

Aplikasi IoT untuk Sistem Pelacakan Lokasi dan Monitoring Detak Jantung Pasien

1st Putri Arinis Zamardah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

[putriaz
@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:putriaz@student.telkomuniversity.ac.id)

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

[levyolivia
@telkomuniversity.ac.id](mailto:levyolivia@telkomuniversity.ac.id)

3rd Radial Anwar
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

[radialanwar
@telkomuniversity.ac.id](mailto:radialanwar@telkomuniversity.ac.id)

Abstrak — Pasien berkebutuhan khusus memerlukan pemantauan intensif, terutama detak jantung dan lokasi. Keterlambatan penanganan dapat terjadi jika pemantauan tidak dilakukan secara real-time, khususnya saat pasien berada di luar pengawasan. Penelitian ini mengembangkan wearable device berbasis Wi-Fi dengan antenna mikrostrip planar 2,4 GHz yang terintegrasi ke website monitoring lokal tanpa cloud. Sistem menggunakan sensor Pulse Heart Rate, modul GPS Neo-6M, dan mikrokontroler ESP32 untuk mengirim data detak jantung dan lokasi secara real-time ke server lokal yang terhubung Google Maps.

Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor detak jantung mencapai 97%, GPS mengirim lokasi otomatis, dan antenna mikrostrip memiliki Return Loss $-19,806$ dB, VSWR 1,2277, gain 4,83 dBi, serta jangkauan 90 m LoS (lebih jauh dibanding antenna bawaan 54 m). Sistem ini efektif memantau pasien secara real-time dengan jangkauan lebih luas, kecepatan transmisi tinggi, biaya efisien, dan keamanan data lokal.

Kata kunci— Antena mikrostrip, ESP32, GPS Neo-6M, Pulse sensor, Wearable device

I. PENDAHULUAN

Perangkat *wearable* berbasis IoT memiliki potensi besar dalam pemantauan kesehatan pasien berkebutuhan khusus, seperti lansia atau penderita penyakit kronis, dengan menggabungkan deteksi detak jantung (*real-time*) dan pelacakan Lokasi [1]. Namun, sistem saat ini masih bergantung pada *cloud*, mahal, atau kurang terintegrasi. Penelitian ini mengembangkan solusi *wearable* berbasis antenna mikrostrip 2,4 GHz yang mengirim data ke server lokal via Wi-Fi, menggunakan sensor Pulse Heart Rate (akurasi 97%) dan modul GPS Neo-6M. Tujuannya adalah memberikan pemantauan mandiri, cepat, dan aman tanpa ketergantungan *cloud*, dengan notifikasi darurat jika detak jantung abnormal. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan respons medis dan kenyamanan pasien [2].

II. KAJIAN TEORI

Bagian ini membahas kajian teori yang mendukung penelitian, dimulai dari konsep pemantauan kesehatan pasien berkebutuhan khusus secara real-time, serta prinsip dasar teknologi *wearable* sebagai media pengukuran dan pelaporan data. Selanjutnya dipaparkan komponen utama yang

digunakan, yaitu sensor detak jantung Pulse Heart Rate, modul GPS Neo-6M, mikrokontroler ESP32.

A. Wearable Device

Wearable adalah perangkat yang dapat dikenakan adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada bentuk teknologi yang dikenakan di tubuh, seperti jam tangan pintar atau patch dengan sensor, yang menjalankan fungsi yang berguna bagi pemakainya atau pengasuhnya. Contoh umum adalah perangkat yang melacak aktivitas fisik dan tidur atau memberikan data fisiologis tentang pemakainya, seperti detak jantung dan ritme atau kadar gula darah [3].

Wearable device dapat dikatakan sebagai gabungan beberapa teknologi termasuk komputer dan teknologi elektronika yang dikemas sedemikian rupa sehingga dapat dikenakan [4]. Agar lebih mudah dikenakan di tubuh pengguna, *wearable* yang dapat dikenakan ini biasanya diintegrasikan ke dalam pakaian atau dibuat seperti aksesoris, seperti jam tangan, gelang, lensa kontak, tekstil elektronik, kain pintar, topi, anting, cincin, dan bentuk lainnya. *Wearable device* dapat diterapkan pada sebagian bidang, termasuk medis, olahraga, hiburan, dan pertanian. Ukuran *wearable device* tergolong kecil, hal ini bertujuan agar penggunaannya dapat mengenakannya dengan mudah atau perangkat tersebut menjadi “*wearable*”. Akan tetapi, bentuk perangkat yang dapat dikenakan untuk menyimpan daya secara alami terbatas karena ukurannya yang kecil [5].

B. Internet of Things (IoT) dalam Kesehatan

Internet of Things (IoT) menghubungkan perangkat fisik untuk mengumpulkan dan bertukar data secara otomatis, dengan potensi besar meningkatkan kualitas layanan kesehatan melalui sistem monitoring cerdas dan berkesinambungan [6]. Penerapan pada perangkat *wearable*, seperti sensor detak jantung, tekanan darah, kadar oksigen, dan suhu tubuh, memungkinkan pemantauan pasien real-time dari jarak jauh [7]. Data yang dikirim ke server lokal atau cloud dapat dianalisis oleh tenaga medis untuk mempercepat respons, termasuk di wilayah terpencil. Namun, penerapan IoT di sektor kesehatan memerlukan perlindungan data pasien guna mencegah kebocoran dan ancaman siber.

C. Komunikasi Data Nirkabel dalam Sistem IoT

Komunikasi data nirkabel adalah pengiriman dan penerimaan data tanpa kabel melalui gelombang elektromagnetik, seperti radio, inframerah, atau gelombang mikro. Dalam IoT, teknologi ini memungkinkan pertukaran informasi real-time tanpa batasan fisik, mendukung mobilitas dan fleksibilitas sistem di berbagai aplikasi, termasuk kesehatan, industri, dan smart city [8].

Wi-Fi merupakan protokol nirkabel populer pada IoT karena kecepatan tinggi dan jangkauan luasnya. Standar IEEE 802.11 menyediakan infrastruktur untuk konektivitas internet dan komunikasi antarperangkat. Wi-Fi ideal untuk aplikasi IoT yang memerlukan transfer data besar dan koneksi stabil, meski konsumsi dayanya lebih tinggi dibanding Bluetooth Low Energy (BLE) atau ZigBee, seperti pada smart home dan sistem monitoring kesehatan [9].

D. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler System on a Chip (SoC) hemat daya dan berbiaya rendah dari Espressif Systems, dirancang untuk aplikasi Internet of Things (IoT) dan sistem tertanam. Chip ini mengintegrasikan Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2 (termasuk BLE) dalam satu paket, mendukung konektivitas nirkabel yang efisien. Keunggulannya meliputi prosesor dual-core untuk multitasking, konsumsi daya rendah dengan mode deep sleep, harga terjangkau, serta fitur keamanan seperti secure boot dan enkripsi flash. ESP32 tersedia dalam berbagai varian dengan 30–36 pin GPIO yang mendukung input/output digital dan analog, serta dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, MicroPython, PlatformIO, atau Espressif IDF [10].

E. Modul GPS Neo-6M

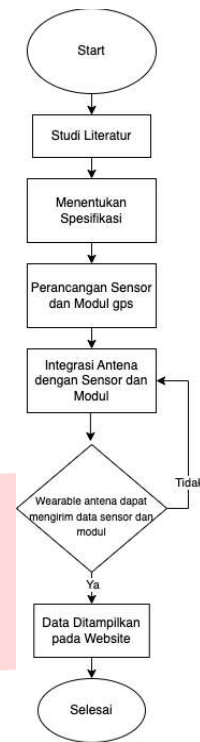
Modul 25x35mm yang ringkas ini berfungsi sebagai penerima GPS (Global Positioning System Receiver) dan dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini mencakup sistem navigasi yang dapat melihat titik posisi seseorang atau location tracking. Sumber tenaga dapat digunakan dengan catu daya 3 hingga 5 Volt. Ideal untuk berbagai development board, seperti Arduino, Raspberry Pi, dan lainnya [11].

F. Sensor Detak Jantung

Sensor detak jantung tipe pulse heart rate bekerja dengan metode photoplethysmography (PPG), yaitu memancarkan cahaya (hijau atau inframerah) ke kulit dan mengukur perubahan penyerapan akibat variasi volume darah di kapiler. Perubahan ini dikonversi menjadi sinyal analog yang diolah menjadi nilai detak jantung dalam BPM [12]. Pulse sensor berukuran kecil, kompatibel dengan mikrokontroler 5V atau 3,3V, bersifat open source, dan menggunakan konektor 3 kawat untuk ground, power, dan data.

III. METODE

A. Diagram Blok



GAMBAR 1
(Alur Proses)

Proses perancangan dimulai dari studi literatur dan penentuan spesifikasi, dilanjutkan dengan perancangan sensor dan modul GPS. Tahap berikutnya adalah integrasi antena dengan sensor dan modul, kemudian pengujian kemampuan pengiriman data. Jika berhasil, data ditampilkan pada website monitoring, menandai selesainya proses perancangan sistem wearable.

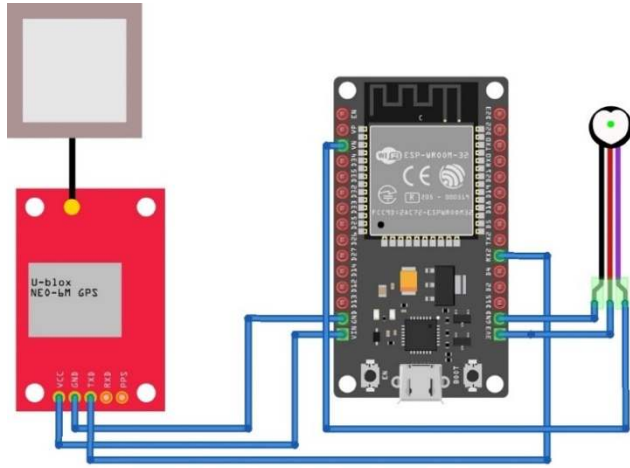
B. Spesifikasi IoT

IoT (Internet of Things) adalah jaringan perangkat fisik yang saling terhubung untuk berkomunikasi dan bertukar data. Pada capstone design ini, IoT mencakup modul GPS, sensor, mikrokontroler, dan platform monitoring yang dirancang menjadi perangkat wearable dengan spesifikasi tercantum pada Tabel 1.

TABEL 1
(Spesifikasi IoT)

No.	Hal	Rincian
1	Modul GPS	GPS NEO 6M Module
2	Sensor	Pulse Heart Rate Sensor
3	Mikrokontroler	ESP32
4	Platform IoT	LocalHost Web
5	Sistem	Sistem pelacakan lokasi harus menggunakan teknologi GPS dengan jarak minimal 5 meter untuk memantau pergerakan pasien secara real-time. Kemudian data yang dikumpulkan oleh sensor harus dapat dikirim ke aplikasi berbasis web untuk analisis real-time.

C. Desain Modul Sensor dan Mikrokontroler

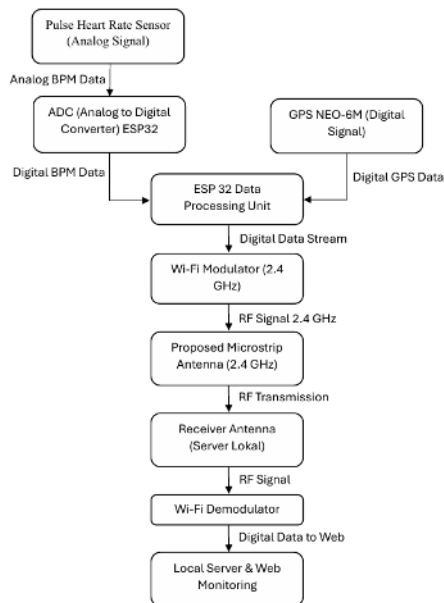


GAMBAR 2

(Design Sensor dan Mikrokontroler)

Gambar 2 menunjukkan komponen utama sistem, yaitu pulse heart sensor, ESP32, modul GPS, dan antenna tambahan. Sensor membaca denyut jantung, ESP32 memprosesnya dan mengirim data ke melalui UART. Modul GPS memberikan koordinat lokasi, sedangkan ESP32 mengolah dan mengirim data ke server via WiFi dengan dukungan antenna untuk memperkuat sinyal. Sistem ini memungkinkan pemantauan denyut jantung dan lokasi pengguna secara real-time.

D. Algoritma Sistem Komunikasi



GAMBAR 3

(Diagram Blok Sistem Komunikasi)

Algoritma sistem komunikasi pada perangkat *wearable* ini bertujuan untuk mengintegrasikan pembacaan data detak jantung dan koordinat lokasi pasien, kemudian mengirimkan informasi tersebut secara *real-time* ke server lokal. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan ESP32 sebagai pusat pemrosesan data, antenna mikrostrip 2.4 GHz sebagai media transmisi, serta modul GPS NEO-6M dan sensor *Pulse Heart Rate* sebagai sumber data. Gambar 3.5 berikut menunjukkan blok diagram algoritma sistem komunikasi yang menggambarkan alur perpindahan data dari sensor hingga ditampilkan pada antarmuka *monitoring*.

E. Akurasi Sensor Detak Jantung

Akurasi menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran sensor Pulse Heart Rate dengan nilai acuan (pembanding), seperti *smartwatch*. Untuk menghitung *error rate*, akurasi dan rata-rata akurasi digunakan persamaan berikut :

$$\text{Error Rate(\%)} = \frac{|\text{HRSmartwatch} - \text{HRSensor}|}{\text{HRSmartwatch}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = 1 - \frac{|\text{HRSmartwatch} - \text{HRSensor}|}{\text{HRSmartwatch}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Rata-rata Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Akurasi Seluruh Jumlah Data}}{\text{Jumlah Data}} \quad (3)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Wiring ESP32 dan Sensor

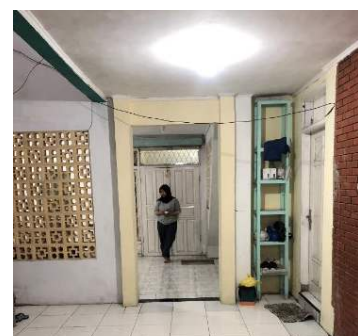


GAMBAR 4

(wiring ESP32 dan sensor)

Gambar menunjukkan rangkaian prototipe perangkat *wearable* yang terdiri dari ESP32, modul GPS Neo-6M, dan sensor detak jantung tipe Pulse Heart Rate. Sensor mendeteksi denyut jantung pengguna, modul GPS memperoleh koordinat lokasi, dan ESP32 memproses serta mengirim data ke sistem monitoring melalui koneksi Wi-Fi. Seluruh komponen dihubungkan menggunakan kabel jumper untuk memastikan integrasi dan komunikasi data yang stabil.

B. Hasil Jangkauan NLoS Sistem



GAMBAR 5

(Pengukuran di dalam rumah)

Gambar menunjukkan skenario pengukuran Non-Line of Sight (NLoS) yang dilakukan di area dalam ruangan dengan beberapa penghalang fisik seperti dinding dan pintu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jangkauan transmisi sinyal perangkat wearable pada kondisi tanpa garis pandang langsung antara pemancar dan penerima. Hasil pengukuran menunjukkan jarak jangkauan maksimal mencapai 45 meter pada kondisi NLoS, yang mengindikasikan performa antena tetap optimal meskipun terdapat hambatan.

C. Hasil Jangkauan LoS Sistem



GAMBAR 7

(Pengukuran di Lapangan)

Gambar menunjukkan skenario pengukuran Line of Sight (LoS) yang dilakukan di area terbuka tanpa penghalang fisik antara pemancar dan penerima. Pengujian ini bertujuan mengukur jangkauan maksimal transmisi sinyal perangkat wearable pada kondisi optimal. Hasil pengukuran menunjukkan jarak jangkauan mencapai 54 meter pada kondisi LoS, yang menggambarkan performa transmisi sinyal dalam keadaan tanpa hambatan.

D. Pengujian Pada Pasien



GAMBAR 8

(pengujian pada pasien)

Pengujian dilakukan dengan melibatkan pasien sebagai subjek untuk mengukur kinerja sensor detak jantung dan modul GPS pada perangkat wearable. Sensor pulse heart rate mampu mendeteksi denyut jantung secara real-time dengan akurasi mencapai 97%, sedangkan modul GPS memberikan

data koordinat lokasi yang terus diperbarui secara langsung. Integrasi kedua komponen ini memungkinkan pemantauan kondisi kesehatan dan posisi pasien secara simultan, sehingga mendukung respons cepat dalam situasi darurat.

V. KESIMPULAN

Sistem wearable berbasis IoT telah direalisasikan dengan integrasi sensor Pulse Heart Rate, modul GPS Neo-6M, mikrokontroler ESP32, dan antena mikrostrip planar 2,4 GHz sebagai media transmisi. Data detak jantung dan koordinat lokasi dikumpulkan, diproses, dan dikirim secara real-time melalui protokol Wi-Fi ke server lokal yang terhubung dengan platform monitoring berbasis web. Implementasi ini membuktikan kemampuan IoT dalam menyediakan pemantauan kesehatan dan posisi pasien secara akurat, cepat, dan tepat.

REFERENSI

● Journal

- [1] D. Y. A. Fikri, "Perkembangan Wearable Devices dalam Mendeteksi Gangguan Irama Jantung," *Kemenkes Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan*, vol. , 2024.
- [2] M. H. FATHURRIDHA, "Wearable EBG-Backed Belt Antenna for Smart On- Body Applications," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 16, no. 22, pp. 7177-7189, 2020.
- [3] G. S. G. a. .. R. W. P. S. H. Friend, "Wearable Digital Health Technology," *The New England Journal of Medicine*, vol. 389, no. 22, pp. 2100-2101, 2023.
- [4] I. D. S. a. .. R. Maulana, "Implementasi Low Power Wearable Device Sebagai Heart Rate Monitor Dengan Metode State Machine," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 1411-1418, 2018.
- [5] M. Liandana, "Penerapan Teknologi LoRa Pada Purwarupa Awal Wearable Device," *Journal of Computer, information system, & technology management*, vol. 2, no. 2, pp. 40-46, 2019.
- [6] J. L. B. J. B. M. P. R. N. a. M. R. S. Kumar, "A Wristwatch-Based Wireless Sensor Platform for IoT Health Monitoring Applications," *Sensors*, vol. 2, no. 6, 2020.
- [7] .. F. a. S. A. I. W. Ramadhan, "Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Kesehatan: Inovasi dan Implementasi," *Techno*, vol. 23, no. 4, pp. 763-772, 2024.
- [8] A. L. a. G. M. L. Atzori, "The Internet of Things: A Survey," *Computer Networks Journal*, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, 2010.
- [9] M. G. M. M. M. A. a. M. A. A. Al-Fuqaha, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, 2015.

- [10] E. W. P. a. A. KISWANTONO, "ELECTRICAL ANALYSIS USING ESP-32 MODULE IN REALTIME," *Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 1273-1284, 2022.
- [11] M. R. Z. AKBAR, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEAMANAN SEPEDA MOTOR DARI PENCURIAN MENGGUNAKAN GPS DAN MODUL MPU 6050," *POLITEKNIK ATI MAKASSAR*, 2020.
- [12] P. M. a. Y. P. W. C. A. Pratiwi, "Akuisisi Data Sinyal Photoplethysmograph (PPG) Menggunakan Photodiode," *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, vol. 2, no. 2, pp. 33-42, 2016.

