

Inovasi Helm Infanteri Terintegrasi Battlefield Management System Untuk Monitoring Area Pertempuran Secara Real-Time

Ghaly Risyadi¹, Mardhiah Masril^{2*}, Ruri Hartika Zain³, Firdaus⁴
^{1,2,3,4} Sistem Komputer, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang
mardhiah_m@upiypk.ac.id*

Article Info

Article history:

Received 25 November 2025
Revised 18 Desember 2025
Accepted 30 Desember 2025

Keyword:

Battlefield Management System, Infantry Helmet, Internet of Things, LoRa, Real-Time Monitoring

ABSTRACT

This study aims to design and develop an Army infantry helmet system integrated with a Battlefield Management System (BMS) to support real-time monitoring of soldier conditions and combat strategies. The system integrates various sensors, including heart rate monitoring, hazardous gas detection (MQ-135), gyroscopic orientation (MPU6050), digital compass (HMC5883L), and GPS positioning (NEO-6M), managed by Arduino and NodeMCU microcontrollers. Sensor data is transmitted using LoRa communication modules and forwarded via the MQTT protocol to a monitoring system built with Grafana for real-time interactive dashboard visualization. The system is designed to provide periodic data on soldiers' physical conditions and surrounding environments, aiming to enhance the speed and accuracy of strategic decisions on the battlefield. The prototype was tested in a simulated environment with a focus on sensor accuracy, transmission stability, and visualization reliability, showing promising results as an initial step toward IoT-based military monitoring and protection systems.

This is an open access article under the CC Attribution 4.0 license.

PENDAHULUAN

Transformasi global terjadi seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi modern yang telah membawa perubahan besar pada berbagai aspek kehidupan manusia, mencakup bidang sosial, ekonomi, politik, hingga sektor pertahanan. Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 telah mengintegrasikan teknologi, informasi dan komunikasi yang mengubah berbagai hal yang bersifat fundamental dalam kehidupan manusia [1], [2]. Kemajuan tersebut tidak hanya berdampak pada sektor sipil, pemerintahan, kesehatan, komunikasi dan pendidikan namun juga berdampak pada sektor pertahanan [3], [4], [5]. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkaitan dengan kemajuan teknologi militer mengakibatkan teknologi militer juga sebagai salah satu bagian penting dari dinamika hubungan internasional dan diplomasi militer [6]. Teknologi kemiliteran tidak hanya

berperan dalam strategi pertahanan negara, tetapi juga berhubungan erat dengan perkembangan ekonomi dan industri, terutama dalam memperkuat posisi tawar negara-negara dalam negosiasi internasional [7]. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkaitan dengan kemajuan teknologi militer namun demikian, Sayidiman menyatakan bahwa selain kemajuan teknologi, tentunya bisa berupa permasalahan politik, sosial dan ekonomi [8].

Pada persaingan sistem internasional, setiap negara berusaha mencapai kepentingan nasionalnya melalui kebijakan luar negeri yang telah ditentukan [9]. Kemajuan teknologi militer memiliki peran signifikan dalam meningkatkan hasil konflik bersenjata, kapasitas negara untuk memproyeksikan kekuasaan, serta sebagai sarana untuk mencegah potensi agresi dari pihak musuh [10]. Begitu pesatnya perkembangan teknologi, unit tempur tradisional

akan mengambil lompatan kualitatif, dan keselamatan tentara akan sangat terancam, sehingga berdampak penting pada situasi perang secara keseluruhan [11].

Peralatan penting bagi prajurit adalah alat pelindung diri (APD). Helm militer merupakan salah satu APD bagi seorang prajurit, helm militer dirancang untuk memberikan perlindungan balistik terhadap ancaman fisik, namun saat ini belum dilengkapi dengan kemampuan pemantauan kondisi kesehatan serta posisi prajurit secara *real-time*. Keterbatasan ini berpotensi menghambat upaya penyelamatan di medan tempur, dimana prajurit yang mengalami kondisi darurat tidak dapat segera dijangkau oleh fasilitas medis, yang berujung pada tingginya angka korban jiwa [12]. Ketidakhadiran sistem pemantauan ini juga dapat menghambat pengambilan keputusan strategis oleh markas besar dalam mengirim bantuan atau merespons perubahan situasi tempur dengan cepat. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem APD modern yang tidak hanya berfungsi sebagai pelindung fisik, tetapi juga mampu memantau data kesehatan dan lokasi prajurit secara akurat, sehingga dapat meningkatkan keselamatan individu dan mendukung efektivitas strategi militer secara keseluruhan [13].

Perlindungan, informasi, dan kontrol dalam pertahanan modern menjadi sangat penting dengan hadirnya teknologi digital yang menghubungkan prajurit ke sistem informasi. Tantangan lainnya ketika mengintegrasikan teknologi pada peralatan APD adalah bertambahnya berat beban yang harus dibawa oleh prajurit, seperti yang dialami di Irak dengan rata-rata beban 45,4 kg, yang semakin bertambah jika menggunakan perangkat elektronik. Beban ini berpengaruh pada mobilitas dan efektivitas tempur, sehingga pengurangan beban menjadi prioritas dalam pengembangan sistem perlindungan terintegrasi [14].

Penelitian yang dilakukan oleh Ninad V. Joshi mengembangkan *smart helm* dengan kemampuan pemantauan kondisi kesehatan dan lokasi prajurit, namun belum mendukung informasi situasi lingkungan terkini di medan perang [15]. Sistem komunikasi LoRa yang digunakan SX1276, memiliki daya transmisi rendah yang menyebabkan jangkauan terbatas, terutama di area dengan banyak hambatan seperti hutan atau kawasan perkotaan yang padat bangunan.

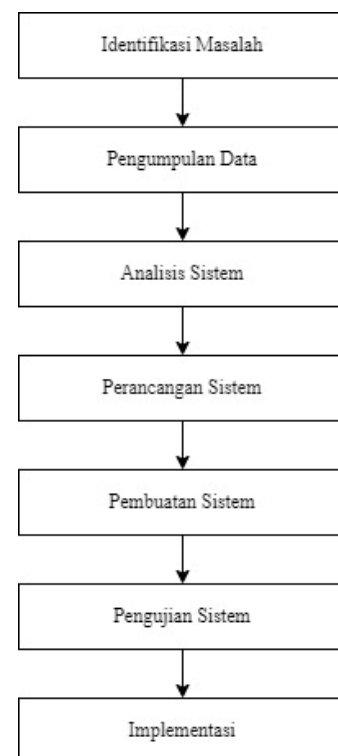
Pengembangan sistem helm infanteri yang terintegrasi dengan Battlefield Management System (BMS) bertujuan untuk memantau kondisi dan lingkungan prajurit secara *real-time* selama operasi militer. BMS adalah sistem berbasis komputer yang mendukung pengambilan keputusan dan strategi militer. Helm ini menggunakan komunikasi LoRa (Long Range) untuk mengirimkan data seperti detak jantung,

lokasi GPS, dan kondisi lingkungan, termasuk konsentrasi gas berbahaya, ke pusat komando dengan interval 5 hingga 10 detik, memungkinkan pemantauan berkelanjutan terhadap prajurit di medan tempur.

Sistem ini akan menggunakan Grafana sebagai platform visualisasi data yang interaktif dan komprehensif. Grafana memungkinkan penyajian data secara real time dalam bentuk grafik, diagram, atau dashboard yang mudah dipahami. Dengan menggunakan Grafana, pusat komando dapat dengan cepat menganalisis kondisi prajurit di medan perang melalui antarmuka visual yang intuitif, sehingga memudahkan pengambilan keputusan yang kritis. Kombinasi dari BMS, LoRa, dan Grafana diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan efektivitas operasional militer secara keseluruhan.

METODE

Kerangka penelitian memberikan gambaran umum tentang langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penelitian. Kerangka penelitian adalah konsep atau tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian sampai pada tahapan terakhir. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan atau Research and Development. Dalam pendefinisian lainya metode ini bertujuan untuk mengembangkan produk baru dan atau menyempurnakan produk yang sudah ada serta memvalidasi produk tersebut [16], [2].



Gambar 1. Kerangka kerja penelitian

Adapun penjelasan kerangka kerja penelitian diatas sebagai berikut:

A. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang telah berhasil diidentifikasi pada lingkungan militer yaitu monitoring kondisi prajurit di medan perang, dimana pemantauan tidak selalu dapat dilakukan secara *real-time*. Pada operasi militer, pengumpulan informasi secara manual sering kali menghadapi berbagai kendala, seperti keterlambatan pengambilan keputusan, risiko kesalahan input data, kurangnya integrasi data yang relevan, serta terbatasnya akses informasi oleh pusat komando sehingga secara tidak langsung dapat mempengaruhi situasi strategi di medan perang. Oleh karena itu, pengembangan sistem helm infanteri yang terintegrasi dengan *Battlefield Management System* (BMS) diharapkan dapat menjadi solusi untuk memantau kondisi dan lingkungan prajurit secara *real-time*.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap penting yang bertujuan memahami secara mendalam terkait potensi dan permasalahan yang terjadi secara tepat, sehingga penelitian ini dapat menghasilkan solusi yang optimal terhadap pemecahan permasalahan yang telah dianalisis sebelumnya.

C. Analisis Sistem

Analisis sistem yang akan dirancang, dalam hal ini dilakukan analisis terhadap perangkat input, proses dan output yang diperlukan dalam perancangan sistem helm infanteri yang terintegrasi dengan BMS ini.

D. Perancangan Sistem

Menentukan desain merupakan proses yang bertujuan untuk memastikan perangkat input, output, dan pusat pemrosesan pada sistem helm infanteri yang terintegrasi dengan BMS dapat memenuhi kebutuhan monitoring kondisi prajurit dan lingkungan disekitarnya secara efektif.

E. Pembuatan Sistem

Pembuatan alat dilakukan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya, dimulai dari pembuatan hardware dari sistem kemudian pembuatan program kontrol dan penggabungan program dengan hardware.

F. Pengujian Sistem

Pengujian Sistem atau uji coba pemakaian merupakan proses pengujian suatu sistem kontrol untuk mengetahui apakah sistem kontrol tersebut dapat diterapkan dan beroperasi sesuai dengan yang diinginkan peneliti dan pengguna.

G. Implementasi

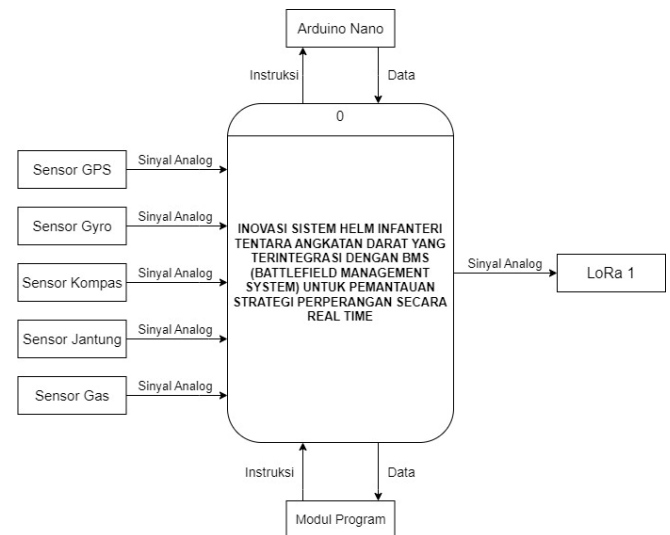
Tahapan implementasi sistem diawali dengan menempatkan alat hasil perancangan ke dalam situasi atau lingkungan yang menyerupai kondisi nyata untuk melihat kinerja secara langsung. Implementasi ini dilakukan sebagai bentuk realisasi dari sistem helm infanteri yang telah dirancang agar dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dilingkungan militer. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memastikan bahwa sistem mampu beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan, serta dapat memberikan solusi terhadap kendala yang sebelumnya telah diidentifikasi, seperti

keterlambatan pengambilan keputusan dan terbatasnya akses informasi secara *real-time* di medan perang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

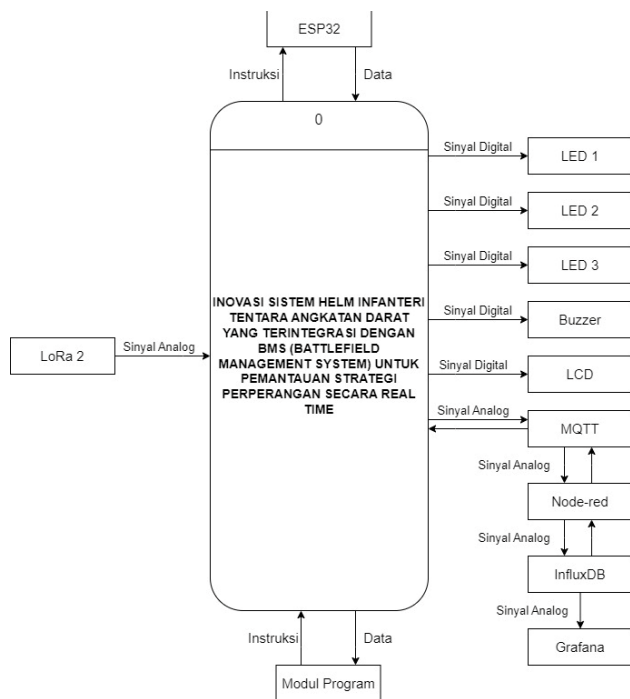
A. Context Diagram

Context diagram berperan sebagai media visual yang menunjukkan hubungan antara satu proses utama dan berbagai entitas eksternal yang terlibat. Rancangan sistem ini terbagi menjadi dua bagian yaitu perangkat pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Gambar 2 menunjukkan *Context Diagram Transmitter* dan gambar 3 menunjukkan *Context Diagram Receiver* dari sistem yang telah dirancang.



Gambar 2. Context diagram transmitter

Berdasarkan gambar 2, Arduino Nano berfungsi sebagai pusat pengolahan seluruh data dan instruksi pada perangkat *transmitter*. Sensor GPS berfungsi sebagai input lokasi terkini dari prajurit. Sensor Gyro berfungsi untuk mendeteksi gerakan guncangan terhadap ledakan disekitar medan operasi prajurit. Sensor Kompas berfungsi untuk mendeteksi arah mata angin yang sedang dituju prajurit. Sensor Jantung berfungsi untuk mendeteksi denyut jantung prajurit. Sensor Gas berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya disekitar medan operasi prajurit. LoRa-1 berfungsi untuk melakukan pengiriman data-data dari entity input pada rangkaian arduino nano. Modul Program digunakan untuk melakukan pembacaan terhadap pin-pin mikrokontroler, baik pembacaan terhadap sinyal-sinyal input, memberikan instruksi-instruksi untuk mengaktifkan pin-pin pada output. Modul program mengontrol semua proses yang terjadi di arduino nano dengan menggunakan bahasa pemrograman arduino.



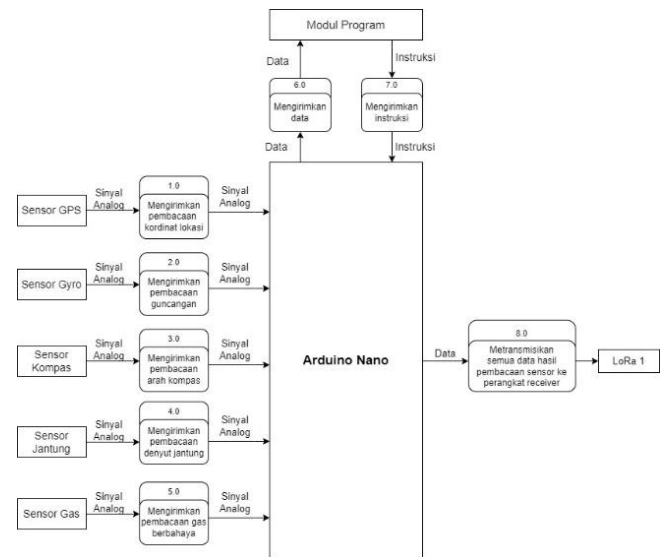
Gambar 3. Context diagram receiver

Berdasarkan gambar 3, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan seluruh data dan instruksi pada perangkat *receiver*. LoRa-2 berfungsi sebagai entity input untuk melakukan penerimaan data-data pada sistem *receiver* yang ditransmisikan oleh LoRa-1 pada sistem *transmitter*. LED 1 berfungsi sebagai indikator bahwa sistem *receiver* tidak dapat berhasil terhubung ke MQTT. LED 2 berfungsi sebagai indikator bahwa *receiver* berhasil terhubung ke MQTT. LED 3 berfungsi sebagai indikator bahwa data dapat diterima dari sistem *transmitter*. Buzzer berfungsi sebagai indikator ketika LoRa-2 menerima data transmisi. LCD berfungsi untuk menampilkan informasi sistem *receiver*. MQTT berfungsi sebagai server pesan (*broker*) yang menerima data dari sistem *receiver* dan meneruskannya ke platform Node-RED. MQTT digunakan untuk komunikasi ringan dan efisien antar perangkat (ESP32 dan sistem visualisasi) menggunakan protokol *publish-subscribe*. Node-RED berfungsi sebagai antarmuka alur logika visual yang memproses data yang diterima dari MQTT. Node-RED mengatur alur data dari ESP32 ke database (InfluxDB) dan ke dashboard (Grafana). InfluxDB berfungsi sebagai database *time-series* yang menyimpan data-data sistem *receiver* dari ESP32. Grafana berfungsi sebagai visualisasi data yang mengambil data dari InfluxDB untuk ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, dan panel visual lainnya. Modul Program digunakan untuk melakukan pembacaan terhadap pin-pin mikrokontroler, baik pembacaan terhadap sinyal-sinyal input, memberikan intruksi-instruksi untuk mengaktifkan pin-pin pada output. Modul program mengontrol semua proses yang terjadi di ESP32 menggunakan bahasa pemrograman arduino.

B. Data Flow Diagram

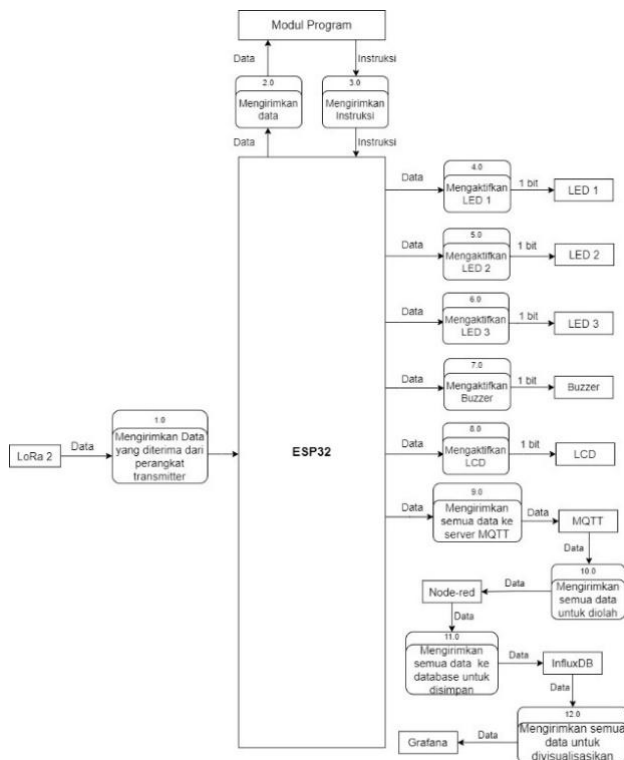
Data Flow Diagram (DFD) menggambarkan aliran data pada sistem yang dikembangkan. Pada penelitian ini, DFD

yang digunakan adalah level 0 karena hanya terdapat satu sistem yang dirancang dan dikembangkan. Diagram ini berfungsi untuk memvisualisasikan proses utama serta interaksi antar entitas yang terkait dengan aliran data. Rancangan sistem ini terbagi menjadi dua bagian yaitu perangkat pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Gambar 4 menunjukkan *Data Flow Diagram Transmitter* dan gambar 5 menunjukkan *Data Flow Diagram Receiver* dari sistem yang dirancang.



Gambar 4. Data flow diagram transmitter

Berdasarkan gambar 4, dapat dijelaskan bahwa sistem perangkat *transmitter* memiliki beberapa urutan proses, dimana proses diawali dengan pembacaan sensor. Sensor GPS akan mendapatkan nilai Latitude dan Longgitude ketika sensor sudah mendapatkan sinyal lalu pembacaan nilai sensor akan diteruskan ke arduino nano pada pin D5 yang terhubung ke pin RX sensor GPS dan pin D4 yang terhubung ke pin TX sensor GPS untuk diolah menjadi logika pembacaan koordinat lokasi perangkat *transmitter*. Pembacaan nilai sensor Gyro pada sistem *transmitter* akan diteruskan ke arduino nano pada pin A5 terhubung ke pin SCL sensor gyro dan pin A4 terhubung ke pin SDA sensor gyro untuk diolah menjadi logika pembacaan nilai pergerakan guncangan. Pembacaan nilai sensor Kompas pada sistem *transmitter* akan diteruskan ke arduino nano. Pembacaan nilai sensor Jantung pada sistem *transmitter* akan diteruskan ke arduino nano pada pin A1 terhubung ke pin S sensor jantung untuk diolah menjadi logika pembacaan nilai denyut jantung. Pembacaan nilai Sensor Gas pada sistem *transmitter* akan diteruskan ke arduino nano pada pin A0 sensor gas untuk diolah menjadi logika pembacaan nilai kadar kosentrasi gas berbahaya di udara. Arduino nano akan memberikan data ke modul program untuk diproses. Hasil dari proses pengolahan data modul program dikirimkan kembali ke arduino nano. LoRa-1 akan mentransmisikan seluruh nilai pembacaan sensor yang sudah di proses oleh arduino nano pada pin D2 terhubung ke pin DIO0 LoRa-1, pin D9 terhubung ke pin RST LoRa-1, dan pin D10 terhubung ke pin NSS LoRa-1.



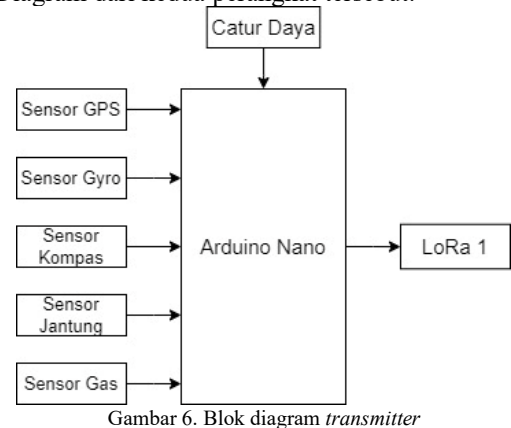
Gambar 5. Data flow diagram receiver

Berdasarkan gambar 5, dapat dijelaskan bahwa pada bagian *receiver* sistem juga memiliki beberapa urutan proses, dimana sistem dimulai ketika LoRa-2 sudah menerima data transmisi dari LoRa-1 pada sistem *transmitter* yang selanjutnya data akan diteruskan ke ESP32 untuk diolah pada pin 2 terhubung ke pin DIO0 LoRa-1, pin 5 terhubung ke pin NSS LoRa-2, dan pin 14 terhubung ke pin RST LoRa-2. ESP32 akan memberikan data yang diterima ke modul program untuk diproses. Hasil dari proses pengolahan data modul program dikirimkan kembali ke ESP32. ESP32 akan menyalakan LED 1 pada pin 12 sebagai indikator jika ESP32 tidak terhubung ke MQTT, sedangkan jika ESP32 berhasil terhubung ke MQTT maka LED 2 pada pin 13 akan menyala sebagai indikator. ESP32 akan menyalakan LED 3 pada pin 15 sebagai indikator bahwa LoRa 2 telah menerima data dari transmisi. ESP32 akan mengaktifkan Buzzer pada pin 4 sebagai indikator bahwa LoRa-2 menerima data dari *transmitter*. ESP32 akan mengaktifkan LCD pada pin 21 terhubung ke pin SDA LCD dan pin 22 terhubung ke pin SCL LCD untuk menampilkan informasi sistem. ESP32 mengirimkan data transmisi ke server MQTT dan MQTT juga akan mengirimkan status koneksi ke ESP32, lanjut dikirim ke Node-Red untuk pengolahan data, berikutnya dikirim ke InfluxDB untuk penyimpanan ke database, terakhir dikirim ke Grafana untuk menampilkan output visual.

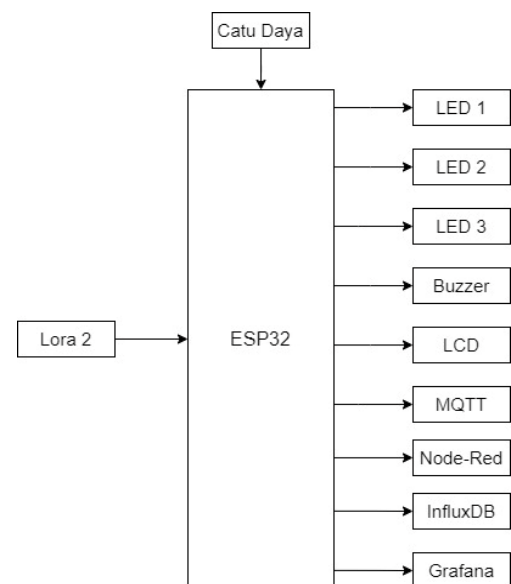
C. Blok Diagram

Blok diagram digunakan untuk lebih menyederhanakan pemahaman dengan menjelaskan prinsip kerja alat secara keseluruhan yaitu berupa gabungan prinsip elektronika dan mekanika yang dikontrol oleh pemrograman. Blok diagram

terbagi menjadi dua bagian yaitu perangkat pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Berikut adalah kedua Blok Diagram dari kedua perangkat tersebut.



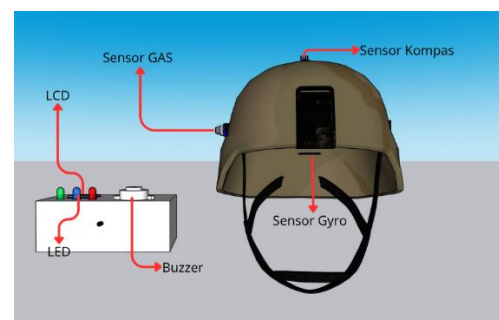
Gambar 6. Blok diagram transmitter



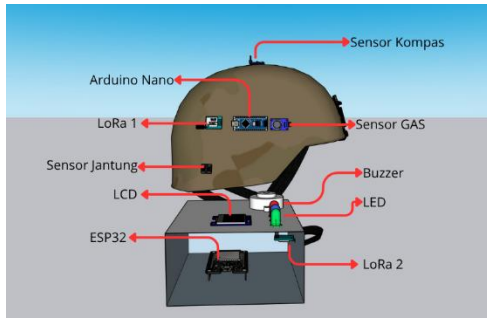
Gambar 7. Blok diagram receiver

D. Rancangan Fisik Sistem

Perancangan alat ini merupakan tahap awal dari pemasangan dan menganalisa permasalahan yang dihadapi berdasarkan literatur yang menunjang perancangan alat.



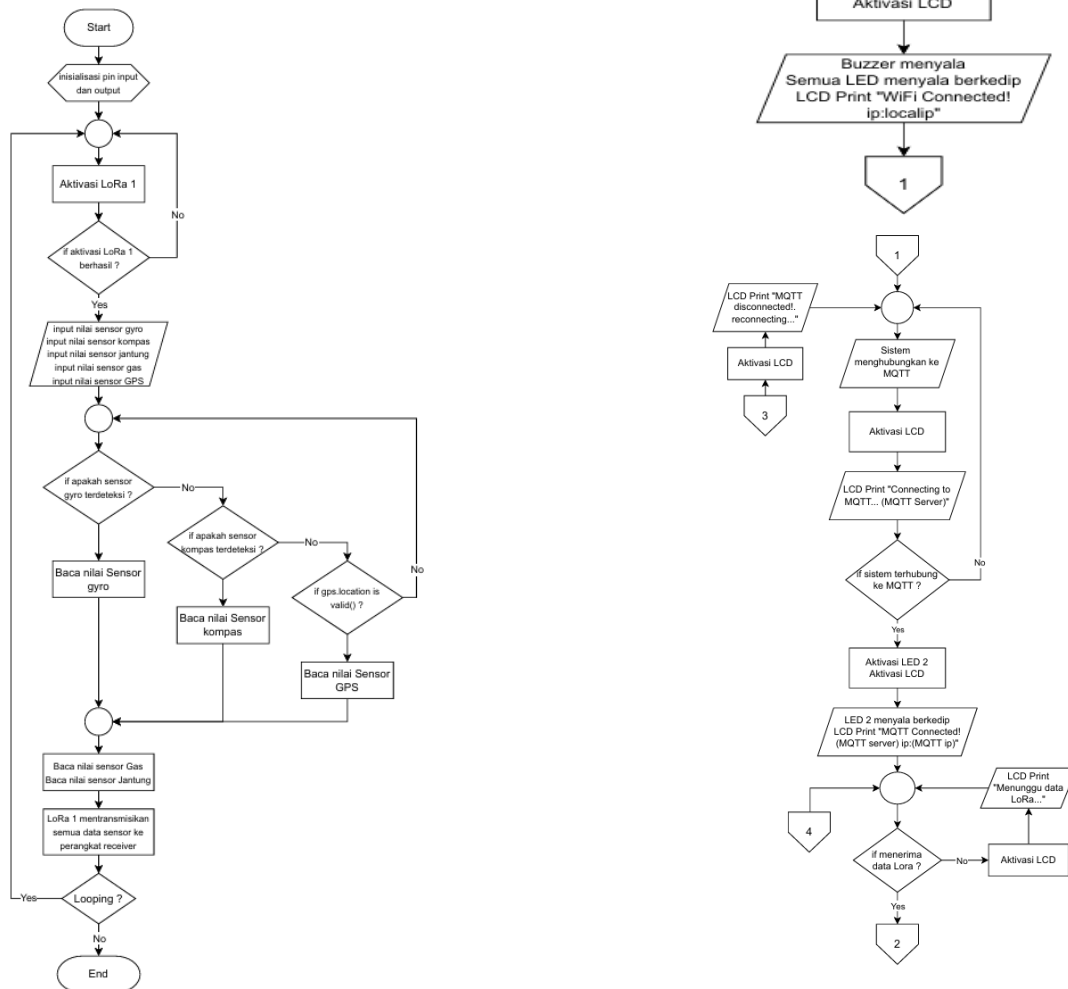
Gambar 8. Rancangan fisik sistem tampak depan



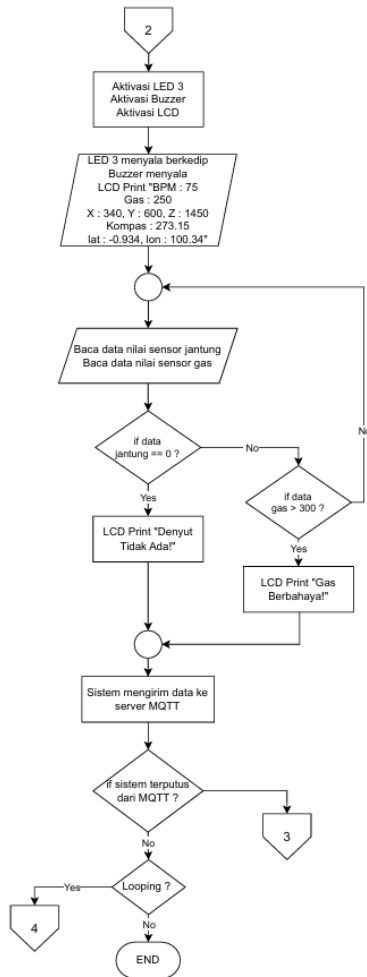
Gambar 9. Rancangan fisik sistem tampak samping

E. Flowchart Program

Flowchart dibuat untuk memperjelas tujuan serta memberikan representasi visual dari alur logika dalam pembuatan program. Deskripsi dasar ini menggunakan program flowchart sebagai alat bantu untuk menentukan logika program tersebut. Rancangan sistem ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu perangkat pemancar (*transmitter*) dan sistem penerima (*receiver*). Berikut adalah flowchart dari kedua perangkat tersebut.



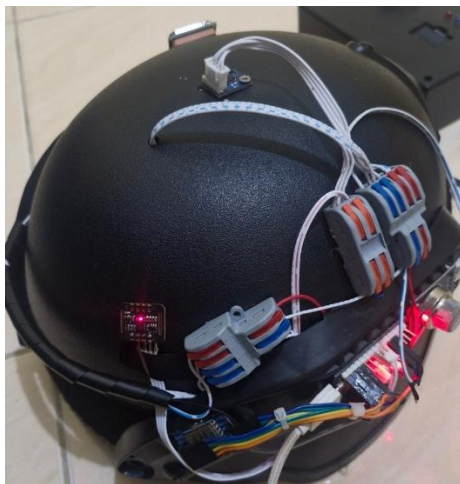
Gambar 10. Flowchart transmitter



Gambar 11. Flowchart receiver

F. Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini dapat dilakukan mulai dari pengujian sistem perkomponen hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Awal pengujian yaitu menghubungkan perangkat *transmitter* ke sumber daya untuk mengirimkan data-data sensor ke perangkat *receiver*.



Gambar 12. Perangkat transmitter siap mengirim data

Setelah perangkat *transmitter* sudah siap lalu pada perangkat *receiver* secara otomatis akan menerima data dalam interval 1 detik berdasarkan angka frekuensi kedua LoRa tiap perangkat yang sudah disesuaikan.



Gambar 13. LCD pada perangkat *receiver* menampilkan data

Setelah perangkat receiver menerima semua data dari perangkat transmitter, sistem receiver akan meneruskan data tersebut ke halaman pemantauan pada website Grafana. Tampilan BMS (Battlefield Management System) dapat dilihat pada gambar 14, yang lengkap menampilkan seluruh data dari semua sensor secara real-time lalu dari data tersebut diolah untuk diambil keputusan taksis pada strategi medan perang parajurit.



Gambar 14. Tampilan bms

SIMPULAN

Dari semua penjelasan bab-bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: sistem helm infanteri yang dirancang berhasil mengintegrasikan sensor detak jantung, gas, gyro, kompas, dan GPS sehingga mampu memantau kondisi prajurit dan lingkungan secara real-time. Modul komunikasi LoRa RA-02 dapat mentransmisikan data dengan stabil hingga jarak 300 meter pada kondisi terbuka, sedangkan sistem monitoring berbasis BMS sederhana berhasil menampilkan data secara real-time melalui dashboard Grafana. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor dan kestabilan transmisi yang andal, sehingga sistem layak digunakan dalam skenario monitoring jarak jauh. Penelitian ini dapat menjadi pijakan awal bagi pengembangan lebih lanjut sistem berbasis IoT di bidang militer maupun sektor lain seperti penyelamatan bencana, pertahanan sipil, dan pemantauan lingkungan berisiko tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Andriani, R. Devita, H. Awal, and M. Masril, "Optimalisasi Pemanfaatan Android pada Sistem Peringatan dan Monitoring Keamanan Perlintasan Kereta Api," *J. Quancom Quantum Comput. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, 2024.
- [2] M. Masril, Ghinaa Fadhiilah, Ruri Hartika Zain, and Billy Hendrik, "Sistem Deteksi Otomatis dan Self Cleaning pada Cat Litter Box," *Quantum Comput. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–20, 2024, doi: 10.62375/jqc.v2i1.325.
- [3] G. P. Dwipratama, "DAMPAK REVOLUTIONS IN MILITARY AFFAIRS (RMA) TERHADAP PENGEMBANGAN SENJATA GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI," Kementrian Pertahanan Republik Indonesia.
- [4] M. Masril, B. Hendrik, H. T. Fikri, and H. Awal, "Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi Dan Komunikasi," *Edumaspul J. Pendidik.*, vol. 5, no. 2, pp. 912–917, 2021.
- [5] E. S. D. Hasibuan and B. Hendrik, "Perbandingan Metode Deep Learning dalam Deteksi Kekerasan Fisik Berbasis Video : Studi Literatur pada CNN ," *J. Educ. Res.*, vol. 0738, no. 4, pp. 980–988, 2025.
- [6] N. Nurhuda, J. Widjayanto, and L. Yudho, "STRATEGI MENCEGAH MUNCULNYA EKSES NEGATIF PASKA PEMBENTUKAN KOMPONEN CADANGAN DI INDONESIA," vol. 2, no. 2, pp. 25–32, 2021.
- [7] S. A. Purwantoro, H. Z. Almubaroq, R. Sutanto, and C. Hermawan, "MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA PERTAHANAN DI ERA KEMAJUAN TEKNOLOGI MILITER," vol. 2, no. 12, pp. 4229–4236, 2022.
- [8] Mulyadi, L. Yudho, and I. Wayan, "KONFRONTASI MILITER PEMBEBASAN PAPUA BARAT DALAM PERSPEKTIF STRATEGI PERANG SEMESTA," vol. 2, no. 1, pp. 265–276, 2021.
- [9] T. Hermawan, B. Pramono, L. Y. Prakoso, and D. Sianturi, "INDONESIA'S SEA DEFENSE STRATEGY IN ANALYSIS GOVERNMENT IMPACT AND EFFORTS TO SECURE INDONESIAN ARCHIPELAGO SEA Lanes (ASLs/ALKI)," *Int. J. Educ. Soc. Sci. Res.*, vol. 04, no. 02, pp. 378–391, 2021, doi: 10.37500/ijessr.2021.4230.
- [10] J. Schmid, "Technological Emergence and Military Technology Innovation," *Def. Peace Econ.*, vol. 34, no. 8, pp. 1091–1109, 2022, doi: 10.1080/10242694.2022.2076339.
- [11] J. Cai, H. Sun, X. Li, and D. Ergu, "Input Quantity Decision and Coordination Mechanism with Two Production Chances and Yield Uncertainty," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, vol. 21, no. 01, pp. 315–349, Nov. 2021, doi: 10.1142/S0219622021500668.
- [12] N. V. Joshi, S. P. Joshi, M. S. Jojare, and A. R. Askhedkar, "IoT based Smart Vest and Helmet for Defence Sector," *Proc. - Int. Conf. Commun. Inf. Comput. Technol. ICCICT 2021*, no. September, 2021, doi: 10.1109/ICCICT50803.2021.9510067.
- [13] P. I. Dolez, S. Marsha, and R. H. McQueen, "Fibers and Textiles for Personal Protective Equipment: Review of Recent Progress and Perspectives on Future Developments," *Textiles*, vol. 2, no. 2, pp. 349–381, 2022, doi: 10.3390/textiles2020020.
- [14] Q. ran Hu, X. yu Shen, X. ming Qian, G. yan Huang, and M. qi Yuan, "The personal protective equipment (PPE) based on individual combat: A systematic review and trend analysis," *Def. Technol.*, vol. 28, pp. 195–221, 2023, doi: 10.1016/j.dt.2022.12.007.
- [15] N. V Joshi and N. S. Joshi, "Design and Finite Element Analysis of IoT based Smart Helmet," in *IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, Vancouver, BC, Canada: IEEE, 2020. doi: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216393.
- [16] A. L. Nasution, M. Masril, R. H. Zain, H. Awal, and B. Hendrik, "Prototype Mesin Pembuat Minuman Kopi Otomatis Terintegrasi Android," *Quantum Comput. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2025.