien demensia [8], sedangkan, merancang sistem keamanan personal yang mampu mengirimkan lokasi pengguna ke pihak keluarga sebagai mekanisme perlindungan diri [9]. Selain itu, telah memanfaatkan GPS receiver dan SMS untuk menampilkan posisi tim SAR-SRU melalui Google Map sebagai sarana komunikasi via SMS [10].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada lingkungan darat atau indoor, serta belum secara khusus dirancang untuk mendukung operasi pencarian dan pertolongan di lingkungan perairan seperti sungai. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem pelacakan lokasi berbasis GPS yang dirancang untuk membantu pelacakan personel SAR yang hanyut di sungai. Sistem ini memungkinkan pengiriman informasi lokasi secara real-time ke perangkat penerima seperti smartphone. Selain itu, pada kondisi operasi di sungai atau wilayah terpencil, ketersediaan jaringan seluler tidak selalu stabil. Oleh karena itu, sistem yang dirancang tidak hanya mengandalkan komunikasi GSM sebagai media utama pengiriman lokasi, tetapi juga menyediakan mekanisme pencarian alternatif pada kondisi blank spot jaringan. Pada kondisi tanpa sinyal seluler, perangkat tetap mengaktifkan Bluetooth Low Energy, LED, dan Buzzer sebagai indikator lokal sehingga proses pencarian masih dapat dilakukan oleh tim SAR di sekitar lokasi korban. Pendekatan multi-indikator ini diharapkan mampu meningkatkan keandalan sistem pada berbagai kondisi lapangan, sehingga diharapkan

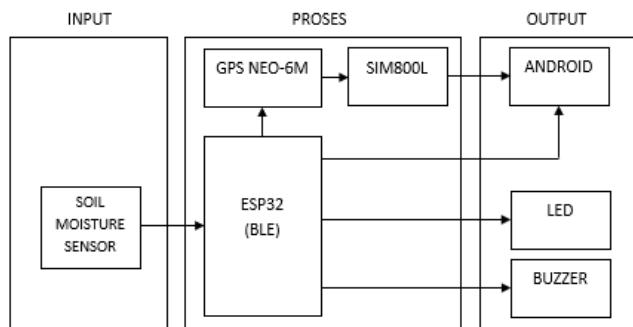
dapat meningkatkan kecepatan, akurasi, dan efisiensi proses pencarian serta keselamatan personel di lapangan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan rekayasa sistem untuk merancang dan menguji prototipe *Emergency Locator Card* berbasis GPS dan Bluetooth Low Energy yang ditujukan sebagai perangkat pendukung operasi pencarian dan pertolongan di sungai. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada perancangan, implementasi, serta pengujian kinerja sistem secara menyeluruh.

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan berdasarkan studi literatur terkait teknologi pelacakan lokasi berbasis GPS, Bluetooth Low Energy, dan komunikasi GSM. Sistem dirancang dalam tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

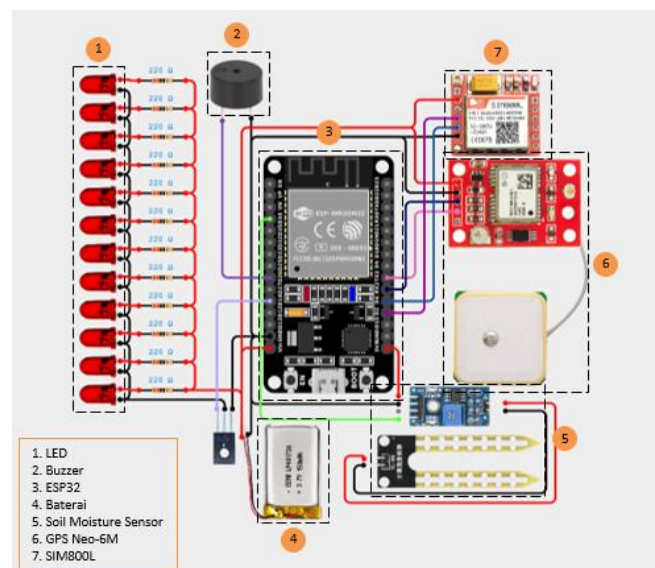
Bagian input menggunakan Soil Moisture Sensor yang berfungsi sebagai pemicu kondisi darurat ketika perangkat terkena air. Bagian proses terdiri dari mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan modul GPS Neo-6M untuk memperoleh koordinat lokasi serta modul GSM SIM800L untuk mengirimkan informasi lokasi ke smartphone. Selain itu, komunikasi jarak dekat dilakukan menggunakan Bluetooth Low Energy. Bagian output meliputi Smartphone Android sebagai penerima informasi lokasi. LED sebagai indikator visual, serta Buzzer sebagai indikator audio. Ketika sensor mendeteksi kondisi basah, sistem akan mengaktifkan modul GPS untuk membaca koordinat lokasi, kemudian data lokasi dikirimkan melalui GSM dan mengaktifkan Bluetooth. Secara bersamaan LED dan Buzzer aktif sebagai indikator darurat. Sementara baterai LiPo bertindak sebagai sumber catu daya bagi seluruh rangkaian.

B. Implementasi Prototipe

Tahap implementasi dilakukan dengan merakit seluruh komponen perangkat keras sesuai dengan rancangan sistem. Mikrokontroler ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mengatur pembacaan sensor, pengambilan data GPS, komunikasi Bluetooth, pengiriman data melalui GSM, serta pengendalian LED dan Buzzer. Setelah proses perakitan dan pemrograman selesai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan setiap modul berfungsi dengan baik.

1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah perangkat *Emergency Locator Card* yang ringkas, portabel, dan andal untuk digunakan oleh personel SAR dalam operasi pencarian dan pertolongan di sungai. Perangkat keras dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan fungsional sistem, konsumsi daya, serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang berisiko tinggi. Secara umum, sistem perangkat keras terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler, modul penentuan lokasi, modul komunikasi, sensor pendeteksi kondisi darurat, indikator peringatan, serta catu daya. Diagram blok sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen terintegrasi dan dikendalikan oleh satu unit mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup tinggi, konsumsi daya rendah, serta telah mendukung komunikasi Bluetooth Low Energy secara internal. Hal ini memungkinkan pengurangan jumlah komponen tambahan dan meningkatkan efisiensi sistem. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem ini dirancang menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dengan platform Arduino IDE. Struktur program disusun secara modular untuk memudahkan proses pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan sistem. Setiap fungsi utama, seperti pembacaan sensor, pemrosesan GPS, pengiriman SMS, aktivasi Bluetooth, serta pengendalian indikator, dipisahkan ke dalam fungsi-fungsi khusus. Logika utama program dijalankan secara looping pada mikrokontroler ESP32, di mana sistem terus memantau kondisi sensor. Pendekatan berbasis flag digunakan untuk memastikan bahwa kondisi darurat hanya dipicu satu kali, sehingga mencegah pengiriman pesan berulang akibat fluktuasi nilai sensor. Selain itu, penggunaan fungsi berbasis non-blocking seperti `millis()` diterapkan pada pengendalian LED dan Buzzer untuk menjaga kestabilan sistem dan mencegah keterlambatan proses lain, khususnya pembacaan GPS dan komunikasi GSM. Dengan

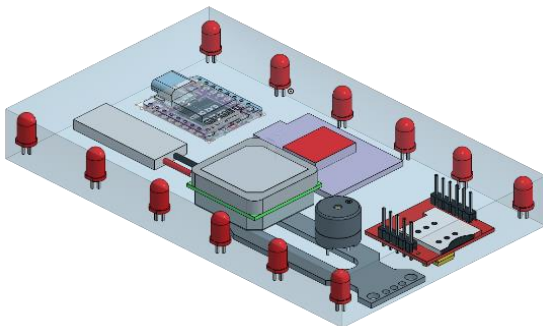
perancangan perangkat lunak ini, sistem mampu bekerja secara responsif, efisien, dan terintegrasi.



Gambar 3. Perancangan Perangkat Lunak

3. Perancangan Mekanik Sistem

Perancangan mekanik bertujuan untuk melindungi seluruh komponen elektronik sekaligus memastikan perangkat nyaman dan aman digunakan oleh personel SAR. Casing dirancang dengan dimensi yang ringkas dan ringan agar tidak mengganggu pergerakan pengguna saat melakukan operasi di lapangan. Selain itu, desain mekanik juga mempertimbangkan ketahanan terhadap air dan karakteristik sungai. Dengan perancangan mekanik ini, perangkat diharapkan mampu bekerja secara optimal dalam kondisi operasi SAR yang sebenarnya.



Gambar 4. Perancangan Mekanik Sistem

C. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa prototipe secara menyeluruh. Parameter yang diuji meliputi:

1. Pengujian Waktu Deteksi Sensor
2. Pengujian Akurasi GPS
3. Pengujian Delay Jaringan GSM
4. Pengujian Jarak Sinyal Bluetooth
5. Pengujian Jarak Visibilitas LED
6. Pengujian Jarak dan Intensitas Suara Buzzer
7. Pengujian Konsumsi Daya dan Daya Tahan Baterai
8. Pengujian Waktu Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan di ruang tertutup dalam skala simulasi dengan menggunakan wadah berisi air, bukan pada kondisi sungai yang sebenarnya.

D. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata waktu respons sistem, akurasi jarak, delay jaringan, jarak minimum dan maksimum sistem terdeteksi, konsumsi daya, serta estimasi daya tahan baterai. Hasil analisis

digunakan untuk menilai kestabilan dan keandalan sistem dalam mendukung operasi pencarian dan pertolongan di sungai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa setiap bagian bekerja sesuai dengan spesifikasi dan fungsi yang direncanakan. Pengujian diawali dengan pengujian sensor, modul komunikasi, dan indikator secara terpisah sebelum diintegrasikan ke dalam sistem seluruhnya. Pada tabel pengujian, ditampilkan parameter yang diuji, metode pengujian, hasil pengukuran, serta analisis dari setiap pengujian.

A. Pengujian Waktu Deteksi Soil Moisture Sensor

Pengujian waktu deteksi Soil Moisture Sensor dilakukan untuk mengetahui kecepatan respons sensor dalam mendeteksi perubahan kondisi dari kering menjadi basah sebagai pemicu aktivasi sistem darurat.

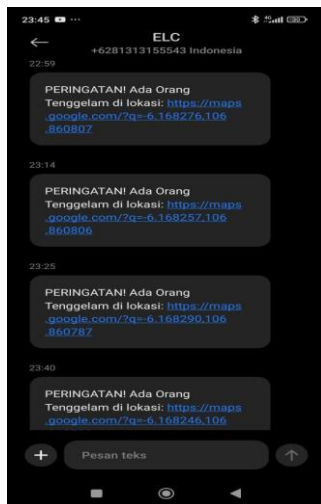
Tabel 1. Pengujian Waktu Deteksi Sensor

Percobaan	Waktu Deteksi Sensor (detik)
1	0,984
2	1,006
3	0,989
4	1,01
5	0,939
6	0,997
7	1,006
8	0,953
9	1,007
10	0,969
Rata-rata	0,98

Sensor dihubungkan ke pin ADC mikrokontroler ESP32 dengan resolusi 12-bit, sehingga menghasilkan nilai pembacaan pada rentang 0–4095. Berdasarkan hasil kalibrasi, kondisi kering ditunjukkan oleh nilai ADC sekitar 4095, sedangkan kondisi basah terdeteksi ketika nilai ADC berada di bawah 2500, yang digunakan sebagai ambang batas aktivasi sistem. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan sensor ke dalam air dari kondisi awal kering, kemudian waktu deteksi dicatat melalui serial monitor saat nilai ADC melewati ambang batas yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan kondisi dan metode yang sama untuk memperoleh hasil yang konsisten. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh waktu deteksi rata-rata sebesar 0,98 detik, yang menunjukkan bahwa Soil Moisture Sensor memiliki respons cepat dan stabil dalam mendeteksi keberadaan air, sehingga efektif digunakan sebagai pemicu otomatis sistem darurat pada lingkungan perairan.

B. Pengujian Akurasi GPS Neo-6M

Pengujian akurasi GPS dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian modul GPS Neo-6M dalam menentukan posisi geografis dibandingkan dengan koordinat lokasi sebenarnya.



Gambar 5. Pesan Tautan Google Maps

Dapat dilihat pada Gambar 5. Menunjukkan tampilan pesan yang berisi tautan Google Maps yang dihasilkan oleh sistem setelah data koordinat GPS berhasil diperoleh. Pesan ini secara otomatis dibentuk dari nilai lintang (latitude) dan bujur (longitude) hasil pembacaan modul GPS.



Gambar 6. Titik Koordinat GPS

Pengujian dilakukan di area terbuka guna meminimalkan gangguan sinyal satelit. Modul GPS Neo-6M diaktifkan dan dibiarkan melakukan proses *cold start* hingga memperoleh sinyal satelit yang stabil, yang ditandai dengan indikator led berkedip. Koordinat lokasi referensi ditentukan menggunakan aplikasi Google Maps. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada titik lokasi yang sama. Pada setiap percobaan, dicatat koordinat latitude dan longitude yang dihasilkan oleh modul GPS, kemudian dibandingkan dengan koordinat referensi untuk memperoleh selisih jarak dalam satuan meter. Perhitungan selisih jarak dilakukan menggunakan fitur pengukuran jarak pada Google Maps.

Tabel 2. Pengujian Keakuratan GPS

Percobaan	Koordinat GPS	Koordinat Sebenarnya	Selisih Jarak (meter)	Error (%)
1	-6.168230, 106.860808	-6.1682760, 106.8608070	2	2,0
2	-6.168221, 106.860826	-6.1682760, 106.8608070	3	3,0
3	1.164218, 104.030507	1.164174, 104.030482	5	5,0
4	1.164172, 104.030562	1.164174, 104.030482	8	8,0
5	1.164185, 104.030535	1.164174, 104.030482	5	5,0
6	1.164251, 104.030481	1.164174, 104.030482	8	8,0
7	1.164132, 104.030452	1.164174, 104.030482	5	5,0
8	-6.168329, 106.860772	-6.168225, 106.860821	10	10,0
9	-6.168269, 106.860815	-6.168225, 106.860821	5	5,0
10	-6.168409, 106.860705	-6.168225, 106.860821	12	12,0
Rata-rata			6,3	6,3 %

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh selisih jarak yang bervariasi antara 2 meter hingga 12 meter, dengan nilai rata-rata sebesar 6,3 meter. Persentase error digunakan untuk menunjukkan tingkat penyimpangan hasil pengukuran GPS terhadap jarak referensi. Dalam penelitian ini, jarak referensi ditetapkan sebesar 100 meter sebagai batas toleransi operasional pelacakan awal pada operasi SAR. Dengan demikian, diperoleh error rata-rata sebesar:

$$Error \text{ rata-rata} = \frac{6,3}{100} \times 100\% = 6,3\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul GPS Neo-6M memiliki tingkat error rata-rata sebesar 6,3%, yang masih berada dalam batas toleransi untuk aplikasi pelacakan lokasi pada operasi SAR. Penyimpangan posisi dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kondisi atmosfer, jumlah satelit yang terkunci, efek *multipath*, serta keterbatasan akurasi modul GPS berdaya rendah. Meskipun demikian, modul GPS Neo-6M dinilai cukup andal untuk digunakan sebagai penentu lokasi awal korban atau personel SAR di lingkungan perairan seperti sungai.

C. Pengujian Delay Jaringan GSM

Pengujian delay jaringan GSM dilakukan untuk mengetahui waktu tunda pengiriman data lokasi dari modul GSM SIM800L hingga informasi diterima oleh smartphone.

Tabel 3. Pengujian Delay Jaringan GSM

Percobaan	Waktu Kirim	Waktu Terima	Delay (detik)
1	16:15:27.329	16:15:27.772	0,443
2	16:25:50.409	16:25:50.705	0,296
3	16:32:23.349	16:32:23.732	0,383
4	16:39:36.696	16:39:36.828	0,132
5	16:49:35.219	16:49:35.838	0,619
Rata-rata			0,374

Pada tahap awal, sistem diaktifkan dan dipastikan modul GSM SIM800L telah terhubung ke jaringan seluler dalam kondisi normal. Setelah sistem memasuki mode darurat, mikrokontroler ESP32 mengirimkan perintah kepada modul GSM untuk mengirimkan pesan SMS berisi informasi lokasi dalam bentuk tautan Google Maps ke smartphone. Waktu kirim dicatat pada saat perintah pengiriman SMS dieksekusi oleh sistem, yang ditampilkan melalui serial monitor. Selanjutnya, waktu terima dicatat pada saat pesan SMS diterima di smartphone. Nilai delay ditentukan dari selisih antara waktu kirim dan waktu terima pesan. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan pada lokasi yang sama dengan kondisi jaringan seluler yang relatif stabil. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai delay rata-rata sebesar 0,374 milidetik, yang menunjukkan bahwa modul GSM SIM800L mampu mengirimkan informasi lokasi dengan waktu tunda yang sangat kecil pada kondisi jaringan yang baik. Hasil ini mengindikasikan bahwa performa jaringan GSM cukup andal dan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap waktu respons keseluruhan sistem dalam kondisi pengujian.

D. Pengujian Jarak Sinyal Bluetooth

Pengujian jarak sinyal Bluetooth dilakukan untuk mengetahui batas efektif jangkauan komunikasi Bluetooth Low Energy pada ESP32, serta hubungan antara jarak dan kekuatan sinyal yang diterima (RSSI).



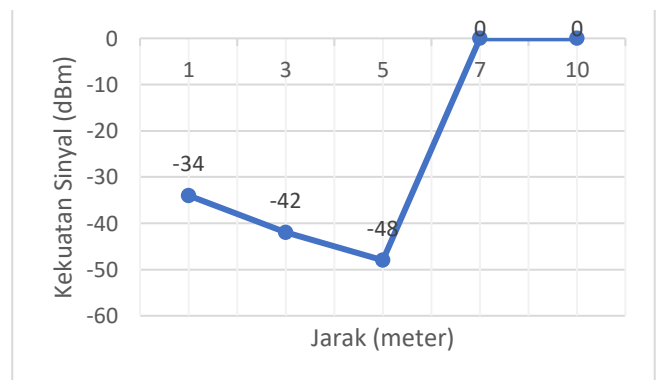
Gambar 7. Aplikasi Pengujian Kekuatan Sinyal Bluetooth

ESP32 dikonfigurasi dalam mode *advertising* dengan nama perangkat ESP32_Alarm dan ditempatkan dalam posisi statis. Perangkat penerima berupa smartphone digunakan untuk melakukan pemindaian sinyal Bluetooth menggunakan aplikasi pemindai yang menampilkan nilai RSSI dalam satuan dBm. Pengujian dilakukan di area terbuka dengan minim hambatan fisik guna mengurangi pengaruh interferensi lingkungan. Jarak antara ESP32 dan smartphone diatur secara bertahap pada 1 meter, 3 meter, 5 meter, 7 meter, dan 10 meter.

Tabel 4. Pengujian Jarak Sinyal Bluetooth

Jarak (meter)	Kekuatan Sinyal (dBm)	Status Koneksi
1	-34,0	Terhubung
3	-42,0	Terhubung
5	-48,0	Terhubung
7	-	Tidak Terhubung
10	-	Tidak Terhubung

Pada setiap jarak pengujian, proses pemindaian dilakukan hingga sinyal terdeteksi atau dinyatakan tidak terhubung. Nilai RSSI dicatat ketika perangkat masih terdeteksi, sedangkan pada kondisi sinyal tidak terdeteksi, status koneksi dinyatakan terputus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak 1 hingga 5 meter, sinyal BLE masih dapat terdeteksi dengan nilai RSSI berkisar antara -34 dBm hingga -48 dBm. Namun, pada jarak 7 meter dan 10 meter, sinyal tidak terdeteksi secara stabil sehingga koneksi dinyatakan tidak terhubung.



Gambar 8. Grafik Hubungan Jarak dan Kekuatan Sinyal Bluetooth

Hubungan antara jarak dan kekuatan sinyal menunjukkan bahwa nilai RSSI menurun seiring bertambahnya jarak antara pemancar dan penerima. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa jarak efektif penggunaan Bluetooth ESP32 sebagai sistem pelacakan jarak dekat adalah hingga ± 5 meter, sehingga masih relevan digunakan sebagai pendukung pencarian pada tahap akhir operasi SAR.

E. Pengujian Jarak Visibilitas LED

Pengujian visibilitas LED dilakukan untuk mengetahui jarak efektif LED sebagai indikator visual pada kondisi pencahayaan yang berbeda, yaitu kondisi siang hari dan malam hari.



Gambar 9. Pengujian Visibilitas LED

Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan prototipe *Emergency Locator Card* hingga berada pada mode darurat, sehingga LED menyala sesuai dengan perancangan sistem. Pengujian dilakukan pada dua kondisi lingkungan, yaitu siang hari dengan pencahayaan alami matahari dan malam hari dengan pencahayaan minimal. Pengamatan dilakukan secara visual pada jarak 1 meter, 3 meter, 5 meter, 7 meter, dan 10 meter dari sumber LED. Pada setiap jarak, visibilitas LED diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu terlihat jelas, samar, dan tidak terlihat.

Tabel 5. Pengujian Jarak Visibilitas LED

Jarak (meter)	Kondisi Siang Hari	Kondisi Malam Hari	Keterangan
1	Terlihat	Terlihat Jelas	Normal
3	Tidak Terlihat	Terlihat Jelas	Pengaruh Cahaya
5	Tidak Terlihat	Terlihat Jelas	Pengaruh Cahaya
7	Tidak Terlihat	Samar	Pengaruh Cahaya
10	Tidak Terlihat	Samar	Pengaruh Cahaya

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi malam hari, LED masih terlihat jelas hingga jarak 10 meter. Sebaliknya, pada kondisi siang hari, visibilitas LED sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya lingkungan, sehingga LED hanya terlihat jelas pada jarak 1 meter dan tidak terlihat pada jarak yang lebih jauh. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas LED sebagai indikator visual sangat bergantung pada kondisi pencahayaan, sehingga LED lebih optimal digunakan pada lingkungan minim cahaya dan perlu dikombinasikan dengan indikator lain, seperti Buzzer atau Bluetooth Low Energy, untuk meningkatkan efektivitas pencarian.

F. Pengujian Jarak dan Intensitas Suara Buzzer

Pengujian jarak dan intensitas suara Buzzer dilakukan untuk mengetahui efektivitas Buzzer sebagai indikator audio pada sistem *Emergency Locator Card*, khususnya dalam mendukung proses pencarian jarak dekat. Parameter yang diuji meliputi intensitas suara Buzzer dalam satuan desibel (dB) dan batas jarak pendengaran efektif oleh manusia.



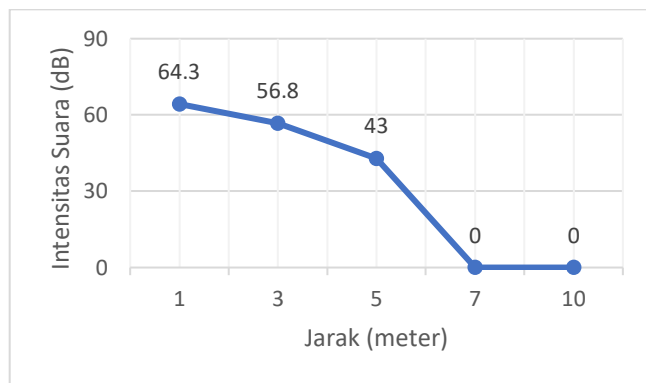
Gambar 10. Pengujian Intensitas Suara Buzzer

Pengujian tidak dilakukan secara langsung di lingkungan sungai untuk menghindari risiko keselamatan, sehingga dilaksanakan di ruang tertutup dengan tingkat kebisingan sedang dan kondisi lingkungan yang relatif terkendali. Buzzer diaktifkan secara kontinu dengan tegangan kerja sesuai spesifikasi, sementara pengukuran intensitas suara dilakukan menggunakan aplikasi *sound meter* pada smartphone. Buzzer diposisikan secara statis, sedangkan pengamat berdiri pada ketinggian telinga manusia. Jarak pengujian diatur secara bertahap, yaitu 1 meter, 3 meter, 5 meter, 7 meter, dan 10 meter. Pada setiap jarak, intensitas suara dicatat apabila masih terdeteksi oleh aplikasi. Jika suara tidak terdeteksi oleh aplikasi, dilakukan pengamatan subjektif berdasarkan kemampuan pendengaran manusia.

Tabel 6. Pengujian Jarak dan Intensitas Suara Buzzer

Jarak (meter)	Intensitas Suara (dB)	Status Pendengaran
1	64,3	Sangat Jelas
3	56,8	Sangat Jelas
5	43,0	Jelas
7	-	Lemah
10	-	Tidak Terdengar

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak 1 meter intensitas suara buzzer sebesar 64,3 dB dan terdengar sangat jelas. Pada jarak 3 meter intensitas menurun menjadi 56,8 dB, namun masih terdengar jelas. Pada jarak 5 meter intensitas suara sebesar 43 dB dan masih dapat didengar dengan jelas. Pada jarak 7 meter suara buzzer tidak terdeteksi oleh aplikasi, namun masih terdengar lemah oleh telinga manusia, sedangkan pada jarak 10 meter suara tidak lagi terdengar maupun terdeteksi.



Gambar 11. Grafik Hubungan Jarak dan Intensitas Suara Buzzer

Hubungan antara jarak dan intensitas suara menunjukkan bahwa peningkatan jarak menyebabkan penurunan intensitas suara akibat pelemahan energi akustik dan penyebaran gelombang suara di udara. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa jarak efektif Buzzer sebagai indikator audio adalah hingga ± 5 meter. Oleh karena itu, Buzzer dinilai efektif sebagai indikator pendukung pencarian jarak dekat, terutama jika dikombinasikan dengan indikator visual seperti LED untuk meningkatkan peluang deteksi di lapangan.

G. Pengujian Konsumsi Daya dan Daya Tahan Baterai

Pengujian konsumsi daya dan daya tahan baterai dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan daya setiap komponen serta estimasi lama waktu operasi sistem *Emergency Locator Card* pada kondisi kerja sebenarnya. Pengujian difokuskan pada mode darurat ketika seluruh komponen aktif secara bersamaan. Sistem menggunakan baterai Li-Po berkapasitas 1000 mAh sebagai sumber daya utama dan seluruh komponen dihubungkan sesuai rangkaian perancangan. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital dengan metode penyisipan seri pada jalur VCC masing-masing komponen untuk memperoleh arus kerja (mA), sedangkan tegangan diukur secara paralel antara pin VCC dan GND. Setiap komponen diaktifkan sesuai fungsinya, kemudian nilai tegangan dan arus dicatat setelah kondisi sistem stabil. Pengukuran dilakukan secara bergantian untuk seluruh komponen guna memperoleh konsumsi arus individual.

Tabel 7. Pengujian Konsumsi Daya dan Daya Tahan Baterai

	Komponen	Tegangan (V)	Arus Rata-rata (mA)	Daya (W)	Waktu Pemakaian (Jam)
Darurat	ESP32	2,98	156,6	0,46	2,1
	Sensor Aktif	2,98	1,98	0,0059	
	LED Aktif	1,98	120,1	0,2376	
	Buzzer Aktif	2,57	10,44	0,0104	
	GPS Aktif	3,89	68,4	0,2660	
	GSM Aktif	3,89	129,3	0,5029	

Daya listrik tiap komponen dihitung menggunakan persamaan berikut:

a. ESP32

$$P = 2,98 \times 0,1566 = 0,46 \text{ W}$$

b. Soil Moisture Sensor

$$P = 2,98 \times 0,00198 = 0,0059 \text{ W}$$

c. LED

$$P = 1,98 \times 0,1201 = 0,2376 \text{ W}$$

d. Buzzer

$$P = 2,57 \times 0,01044 = 0,0104 \text{ W}$$

e. GPS

$$P = 3,89 \times 0,0684 = 0,2660 \text{ W}$$

f. GSM

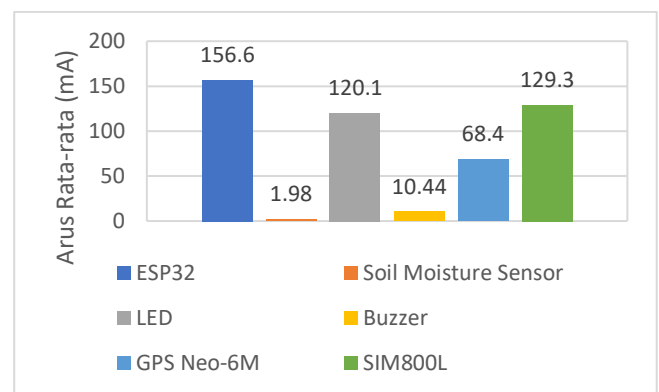
$$P = 3,89 \times 0,1293 = 0,5029 \text{ W}$$

Arus total sistem pada mode darurat diperoleh dengan menjumlahkan seluruh arus komponen:

$$I_{total} = 156,6 + 1,98 + 120,1 + 10,44 + 68,4 + 129,3$$

Dengan kapasitas baterai $C=1000$ mAh, estimasi daya tahan baterai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{1000}{486,82} = 2,05 \text{ jam}$$

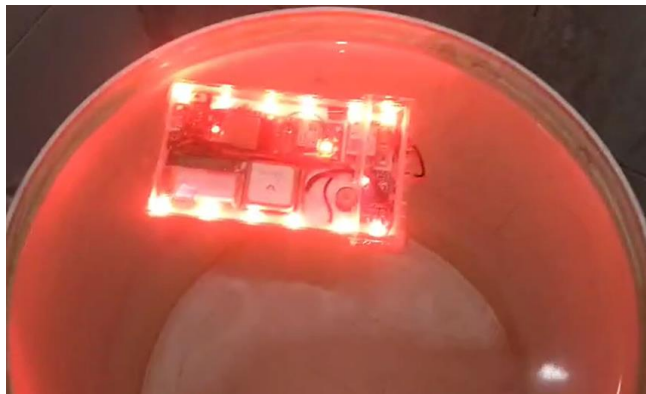


Gambar 12. Grafik Konsumsi Daya

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi arus tertinggi terjadi saat modul GSM SIM800L aktif, diikuti oleh ESP32 dan LED. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan daya yang besar pada proses komunikasi data dan indikator visual. Secara keseluruhan, sistem mampu beroperasi selama ± 2 jam pada kondisi operasi penuh. Nilai ini dinilai cukup untuk mendukung fungsi alat sebagai penanda darurat dalam operasi SAR di sungai. Berdasarkan hasil tersebut, konsumsi daya sistem masih berada dalam batas wajar dan estimasi daya tahan baterai dinilai memadai untuk penggunaan darurat jangka pendek pada proses pencarian.

H. Pengujian Waktu Keseluruhan Sistem

Pengujian waktu keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui total waktu yang dibutuhkan sistem *Emergency Locator Card* mulai dari deteksi kondisi darurat hingga seluruh indikator aktif. Pengujian dilakukan menggunakan prototipe yang telah dirakit secara lengkap. Sistem diaktifkan dalam mode siaga, sementara *Soil Moisture Sensor* berada pada kondisi kering. Proses pengujian dimulai dengan memberikan air pada sensor hingga nilai pembacaan analog mencapai ambang deteksi ($ADC < 2500$), sehingga sistem otomatis berpindah ke mode darurat.



Gambar 13. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pencatatan waktu dilakukan pada setiap tahapan proses, meliputi waktu saat sensor pertama kali mendeteksi kondisi basah, waktu aktivasi Bluetooth dan pengiriman lokasi melalui modul GSM SIM800L, serta waktu aktivasi indikator LED dan Buzzer. Data waktu dicatat menggunakan *timestamp* pada serial monitor Arduino IDE dan dicocokkan dengan waktu penerimaan notifikasi pada smartphone. Waktu total sistem dihitung sebagai selisih antara waktu deteksi awal sensor dan waktu aktivasi indikator terakhir. Contoh perhitungan pada percobaan 1:

$$T_{total} = 14:27:35.462 - 14:27:23.934 = 11,528$$

Tabel 8. Pengujian Waktu Keseluruhan Sistem

Percobaan	Deteksi Sensor (hh:mm:ss)	Dikirim & Aktivasi Bluetooth (hh:mm:ss)	Aktivasi LED & Buzzer (hh:mm:ss)	Waktu Total (detik)
1	14:27:23.934	14:27:30.481	14:27:35.462	11,528
2	14:31:13.791	14:31:20.295	14:31:25.304	11,513
3	14:35:27.912	14:35:34.414	14:35:39.417	11,505
4	14:37:19.064	14:37:25.591	14:37:30.584	11,52
5	14:39:28.873	14:39:35.394	14:39:40.374	11,501
6	14:41:31.537	14:41:38.040	14:41:43.038	11,501
7	14:44:04.741	14:44:11.209	14:44:16.253	11,512
8	14:46:27.388	14:46:33.884	14:46:38.879	11,491
9	14:48:35.723	14:48:42.227	14:48:47.244	11,521
10	14:50:15.321	14:50:21.823	14:50:26.849	11,528
Rata-rata				11,51

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk memperoleh hasil yang konsisten. Berdasarkan hasil pengujian, waktu respons total sistem berada pada rentang 11,49–11,53 detik dengan nilai rata-rata sebesar 11,51 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespons kondisi darurat secara cepat dan terintegrasi, mulai dari deteksi sensor, pengiriman informasi lokasi, hingga aktivasi indikator visual dan audio. Dengan waktu respons yang relatif singkat, prototipe dinilai layak digunakan sebagai perangkat pendukung operasi SAR di sungai.

Berdasarkan seluruh pengujian yang sudah dilakukan, sistem memiliki dua hasil jangkauan deteksi, yaitu jangkauan

jarak jauh dan jangkauan jarak dekat. Pada jangkauan jarak jauh, lokasi korban dapat diketahui melalui koordinat GPS yang dikirimkan menggunakan jaringan GSM dengan tingkat akurasi error rata-rata sebesar 6,3%. Jangkauan ini bergantung pada ketersediaan jaringan seluler dan dapat mencapai radius beberapa kilometer sesuai cakupan provider. Sedangkan pada kondisi tanpa jaringan seluler, sistem masih dapat dideteksi melalui Bluetooth Low Energy hingga jarak maksimum ± 5 meter. Pada jarak yang sama, indikator LED dan Buzzer juga masih dapat dikenali oleh tim pencari, sehingga sistem tetap mendukung proses pencarian jarak dekat. Adapun jarak minimum deteksi sistem pada jarak 0–1 meter, di mana seluruh indikator dapat terdeteksi secara optimal.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe *Emergency Locator Card* berbasis GPS dan Bluetooth Low Energy untuk mendukung keselamatan personel SAR di sungai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sistem bekerja secara terintegrasi dengan waktu respons total selama 11,51 detik. Soil Moisture Sensor mampu mendeteksi kondisi basah dan mengaktifkan sistem secara otomatis dengan waktu respons rata-rata ± 1 detik. Setelah aktif, sistem memperoleh koordinat lokasi melalui modul GPS dan mengirimkan informasi tersebut menggunakan modul GSM. Hasil pengujian akurasi GPS menunjukkan error rata-rata sebesar 6,3% terhadap titik lokasi sebenarnya. Selain itu, sistem menyediakan dukungan pelacakan jarak dekat melalui Bluetooth Low Energy serta indikator visual dan audio berupa LED dan Buzzer dengan jangkauan efektif hingga ± 5 meter, sehingga sistem tetap dapat digunakan meskipun berada pada kondisi keterbatasan jaringan seluler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2014 tentang Pencarian dan Pertolongan*, 2014.
- [2] "Operasi pencarian dan pertolongan kondisi membahayakan manusia 1 orang personel terseret arus di Sungai Penetay Kabupaten Kerinci," BASARNAS, n.d.
- [3] N. A. Islamay Defry, "Rancang bangun alat pendeteksi barang yang hilang menggunakan smartphone berbasis Arduino Uno dengan GPS Ublox Neo-6M dan modul GSM SIM800L-V1," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2024.
- [4] D. Chen, K. G. Shin, Y. Jiang, and K.H. Kim, "Locating and tracking BLE beacons with smartphones," University of Michigan, Ann Arbor, 2017.
- [5] D. Andesta and R. Ferdian, "Sistem keamanan sepeda motor berbasis mikrokontroler dan modul GSM," *Journal of Information Technology and Computer Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 51–63, 2018.
- [6] N. R. Yudhana, "Pelacakan lokasi sepeda motor menggunakan modul GPS Ublox Neo-6M dan GSM SIM800L," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [7] P. Kanakaraja, S. K. Kotamraju, S. Nadipalli, A. Kumar S. V., and K. Ch. S. Kavya, "IoT enabled BLE and LoRa based indoor localization without GPS," *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation*, 2021.
- [8] T. Pavan, S. Sowjanya, V. Meghana, and S. K. Yaseen, "Tracking of dementia patients using GPS & LoRa WiFi," Anil Neerukonda Institute of Technology and Sciences, 2020.
- [9] C. H. R., "Women security system using GPS tracker and safe jacket," *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2023.

- [10] S. E. Susanto, M. Julius, and E. Maulana, "Monitoring posisi operasi tim SAR-SRU (Search and Rescue Unit) pada daerah bencana dengan memanfaatkan GPS," 2013.
- [11] A. U. Aakesh and Y. Rajasekaran, "Healthcare monitoring and tracking wristband for elderly people using ESP-32," Institute of Science and Technology, 2023.
- [12] A. Sunardi, Riko, S. H. Wijaya, I. Hidayat, and P. N. Soerya, "Rancang bangun kunci pintu otomatis berbasis mikrokontroler Arduino menggunakan RFID dan SIM900 sebagai sistem keamanan," *Jurnal Teknik Industri, Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 17–24, 2024.
- [13] C. Hernandez-Goya, R. Aguasca-Colomo, and C. Caballero-Gil, "BLE-based secure tracking system proposal," 2023.
- [14] E. Gomez-Huaylla, L. Mejía-Cruz, and E. Paiva-Peredo, "Management and monitoring of lithium-ion battery recharge with ESP32," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, vol. 15, no. 3, pp. 1677–1686, 2024.
- [15] T. D. Karnataka, "Women security system using GPS tracker and safe jacket," 2023.
- [16] S. Mahapatra, V. Kannan, S. Seshadri, V. Ravi, and S. Reka, "An IoT-based wristband for automatic people tracking, contact tracing and geofencing for COVID-19," *Sensors*, vol. 22, no. 24, 2022.
- [17] H. Monitoring and T. Wristband, "Healthcare monitoring and tracking wristband," 2023.
- [18] S. Bella, "Implementasi smart akuarium berbasis Internet of Things (IoT) pada Salma akuarium ikan hias," *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, vol. 7, no. 2, pp. 322–330, 2023, doi: 10.59697/jtik.v7i2.127.
- [19] Md. Jakarea, Debopom Sutradhar, Ariful Islam Talukder, S.M. Azizul Hoque Sourov, Ripon Kumar Debnath, Md Shifat Karim, Md. Tamzidul Islam Nion, Tania Akter, Helena Bulbul, "Smart Savior: A Life Jacket Integrated IoT Emergency Response System Utilizing TTGO T-Call ESP32 and Advanced Sensor Technologies", 2025 4th International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST), pp.106-110, 2025.
- [20] S. van der Spek, J. van Schaick, P. de Bois, and R. de Haan, "Sensing human activity: GPS tracking," *Sensors*, 2009.
- [21] J. K. Brajamusti and C. K. Nurjanah, "Rancang bangun sistem satelit buatan berbasis ESP32 dengan fitur komunikasi menggunakan modul GSM SIM800L," *JETT (Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan)*, vol. 10, no. 1, pp. 17–36, 2023.
- [22] P Vinoth Kumar, S.N Kumar, D Gunapriya, M S Jaganath, K R Kalidas, P Murali Manohar, R Prajith, "Health and Position Tracking for Mountain Climbers", 2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), vol.1, pp.2052-2056, 2023.
- [23] R. Oliv, *GPS-Tracking Device with Long Range and Bluetooth Low Energy Communication*. Linköping, Sweden: Linköping University, 2019.
- [24] E. Skýpalová, M. Boroš, T. Lovecek, and A. Vel'as, "Innovative indoor positioning: BLE beacons for healthcare tracking," *Electronics*, vol. 14, p. 2018, 2025, doi: 10.3390/electronics14102018.
- [25] H. Daniswara, *Social Distancing Detector Menggunakan Bluetooth Berbasis Website*. Surabaya, Indonesia: Universitas Dinamika, 2023.