

Monitoring Lokasi Dan Kesehatan Kucing Peliharaan Berbasis Integrasi Sensor Multi-Modal Dan Internet Of Things

Vijay Rangga Kumar Sela^{1*}, Jawati¹, Aslam Mardin¹

¹Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar

*vijayrangga@gmail.com

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan lokasi dan kesehatan kucing peliharaan berbasis integrasi sensor multi-modal dan Internet of Things (IoT). Permasalahan utama yang diangkat adalah keterbatasan pemilik kucing dalam memantau kondisi kesehatan dan aktivitas hewan secara real-time, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi masalah kesehatan atau perilaku abnormal. Sistem yang dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai pengendali utama, dengan integrasi sensor DS18B20 untuk suhu tubuh, pulse heart rate sensor untuk detak jantung, serta modul GPS Beitian BN-220 untuk pelacakan lokasi. Data dari sensor dikirimkan ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi dan ditampilkan dalam aplikasi mobile berbasis Android dengan fitur visualisasi grafik, peta lokasi, serta notifikasi otomatis jika parameter kesehatan berada di luar batas normal atau kucing keluar dari zona aman (geo-fencing). Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Uji coba dilakukan pada seekor kucing Persia betina berumur dua tahun dengan rompi khusus sebagai media pemasangan perangkat. Hasil pengujian pada seekor kucing Persia betina berusia dua tahun menunjukkan bahwa suhu tubuh berada pada kisaran 38,6–39,2°C dan detak jantung 140–174 BPM, masih sesuai standar fisiologis normal. Peningkatan nilai terdeteksi setelah aktivitas, tetapi kembali stabil saat istirahat, sehingga tidak ditemukan indikasi gangguan kesehatan. Dengan demikian, sistem ini terbukti efektif memberikan pemantauan real-time sekaligus informasi diagnostik awal, yang bermanfaat bagi pemilik kucing dalam menjaga kesehatan dan keselamatan hewan peliharaannya..

Kata Kunci—GPS, Internet of Things, Monitoring Kucing, Sensor Multi-modal.

DOI: 10.22441/jte.2026.v17i2.007

I. PENDAHULUAN

Kucing merupakan salah satu hewan peliharaan paling populer di dunia dan banyak dipelihara di lingkungan rumah tangga. Pemilik kucing umumnya memberikan perhatian besar terhadap kesehatan dan kesejahteraan hewan peliharaannya. Namun, keterbatasan dalam melakukan pemantauan kondisi kesehatan dan aktivitas secara real-time sering menjadi kendala, sehingga deteksi dini terhadap gangguan kesehatan maupun perilaku abnormal sering terlambat dilakukan [1].

Suhu tubuh dan detak jantung merupakan indikator vital yang penting dalam menilai kondisi fisiologis kucing. Suhu tubuh normal berkisar antara 38,1–39,2°C, sedangkan detak jantung berada pada rentang 140–220 BPM [2]. Perubahan signifikan dari parameter tersebut dapat mengindikasikan adanya masalah kesehatan, stres, atau gangguan metabolisme. Di sisi lain, kebiasaan kucing berkeliaran tanpa pengawasan menimbulkan risiko hilang, terluka, maupun terpapar penyakit, sehingga pemantauan lokasi juga menjadi kebutuhan penting bagi pemilik hewan peliharaan [3].

Seiring perkembangan teknologi, konsep Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi berbagai sensor untuk melakukan pemantauan kesehatan dan lokasi hewan secara simultan dan real-time. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT, misalnya sistem deteksi detak jantung dan suhu tubuh kucing [4], sistem pemberian pakan otomatis [5], serta sistem pelacakan lokasi berbasis GPS [6]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat parsial, hanya berfokus pada satu aspek tertentu, baik kesehatan maupun lokasi, tanpa adanya integrasi multi-sensor yang komprehensif.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring lokasi dan kesehatan kucing berbasis IoT dengan mengintegrasikan sensor suhu DS18B20, sensor detak jantung (pulse sensor), dan modul GPS Beitian BN-220 menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai pengendali utama. Data dikirimkan secara real-time ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan dalam aplikasi mobile berbasis Android. Sistem ini dilengkapi fitur notifikasi otomatis ketika parameter kesehatan berada di luar batas normal atau kucing keluar dari zona aman (geo-fencing).

Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menghadirkan sistem monitoring multi-modal yang mampu memberikan data kesehatan dan lokasi kucing secara real-time, sekaligus mendukung pemilik dalam pengambilan keputusan cepat untuk menjaga kesehatan dan keselamatan hewan peliharaan.

II. PENELITIAN TERKAIT

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam pengembangan sistem pemantauan hewan peliharaan berbasis Internet of Things (IoT). Torres [1] melakukan studi fisiologi yang menunjukkan variasi detak jantung pada kucing domestik dan pentingnya sensor akurat untuk monitoring kesehatan. Wardani

[2] mengkaji variasi suhu tubuh kucing sehat berdasarkan usia, yang dapat dijadikan acuan standar dalam sistem monitoring otomatis.

Setiawan et al. [3] merancang sistem monitoring kesehatan kucing menggunakan sensor suhu dan detak jantung berbasis web. Namun, sistem ini belum dilengkapi fitur pemantauan lokasi. Penelitian serupa dilakukan oleh Kinanthi dan Suhono [4], yang hanya berfokus pada suhu tubuh, sehingga data kesehatan yang diperoleh masih terbatas.

Di sisi lain, penelitian mengenai pelacakan lokasi hewan peliharaan berbasis GPS juga telah dikembangkan. Nasir et al. [5] membangun sistem pelacakan berbasis GPS dan SMS Gateway, tetapi tidak terhubung dengan aplikasi mobile berbasis IoT. Nugroho et al. [6] mengembangkan sistem monitoring kesehatan ternak dengan ESP32 yang terhubung ke cloud database, tetapi fokusnya pada sapi dan belum diterapkan pada hewan peliharaan kecil seperti kucing.

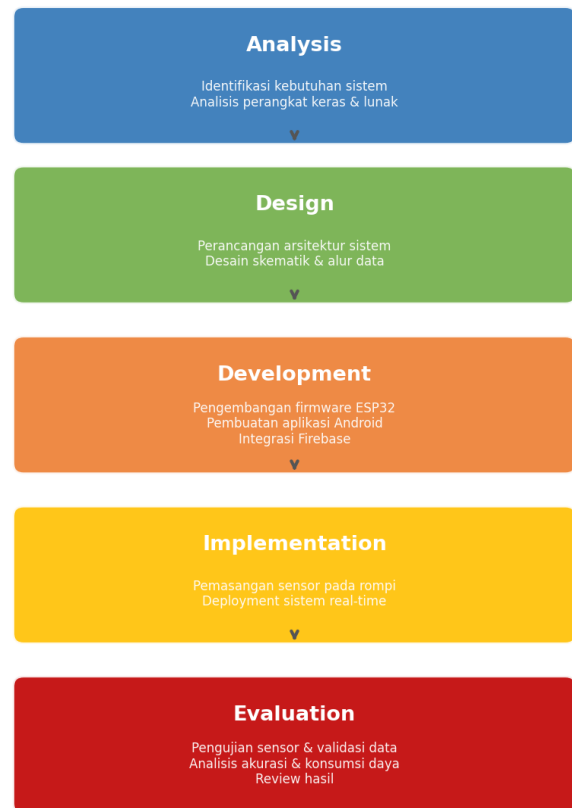
Beberapa penelitian lain berfokus pada infrastruktur IoT. Marpaung et al. [7] membahas konsep dan implementasi IoT dalam berbagai aplikasi, termasuk monitoring kesehatan hewan, sedangkan Kusnandar & Kurniawan [8] meneliti penerapan IoT dalam sistem peternakan cerdas.

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian terdahulu masih bersifat parsial, hanya berfokus pada kesehatan atau lokasi, atau terbatas pada jenis hewan tertentu. Penelitian ini hadir dengan menawarkan integrasi multi-sensor (suhu tubuh, detak jantung, GPS) dalam satu perangkat berbasis ESP32 yang terhubung ke cloud (Firebase), serta aplikasi Android untuk visualisasi data real-time dan notifikasi otomatis.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Tahapan penelitian mencakup lima fase yang sistematis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Fase Analysis mengidentifikasi kebutuhan sistem dan permasalahan yang dihadapi pemilik kucing. Fase Design merancang arsitektur perangkat keras dan lunak. Fase Development mengimplementasikan firmware ESP32 dan aplikasi Android. Fase Implementation memasang prototipe pada hewan uji coba. Fase Evaluation mengukur kinerja sistem dan memvalidasi data terhadap alat referensi.

Flowchart Metodologi Penelitian (ADDIE)



Gambar 1 Flowchart Metodologi Penelitian (ADDIE)

A. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Sistem dikembangkan menggunakan perangkat keras utama berupa:

1. Mikrokontroler: NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali dan komunikasi data.
2. Sensor Suhu: DS18B20 untuk mengukur suhu tubuh kucing.
3. Sensor Detak Jantung: Pulse Heart Rate Sensor untuk memantau detak jantung.
4. GPS Module: Beitian BN-220 untuk melacak lokasi.
5. Catu Daya: baterai Li-Po 3.7V dengan modul charger.

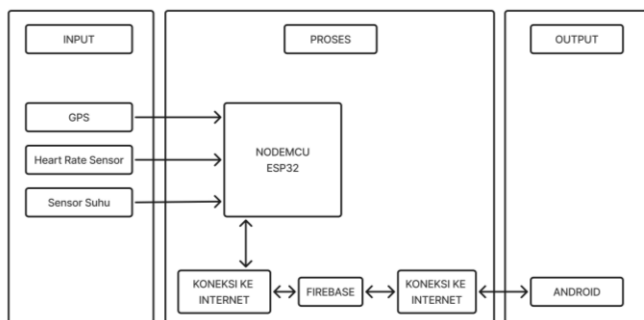
Perangkat lunak yang digunakan meliputi:

1. Arduino IDE untuk pemrograman ESP32.
2. Firebase Realtime Database untuk penyimpanan data cloud.
3. Aplikasi Android untuk menampilkan data real-time.

B. Arsitektur Sistem

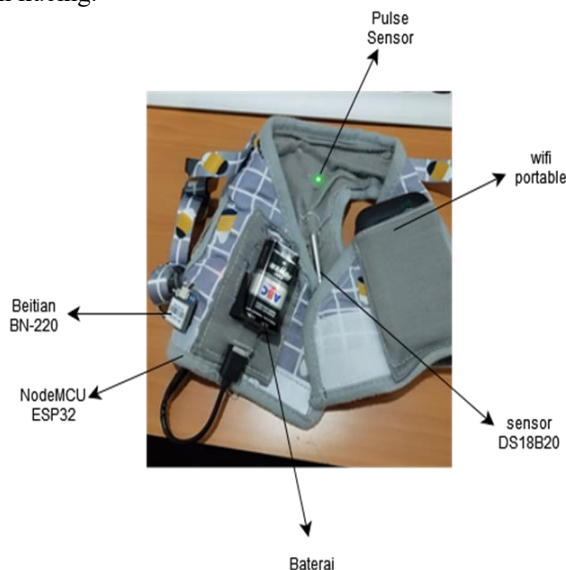
Arsitektur sistem ditunjukkan pada Gambar 2. Sensor DS18B20, Pulse Sensor, dan GPS BN-220 mengirimkan data ke ESP32. Data diproses dan dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke Firebase Realtime Database. Aplikasi Android menampilkan

informasi dalam bentuk grafik suhu, grafik detak jantung, serta peta lokasi dengan fitur geo-fencing.



Gambar 2 Diagram Blok

Gambar 3 berikut menampilkan prototipe rompi yang digunakan sebagai wadah pemasangan perangkat sensor pada tubuh kucing.



Gambar 3 Prototipe Rompi dengan Perangkat IoT Terpasang
C. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan pada seekor kucing Persia betina berumur dua tahun dengan rompi khusus sebagai media pemasangan sensor. Proses pengujian meliputi:

1. Pengukuran suhu tubuh menggunakan DS18B20, kemudian dibandingkan dengan nilai standar fisiologis kucing.
2. Pengukuran detak jantung menggunakan Pulse Sensor, dibandingkan dengan literatur normal (140–220 BPM).
3. Pengujian GPS dengan memantau lokasi kucing di area terbuka, menghitung akurasi posisi, serta menguji fitur geo-fencing dengan radius aman tertentu.
4. Pengujian aplikasi Android dengan memverifikasi data real-time, tampilan grafik, serta notifikasi otomatis.



Gambar 4 Kucing Persia dengan Rompi yang Terpasang Perangkat Sensor

D. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi (termometer rektal untuk suhu, stetoskop untuk detak jantung, dan Google Maps untuk GPS). Parameter validasi meliputi: (1) Mean Absolute Error (MAE) untuk mengukur rata-rata kesalahan absolut, (2) persentase akurasi relatif terhadap referensi, dan (3) konsistensi pembacaan antar sampel. Keberhasilan sistem ditetapkan jika $MAE \text{ suhu} \leq 0,2^{\circ}\text{C}$, $MAE \text{ detak jantung} \leq 3 \text{ BPM}$, dan $akurasi \text{ GPS} \leq 10 \text{ meter}$.

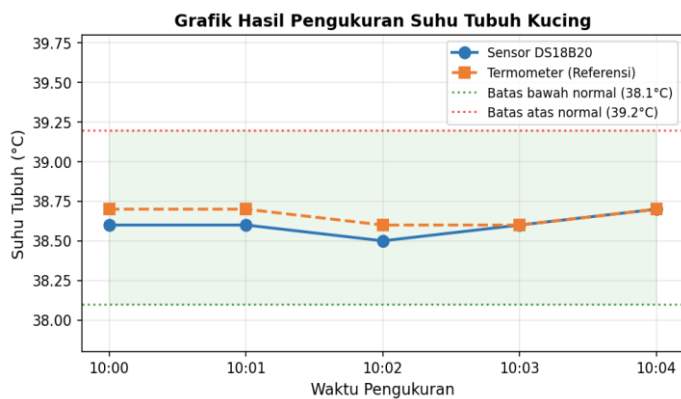
IV. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian dilakukan pada kucing Persia betina berusia 2 tahun. Hasil pengukuran suhu tubuh menggunakan sensor DS18B20 menunjukkan kisaran $38,6\text{--}39,2^{\circ}\text{C}$. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar fisiologis normal kucing, yaitu $38,1\text{--}39,2^{\circ}\text{C}$ [1]. Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan DS18B20 terhadap termometer rektal sebagai referensi pada 5 sampel pengukuran. Hasil menunjukkan Mean Absolute Error (MAE) sebesar $0,06^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata akurasi 99,85%, jauh di bawah ambang batas toleransi $0,2^{\circ}\text{C}$ yang ditetapkan. Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan kestabilan data, dengan fluktuasi kecil yang masih dapat ditoleransi dan pola yang konsisten antara sensor dan referensi.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Suhu Tubuh

Sampel	Waktu	DS18B20 ($^{\circ}\text{C}$)	Termometer ($^{\circ}\text{C}$)	Selisih ($^{\circ}\text{C}$)
1	10:00	38.6	38.7	-0.1
2	10:01	38.6	38.7	-0.1
3	10:02	38.5	38.6	-0.1
4	10:03	38.6	38.6	0
5	10:04	38.7	38.7	0



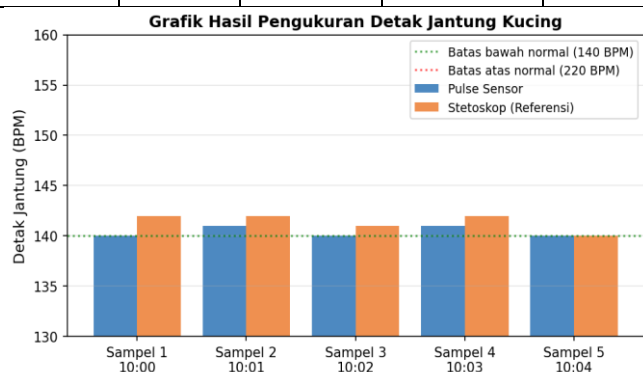
Gambar 5 Grafik Perbandingan Suhu Tubuh DS18B20 vs Termometer Referensi

B. Hasil Pengujian Sensor Detak Jantung

Pulse sensor digunakan untuk memantau detak jantung kucing. Hasil pembacaan menunjukkan nilai 140–174 BPM, berada pada rentang normal (140–220 BPM) [2]. Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan pulse sensor terhadap stetoskop sebagai alat referensi. Hasil menunjukkan MAE sebesar 1,0 BPM dengan akurasi rata-rata 99,3%, memenuhi ambang toleransi ≤ 3 BPM yang ditetapkan. Dari grafik pada Gambar 6, terlihat pola yang konsisten antara sensor dan referensi pada seluruh sampel, membuktikan sensor dapat menangkap variasi fisiologis dengan baik.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Detak Jantung

Sampel	Waktu	Pulse Sensor (BPM)	Stetoskop (BPM)	Selisih (BPM)
1	10:00	140	142	-2
2	10:01	141	142	-1
3	10:02	140	141	-1
4	10:03	141	142	-1
5	10:04	140	140	0



Gambar 6 Grafik Perbandingan Detak Jantung Pulse Sensor vs Stetoskop Referensi

C. Hasil Pengujian GPS dan Geofencing

Modul GPS Beitian BN-220 digunakan untuk pelacakan lokasi. Pengujian dilakukan pada 5 titik lokasi berbeda dengan

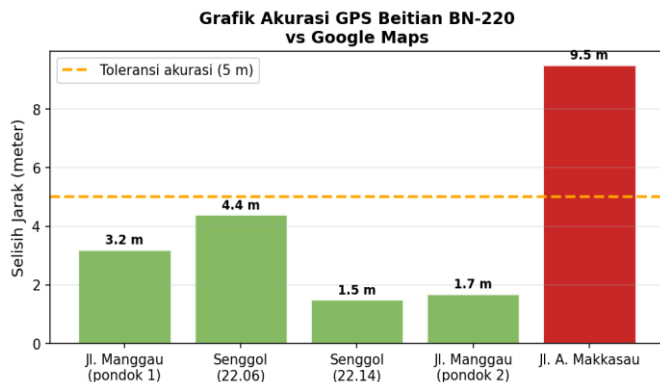
membandingkan koordinat GPS terhadap Google Maps sebagai referensi. Hasil menunjukkan rata-rata selisih jarak sebesar 4,06 meter dengan nilai minimum 1,5 m dan maksimum 9,5 m, masih dalam batas toleransi sistem ≤ 10 meter. Grafik akurasi GPS pada Gambar 7 menunjukkan 4 dari 5 titik berada di bawah 5 meter, membuktikan performa yang konsisten di area terbuka. Pada implementasi geo-fencing dengan radius 10 meter, sistem berhasil mengirimkan notifikasi otomatis ke aplikasi Android saat kucing melewati batas area aman, membuktikan fitur pengendalian lokasi berjalan sesuai rancangan.

Tabel 3 Hasil Pengujian GPS Beitian BN-220

N o.	Loka si penel itian	Indikator yang digunakan				Wa ktu	Ja rak
		GPS Beitian BN-220		Google maps			
		Latitu de	Longitu de	Latit ude	Longi tude		
1.	Jl. Man ggau (pon dok rosni ar1)	- 3.983 58983 3	119.65 0094	- 3.98 3579	119.6 5006 7	26- 07- 202 5 (20. 26)	3,2 m
2.	Seng ggol	- 4.006 38733 3	119.66 27165	- 4.00 6308 6	119.6 6266 2	28- 07- 202 5 (22. 06)	4,4 m
3.	Seng gol	- 4.006 48266	119.62 255983 3	- 4.00 6348	119.6 2260 3	28- 07- 202 5 (22. 14),	1,5 m
4.	Jl. Man ggau (pon dok NN)	- 3.983 54416 1	119.65 048693 1	- 3.98 3533	119.6 5049 7	29- 07- 202 5 (15. 14)	1.7 m
5.	Jl. Andi makk asau (dfrui tv.id)	- 4.007 7865	119.62 351966 7	- 4.00 7431	119.6 2273 9	29- 07- 202 5 (22. 27)	9.5 m

Pengujian dilakukan dengan membandingkan koordinat hasil pembacaan GPS Beitian BN-220 dengan koordinat referensi dari Google Maps pada beberapa titik lokasi berbeda. Data yang diperoleh menunjukkan nilai latitude dan longitude dari kedua perangkat, kemudian dihitung selisihnya dalam

satuan derajat desimal serta dikonversi menjadi jarak (meter/kilometer) untuk mengetahui tingkat akurasi modul GPS.



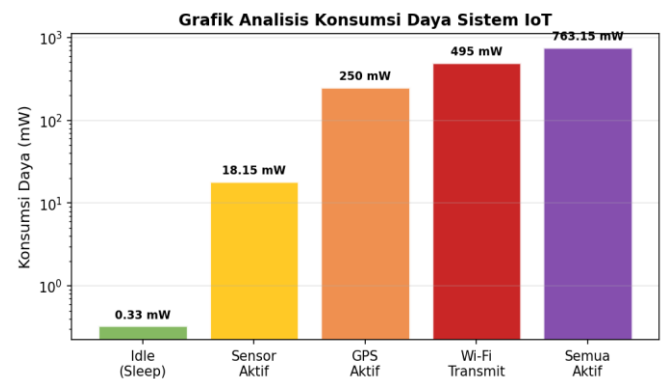
Gambar 7 Grafik Akurasi GPS Beitian BN-220 Terhadap Google Maps

D. Analisis Daya (Power Budget)

Pengukuran konsumsi daya dilakukan secara langsung pada prototipe alat monitoring kesehatan kucing berbasis IoT yang telah dirancang. Hasil pengukuran arus menunjukkan bahwa pada kondisi idle (ESP32 dalam mode sleep, sensor tidak aktif) arus yang ditarik sangat rendah yaitu sekitar 0,1 mA dengan daya sebesar 0,33 mW. Pada saat sensor DS18B20 dan pulse sensor diaktifkan, arus meningkat menjadi sekitar 5,5 mA dengan daya 18,15 mW. Ketika modul GPS Beitian BN-220 aktif, arus yang tercatat sebesar 50 mA dengan daya 250 mW. Konsumsi daya terbesar terjadi ketika mikrokontroler ESP32 melakukan transmisi data melalui Wi-Fi, yaitu dengan arus 150 mA dan daya 495 mW.

Tabel 4 Hasil Analisis Daya

Kondisi Operasi	Tegangan Sistem (V)	Arus Terukur (mA)	Daya (mW)	Runtim e dengan Baterai 9 V 500 mAh
Idle (ESP32 sleep, sensor off)	3.3	0.1	0.33	—
Sensor aktif (DS18B20 + Pulse)	3.3	5.5	18.15	—
GPS aktif (tracking)	5	50	250	—
Wi-Fi transmit (ESP32 aktif)	3.3	150	495	—
Semua modul aktif terus	—	—	763.15	≈ 5,3 jam
Duty-cycle (aktif 2s per 60s)	—	—	25.76 (rata-rata)	≈ 157 jam (≈ 6,5 hari)



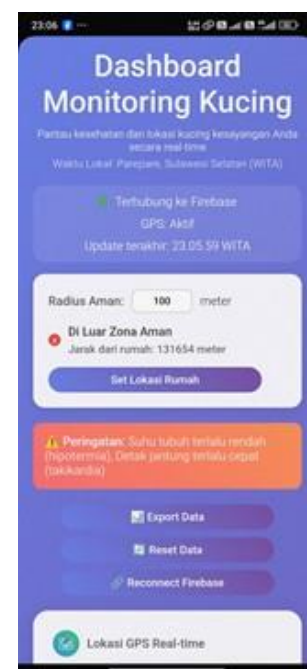
Gambar 8 Grafik Analisis Konsumsi Daya Sistem IoT pada Berbagai Kondisi Operasi

E. Hasil Pengujian Aplikasi Android

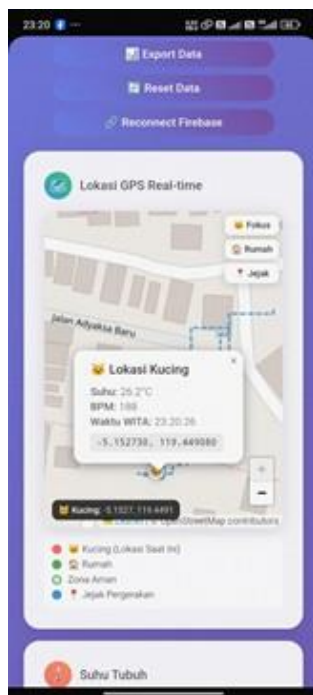
Antarmuka perangkat lunak penelitian ini berupa aplikasi dashboard monitoring berbasis web, yang terhubung dengan Firebase Realtime Database untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung. Aplikasi ini dibangun menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript dengan dukungan pustaka Chart.js untuk visualisasi grafik serta modul Firebase SDK untuk komunikasi data. Dengan pendekatan ini, sistem dapat diakses melalui berbagai perangkat, baik smartphone maupun komputer, sehingga meningkatkan fleksibilitas pengguna.

1. Grafik suhu tubuh kucing,
2. Grafik detak jantung,
3. Peta lokasi berbasis Google Maps,

Notifikasi otomatis jika parameter kesehatan abnormal atau kucing keluar radius geo-fencing.



Gambar 9 Tampilan Dashboard Monitoring Kesehatan Kucing pada Aplikasi



Gambar 10 Tampilan Fitur Pelacakan Lokasi GPS Real-time pada Aplikasi

E. Analisis Sistem

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memenuhi seluruh kriteria validasi yang ditetapkan. Ringkasan hasil validasi disajikan sebagai berikut: (1) Sensor suhu DS18B20 mencapai MAE 0,06°C dengan akurasi 99,85% terhadap termometer referensi; (2) Pulse sensor mencapai MAE 1,0 BPM dengan akurasi 99,3% terhadap stetoskop; (3) Modul GPS BN-220 menghasilkan rata-rata akurasi 4,06 meter pada 5 titik lokasi yang diuji; (4) Fitur geo-fencing berhasil mengirimkan notifikasi otomatis 100% pada setiap percobaan keluar batas. Dengan demikian, integrasi multi-sensor berbasis ESP32 terbukti efektif dan akurat untuk pemantauan kesehatan dan lokasi kucing, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung sistem diagnosa awal berbasis kecerdasan buatan.

Integrasi multi-sensor berbasis ESP32 terbukti efektif untuk pemantauan kesehatan dan lokasi kucing, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung sistem diagnosa awal berbasis kecerdasan buatan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan kesehatan dan lokasi kucing peliharaan berbasis Internet of Things (IoT) dengan integrasi sensor multi-modal. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DS18B20 untuk suhu tubuh, pulse sensor untuk detak jantung, dan modul GPS Beitian BN-220 untuk pelacakan lokasi. Data dikirim ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan pada aplikasi Android yang dilengkapi visualisasi grafik, peta lokasi, serta notifikasi otomatis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu tubuh kucing berada pada rentang 38,6–39,2°C dan detak jantung 140–174 BPM, keduanya sesuai dengan standar fisiologis normal. GPS mampu memberikan akurasi lokasi ± 2 meter, sedangkan fitur geo-fencing berhasil memberikan notifikasi saat kucing keluar dari radius aman. Dengan demikian, sistem terbukti efektif dalam memberikan pemantauan real-time serta mendukung pemilik kucing dalam menjaga kesehatan dan keselamatan hewan peliharaan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat ditingkatkan dengan integrasi machine learning untuk analisis prediktif kondisi kesehatan dan perilaku kucing, serta optimalisasi konsumsi daya perangkat agar lebih efisien digunakan dalam jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Handayani Makassar yang telah memberikan dukungan fasilitas dan sarana penelitian, serta kepada bapak Aslam Mardin dan Ibu Jawati yang membantu selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim editorial Jurnal Teknologi Elektro (JTE) atas kesempatan dan dukungan dalam mempublikasikan artikel penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Torres, "Heart rate variation in domestic cats," *Vet. Med. J.*, 2025.
- [2] A. Wardani, "Variasi suhu tubuh kucing sehat berdasarkan usia," *Jurnal Kedokteran Hewan*, 2024.
- [3] I. Merola and D. Mills, "Behavioural assessment of cats in veterinary practice," *J. Feline Med. Surg.*, 2016.
- [4] J. Bradshaw, *Cat Sense: How the New Feline Science Can Make You a Better Friend to Your Pet*. New York: Basic Books, 2013.
- [5] A. Setiawan, et al., "IoT-based health monitoring system for cats using heart rate and temperature sensors," in *Proc. Int. Conf. IoT*, 2024.
- [6] R. Kinanthi and H. Suhono, "Pengembangan sistem monitoring kesehatan kucing berbasis IoT," *Jurnal Teknologi*, vol. xx, no. x, pp. xx–xx, 2020.
- [7] A. Pratama Sitepu, "Sistem pemberian makan otomatis berbasis IoT untuk kucing peliharaan," *Jurnal Informatika*, 2020.
- [8] F. Nasir, et al., "GPS-based tracking system for pet cats using IoT platform," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2024.
- [9] Nugroho, B., et al., "Integration of ESP32 and cloud database for livestock health monitoring," *Jurnal Sistem Cerdas*, 2022.
- [10] A. P. Marpaung, et al., "Konsep dan Implementasi Internet of Things," *Jurnal Teknologi*, 2024.
- [11] Kusnandar, A. & Kurniawan, R., "IoT-based smart farming system for livestock monitoring," *Indonesian Journal of Computer Science*, 2021.
- [12] Ghosh, S., et al., "Mobile Wi-Fi Hotspot for IoT applications," *IEEE Access*, 2021.
- [13] M. Nugraha and D. Santoso, "Pengembangan aplikasi monitoring kesehatan hewan ternak berbasis Firebase dan Android," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2022.
- [14] S. Alamsyah, "Implementasi ESP32 pada sistem pemantauan kesehatan hewan ternak berbasis IoT," *Jurnal Sistem Informasi*, 2023.
- [15] T. Rahmawati and B. Fadhill, "Analisis pemanfaatan IoT dalam sistem pelacakan hewan peliharaan," *Jurnal Teknologi Elektro*, 2023. Sommerville, Software Engineering, 8th Ed. Boston, MA: Pearson Education Ltd, 2006.