

Sistem Monitoring Pergerakan Pasukan dan Kontrol Peledak Menggunakan Aplikasi *Mobile*

Yudi Setiadi Sopandi¹⁾, Desyderius Minggu²⁾, Yudhi Darmawan³⁾

1), 2), 3) Prodi Teknik Telekomunikasi Militer. Politeknik Angkatan Darat Jl. Raya
Anggrek No.1 Junrejo, Batu, Indonesia

¹⁾setiadiyudi16@gmail.com, ²⁾desyderius07@gmail.com

³⁾yudhidharmawan@potekad.ac.id

Abstract: The development of military telecommunications technology demands a system capable of supporting real-time monitoring of troop movements and remote control of tactical devices. This research aims to design and implement a troop movement monitoring system integrated with explosive control using a mobile application. The system utilizes Long Range (LoRa) technology as a low-power long-distance communication medium, a Global Positioning System (GPS) module for troop position tracking, and a microcontroller as the system's control center. Information on troop positions and device status is sent in real time to a server and displayed through a mobile application as a user interface. In addition to the monitoring function, this system is equipped with a relay-based remote explosive control mechanism that is activated through a mobile application with certain security procedures. Test results show that the system is capable of transmitting position data stably over long distances and that explosive control can be activated with a fast and reliable response. This system is expected to improve the effectiveness of command and control in military operations, both in Military Operations of War (OMP) and Military Operations Other Than War (OMSP).

Keywords: Troop Monitoring, LoRa, GPS, Explosive Control, Mobile Application.

Abstrak: Perkembangan teknologi telekomunikasi militer menuntut adanya sistem yang mampu mendukung pemantauan pergerakan pasukan secara real-time serta pengendalian perangkat taktis dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring pergerakan pasukan yang terintegrasi dengan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile. Sistem memanfaatkan teknologi Long Range (LoRa) sebagai media komunikasi jarak jauh berdaya rendah, modul Global Positioning System (GPS) untuk pelacakan posisi pasukan, serta mikrokontroler sebagai pusat kendali sistem. Informasi posisi pasukan dan status perangkat dikirimkan secara real-time ke server dan ditampilkan melalui aplikasi mobile sebagai antarmuka pengguna. Selain fungsi monitoring, sistem ini dilengkapi mekanisme kontrol peledak jarak jauh berbasis relay yang diaktifkan melalui aplikasi mobile dengan prosedur pengamanan tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengiriman data posisi secara stabil pada jarak jauh dan kontrol peledak dapat diaktifkan dengan respons yang cepat dan andal. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas komando dan pengendalian dalam operasi militer, baik pada Operasi Militer Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP).

Kata Kunci: Monitoring Pasukan, LoRa, GPS, Kontrol Peledak, Aplikasi Mobile.

PENDAHULUAN

Operasi militer modern menuntut sistem komunikasi yang andal, aman, dan mampu bekerja pada kondisi lapangan yang luas serta minim infrastruktur komunikasi. Monitoring pergerakan pasukan secara real-time merupakan aspek krusial dalam mendukung pengambilan keputusan komando, meningkatkan keselamatan personel, serta menjaga efektivitas pelaksanaan misi. Keterbatasan jaringan seluler di daerah operasi menyebabkan perlunya teknologi komunikasi alternatif yang memiliki jangkauan luas dan konsumsi daya rendah.

Teknologi Long Range (LoRa) merupakan salah satu solusi komunikasi nirkabel yang sesuai untuk kebutuhan militer karena mampu mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah dan relatif tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi LoRa dengan GPS dapat digunakan untuk pelacakan posisi prajurit secara real-time dengan tingkat keandalan yang tinggi (Salve et al., 2025).

ESP32 memanfaatkan kemampuan sebagai pusat pengendali yang terintegrasi dengan modul komunikasi nirkabel sehingga data yang diperoleh dari sensor dapat ditransmisikan secara efisien ke aplikasi mobile untuk keperluan monitoring dan pengambilan keputusan (J et al., 2025).

Selain itu, pengembangan sistem peledakan jarak jauh telah terbukti mampu meningkatkan aspek keselamatan dan efisiensi operasional pada lingkungan berisiko tinggi (G.O & M. I, 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi mobile dan pemetaan digital, sistem monitoring real-time berbasis aplikasi mobile mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas pengawasan dan koordinasi. Teknologi ini memungkinkan visualisasi posisi personel secara langsung serta pertukaran informasi yang lebih cepat dan akurat. Namun demikian, masih terdapat

kesenjangan signifikan dalam penerapan system terintegrasi yang menggabungkan monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak secara simulative dalam satu platform aplikasi mobile. Sebagian besar system yang ada saat ini masih bersifat terpisah, seperti penggunaan GPS tracking tanpa mekanisme kontrol terintegrasi atau simulasi peledak yang dilakukan secara manual (Dewa Satria et al., 2023).

Namun, masalah keterbatasan system monitoring dan kontrol terintegrasi ini menjadi penting untuk diteliti karena berpotensi menurunkan efektivitas latihan dan meningkatkan risiko keselamatan personel. Keterlambatan informasi dan minimnya integrasi data dapat menghambat pengambilan keputusan serta menyulitkan evakuasi koordinasi dan kinerja pasukan selama latihan. Penelitian ini relevan dengan bidang teknologi informasi dan system aplikasi karena memasukan teknologimobie, istem real-time, dan integrasi data dalam konteks militer, yang menuntut rancangan system yang andal, aman, dan mudah dioperasikan (Raharjo et al., 2021).

Dalam konteks latihan militer modern, efektivitas pengawasan pergerakan pasukan dan pengendali peledak merupakan tantangan krusial yang berdampak langsung pada keselamatan personel operasional. Pada praktiknya, sebagian besar kegiatan latihan masih mengandalkan metode manual atau komunikasi radio konvensional yang memiliki keterbatasan dalam akurasi, kecepatan penyampaian informasi, dan cakupan pengawasan secara real-time. Kondisi ini berpotensi menimbulkan miskomunikasi antar unit, keterlambatan respons terhadap situasidarurat, serta kesulitan dalam melakukan evaluasi kinerja pasukan secara objektif dan menyeluruh (Firmansyah & Puspitasari, 2021).

Sistem monitoring visual pada lini perakitan detonator industri menggunakan pendekatan digital twin yang memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara real-time serta integrasi antara perangkat fisik dan

sistem virtual. Sistem ini mampu mengumpulkan data dari sensor, menyimpan data dalam database, serta menampilkan informasi kondisi peralatan, status produksi, dan kesalahan sistem secara visual sehingga dapat meningkatkan efektivitas monitoring dan keselamatan operasional (Li et al., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan kemajuan dalam pemanfaatan teknologi mobile dan system real-time untuk monitoring dan kontrol, seperti aplikasi pelacakan posisi berbasis geolokasi, system sensor untuk pengendali arah tembakan, serta pemanfaatan wahana tanpa awak untuk pengawasan area. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada satu aspek tertentu dan belum mengintegrasikan seluruh fungsi kritis dalam satu system terpadu (Dewa Satria et al., 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem monitoring pergerakan pasukan yang terintegrasi dengan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile sebagai media kendali. Sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi terpadu dalam mendukung operasi militer berbasis teknologi telekomunikasi modern.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pendekatan perancangan dan pengujian sistem. Tahapan penelitian meliputi perancangan arsitektur sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem.

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (engineering approach), yaitu pendekatan penelitian yang berfokus pada proses perancangan, pengembangan, dan evaluasi suatu sistem secara terstruktur. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk penelitian yang bertujuan menghasilkan sebuah prototipe sistem fungsional, khususnya sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol

peledak secara simulatif berbasis aplikasi mobile. Melalui pendekatan ini, setiap tahapan pengembangan sistem dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan arsitektur sistem, implementasi, hingga pengujian dan evaluasi kinerja sistem.

Pendekatan rekayasa sistem memungkinkan peneliti untuk mengintegrasikan aspek perangkat keras, perangkat lunak, dan komunikasi data dalam satu kesatuan sistem yang saling terhubung. Selain itu, pendekatan ini juga memudahkan analisis kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara langsung pada prototipe. Dengan menggunakan pendekatan rekayasa sistem, penelitian ini tidak hanya menekankan pada aspek teoritis, tetapi juga pada penerapan praktis teknologi Internet of Things (IoT) dan aplikasi mobile untuk mendukung monitoring real-time dan kontrol simulatif, sehingga hasil penelitian dapat dievaluasi secara objektif dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Tahap Perancangan Sistem

penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem terpadu yang mampu melakukan monitoring pergerakan pasukan secara real-time serta pengendalian peledak jarak jauh melalui aplikasi mobile. Sistem dirancang dengan arsitektur terdistribusi yang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu Node Pasukan, Node Kontrol, dan Unit Kontrol Peledak. Setiap bagian memiliki fungsi dan peran yang saling terintegrasi melalui media komunikasi nirkabel berbasis LoRa.

Tahap selanjutnya adalah perancangan arsitektur dan alur kerja sistem, yang dilakukan dengan menyusun diagram alir, diagram blok, flowchart, use case diagram, serta diagram alur data. Pada tahap ini ditentukan hubungan antar komponen perangkat keras, perangkat lunak, dan media komunikasi, serta alur data dan proses dari pengambilan data hingga eksekusi kontrol. Hasil dari tahapan perancangan ini digunakan sebagai acuan dalam proses

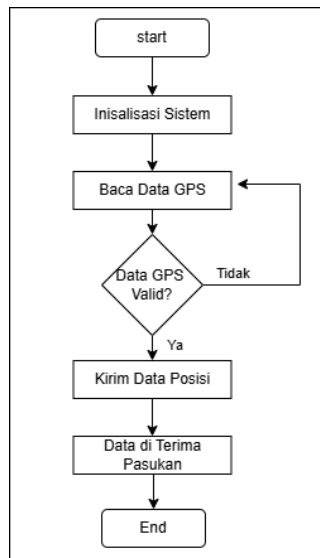
implementasi prototipe dan pengujian sistem, sehingga setiap komponen dapat bekerja secara terintegrasi dan sistem dapat dievaluasi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Perancangan dilakukan dengan mengembangkan tiga bagian utama terdiri dari:

- a. Node Pasukan
- b. Node Kontrol
- c. Unit Kontrol Peledak

Node Pasukan

Node Pasukan merupakan bagian sistem yang dipasang pada personel atau unit pasukan di lapangan. Fungsi utama node ini adalah mengakuisisi dan mengirimkan data posisi pasukan secara berkala ke Node Kontrol.



Gambar 1. Flowchart Node Pasukan

Node Pasukan terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Mikrokontroler, berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Mikrokontroler bertugas membaca data dari modul GPS, memformat data posisi, serta mengendalikan proses pengiriman data melalui modul LoRa.



Gambar 2. ESP 32
(sumber : (Nizam et al., 2022))

- b. Modul GPS, digunakan untuk memperoleh informasi koordinat geografis berupa latitude dan longitude. Data posisi ini menjadi parameter utama dalam sistem monitoring pergerakan pasukan.



Gambar 3. Modul GPS
(Sumber: (Sabilla & Yendri, 2021))

- c. Modul LoRa, berfungsi sebagai media komunikasi jarak jauh berdaya rendah untuk mengirimkan data posisi pasukan ke Node Kontrol.



Gambar 4. Modul LoRa
(sumber: (Liao et al., 2024))

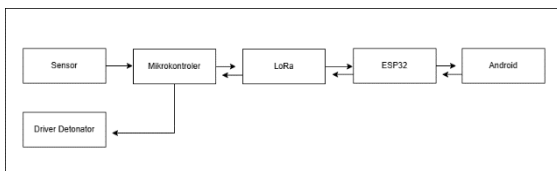
Pada proses operasionalnya, modul GPS akan menerima sinyal dari satelit dan menghasilkan data koordinat posisi pasukan. Data tersebut kemudian dibaca oleh mikrokontroler dan dikemas dalam format data tertentu (misalnya string atau paket data). Selanjutnya, data posisi dikirimkan melalui modul LoRa menuju Node Kontrol. Pengiriman data dilakukan secara periodik atau berdasarkan interval waktu tertentu

untuk memastikan posisi pasukan selalu terpantau secara real-time.

Penggunaan LoRa pada Node Pasukan memungkinkan sistem bekerja pada daerah operasi yang minim infrastruktur komunikasi seluler, sehingga sangat sesuai untuk kebutuhan operasi militer di lapangan terbuka maupun daerah terpencil.

Node Kontrol

Node Kontrol berfungsi sebagai pusat penerima dan pengolah data yang dikirimkan oleh Node Pasukan. Selain itu, Node Kontrol juga berperan sebagai penghubung antara sistem komunikasi LoRa dengan server dan aplikasi mobile.



Gambar 5. Blok Diagram Node Kontrol

Komponen utama pada Node Kontrol meliputi:

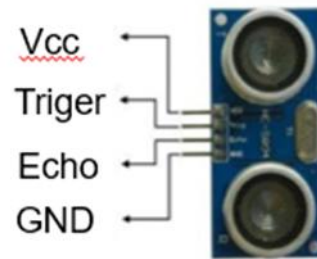
- Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi adanya pergerakan objek atau manusia di sekitar unit lapangan.



Gambar 6. Sensor PIR

(Sumber: (Juliansyah et al., 2021))

- sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak objek atau hambatan di depan unit.



Gambar 7. Sensor Untrasonik
(Sumber: (Arifin et al., 2024))

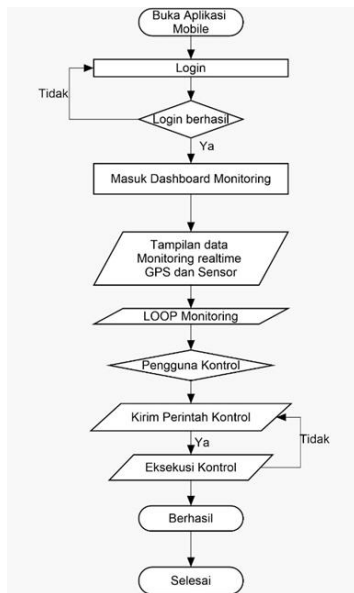
- Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam sistem yang bertugas mengolah seluruh data yang diterima dari sensor, seperti data pergerakan dan kondisi di lapangan.
- LoRa berfungsi sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh yang menghubungkan mikrokontroler dengan ESP32 dalam sistem monitoring dan control.
- ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara modul komunikasi LoRa dan aplikasi Android dalam sistem monitoring dan control.
- Aplikasi Android berfungsi sebagai antarmuka utama yang digunakan oleh pengguna untuk berinteraksi dengan sistem monitoring dan control.
- Detonator pada diagram berfungsi sebagai aktuator atau simulasi kontrol peledak. Komponen ini dikendalikan langsung oleh ESP32 berdasarkan perintah yang dikirimkan dari aplikasi Android.

Kedua sensor ini menjadi sumber data utama yang merepresentasikan kondisi lingkungan di lapangan. Selain itu, mikrokontroler juga mengirimkan data hasil pengolahan tersebut ke modul komunikasi LoRa untuk diteruskan ke aplikasi mobile sebagai informasi monitoring. Selain itu, modul LoRa juga menerima perintah kontrol yang dikirimkan dari ESP32, kemudian meneruskan perintah tersebut ke mikrokontroler untuk diproses dan dieksekusi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang dalam sistem. ESP32 menerima data monitoring yang dikirimkan dari modul LoRa,

kemudian memproses dan meneruskan data tersebut ke aplikasi Android agar dapat ditampilkan kepada pengguna. aplikasi Android juga digunakan untuk mengirimkan perintah kontrol ke sistem sesuai kebutuhan operasional, serta menerima umpan balik berupa status eksekusi perintah dari sistem sebagai konfirmasi bahwa perintah telah diterima dan dijalankan dengan baik. Driver Detonator ini dikendalikan langsung oleh ESP32 berdasarkan perintah yang dikirimkan dari aplikasi Android

Unit Kontrol Peledak

Unit Kontrol Peledak merupakan bagian sistem yang berfungsi untuk mengendalikan proses peledakan secara jarak jauh. Unit ini dirancang untuk meminimalkan keterlibatan personel secara langsung di area berbahaya sehingga meningkatkan aspek keselamatan operasi.



Gambar 8. Flowchart Unit Kontrol Peledak

Alur dimulai ketika pengguna membuka aplikasi mobile, kemudian melaksanakan login. pengecekan login berhasil atau tidak. Jika login gagal, pengguna akan dikembalikan ke halaman login. Jika login berhasil, pengguna akan masuk ke dashboard monitoring.

Setelah berhasil masuk ke dashboard, aplikasi menampilkan data

monitoring. Pada tahap berikutnya, sistem melakukan pengecekan apakah pengguna memilih untuk melakukan kontrol atau tidak. Jika pengguna tidak melakukan kontrol, sistem tetap berada pada mode monitoring.

Apabila pengguna memilih melakukan kontrol, maka sistem akan mengirim perintah kontrol ke unit lapangan. Perintah tersebut kemudian diproses dan dilakukan eksekusi kontrol oleh. Jika eksekusi kontrol tidak berhasil, sistem dapat kembali ke tahap pengiriman perintah kontrol. Namun jika eksekusi berhasil, sistem menampilkan status berhasil, dan proses diakhiri pada tahap selesai.

Tahap Implementasi Sistem

Setelah perancangan ditetapkan, dilakukan tahap implementasi atau perakitan perangkat. Perangkat utama yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32 atau ESP8266 sebagai pusat pengolahan dan pengendalian sistem. Mikrokontroler berfungsi untuk membaca data dari modul Global Positioning System (GPS), mengolah dan memformat data posisi pasukan, serta mengendalikan proses komunikasi data menggunakan modul Long Range (LoRa). Selain itu, mikrokontroler juga bertugas menerima dan mengeksekusi perintah kendali yang dikirimkan melalui aplikasi mobile, termasuk perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan unit kontrol peledak.

Modul LoRa digunakan sebagai media komunikasi utama karena memiliki kemampuan jangkauan transmisi yang luas dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat sesuai untuk operasi militer di daerah yang minim infrastruktur komunikasi. Modul ini memungkinkan pengiriman data posisi pasukan dari Node Pasukan ke Node Kontrol secara real-time dan stabil. Data koordinat yang diperoleh dari modul GPS berupa latitude dan longitude dikirimkan secara periodik melalui LoRa untuk memastikan pergerakan pasukan dapat dipantau secara kontinu oleh komando melalui aplikasi mobile

Pada sistem kontrol peledak, digunakan relay sebagai aktuator untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian peledakan berdasarkan perintah yang diterima dari aplikasi mobile. Relay dikendalikan langsung oleh mikrokontroler dan berfungsi sebagai pengaman dengan memisahkan rangkaian kendali bertegangan rendah dari rangkaian beban bertegangan lebih tinggi. Dengan mekanisme ini, proses pengendalian peledak dapat dilakukan secara jarak jauh tanpa keterlibatan langsung personel di area berbahaya, sehingga meningkatkan aspek keselamatan operasi.

Seluruh perangkat keras tersebut disuplai oleh sumber daya baterai yang memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri dan mobile di lapangan. Pemilihan baterai disesuaikan dengan kebutuhan daya masing-masing node agar sistem dapat beroperasi dalam durasi yang cukup lama. Integrasi seluruh komponen perangkat keras dilakukan secara terpusat melalui mikrokontroler sehingga sistem mampu bekerja secara sinkron untuk mendukung monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile secara real-time.

Tahap Pengujian Sistem

Tahap pengujian dilakukan untuk menilai performa sistem energi, kemampuan perangkat, serta kestabilan pengiriman data. Pengujian dilakukan di area terbuka untuk mendapatkan intensitas cahaya yang bervariasi seperti pagi, siang, sore, dan saat cuaca berawan.

Pengujian Node pasukan

Tabel.1 Pengujian Aplikasi Monitoring GPS

No	Skenario	Hasil
1	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur splash screen, halaman login	sukses
2	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur di halaman pencarian lokasi	Sukses

3	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur di halaman histori prasuksan	sukses
4	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur di halaman	sukses
5	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur di halaman utama	sukses
6	Dapat menampilkan dan menjalankan fitur di halaman data	sukses

Berdasarkan table jurnal diatas menurut (Gps & Android, 2025) hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berhasil berjalan dengan baik. Fitur yang di uji meliputi login, pencarian lokasi, histori tracking, edit profile, dashboard monitoring, serta pengelolaan data. System mampu menampilkan lokasi secara real time.

Tabel 2. Tabel Karakteristik Lora

No	Parameter	LoRa
1	Kualitas Layanan	Baik
2	Data Rate	0,3-50 kbps
3	Daya Tahan Baterai	Sangat lama
4	Efisiensi Biaya	Murah
5	Kemudahan Implementasi	Mudah
6	Cakupan Area Ideal	40 Km
7	Jangkauan di Pekotaan	2-5 Km
8	Jangkauan di Desa	15-20 Km

Berdasarkan table jurnal diatas menurut (Liao et al., 2024) LoRa memiliki kualitas layanan yang baik dengan data rate berkisar antara 0,3 hingga 50 kbps. Dari segi daya tahan baterai, LoRa lebih unggul karena memiliki konsumsi daya yang sangat rendah sehingga mampu beroperasi dalam waktu yang sangat lama. Selain itu dalam hal cakupan area LoRa mampu menjangkau hingga 40 km pada kondisi ideal, dengan jangkauan 2-5 km

diarea perkotaan dan 15-20 km di area pedesaan cocok di gunakan pada medan latihan.

pengujian menunjukkan bahwa Node Pasukan mampu mengirimkan data posisi secara stabil pada jarak jauh dengan tingkat kehilangan data yang rendah, sehingga komunikasi LoRa dinilai andal untuk mendukung monitoring pasukan di wilayah operasi yang luas.

Selain itu, dilakukan pengujian konsumsi daya untuk mengetahui ketahanan operasional Node Pasukan. Pengujian ini dilakukan dengan (Barral Vales et al., 2022) mengamati durasi kerja sistem menggunakan sumber daya baterai selama Node Pasukan beroperasi secara aktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan LoRa dan GPS dengan mikrokontroler ESP32 atau ESP8266 memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga Node Pasukan dapat beroperasi dalam waktu yang cukup lama tanpa perlu sering melakukan penggantian atau pengisian ulang baterai.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem Node Pasukan mampu bekerja sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan. Node Pasukan dapat memperoleh data posisi secara akurat, mengirimkan data secara real-time melalui komunikasi LoRa, serta beroperasi dengan efisiensi daya yang baik. Dengan demikian, Node Pasukan dinilai layak digunakan sebagai perangkat monitoring pergerakan pasukan dalam sistem yang dikembangkan.

Pengujian Node Kontrol

Pengujian sistem Node Kontrol dilakukan untuk memastikan bahwa node ini mampu berfungsi sebagai pusat penerima data, pengolah informasi, serta penghubung antara Node Pasukan, server, dan aplikasi mobile. Node Kontrol memiliki peran penting dalam menjamin data posisi pasukan dapat diterima secara akurat dan perintah kontrol dapat diteruskan dengan andal ke Unit Kontrol Peledak. Pengujian difokuskan pada kinerja penerimaan data LoRa, pemrosesan dan

pengiriman data ke aplikasi mobile, serta keandalan penerusan perintah kontrol.

Tabel 3. Tabel Karakteristik Lora

No	Fitur	Hasil yang di harapkan	Hasl Uji
1	Tambah Data	Data Tersimpan	Sesuai
2	Tambah	Muncul peesan error	Sesuai
3	Tampil Data	Data tampil di halaman utama	Sesuai
4	Edit Data	Data berubah sesuai input baru	Sesuai
5	Edit	Muncul validasi error	Sesuai
6	Hapus Data	Data hilang	Sesuai
7	Navigasi Form	Halaman tambahan	Sesuai
8	Buka Ulang Aplikasi	Data tetap tersimpan	Sesuai

Berdasarkan table jurnal diatas menurut (Kurnia, 2025), berdasarkan pengujian fitur aplikasi seluruh fungsi pengolah data dapat berjalan sesuai dengan yang di harapkan.

Pengujian perintah kontrol dilakukan untuk mengetahui kemampuan Node Kontrol dalam mengirimkan perintah dari aplikasi mobile menuju Unit Kontrol Peledak. Pada pengujian ini, perintah kontrol dikirimkan melalui aplikasi mobile dan diterima oleh Node Kontrol, kemudian diteruskan ke Unit Kontrol Peledak melalui sistem komunikasi yang digunakan. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan penerusan perintah dan waktu respons sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Node Kontrol mampu meneruskan perintah kontrol secara cepat

dan stabil, sehingga sistem dapat merespons perintah sesuai dengan kebutuhan operasi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem Node Kontrol mampu menjalankan fungsinya sebagai pusat monitoring dan pengendalian dengan baik. Node Kontrol berhasil menerima data posisi dari Node Pasukan, menampilkan informasi secara real-time melalui aplikasi mobile, serta meneruskan perintah kontrol ke Unit Kontrol Peledak secara andal. Dengan demikian, Node Kontrol dinilai layak digunakan dalam sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak yang dikembangkan.

Pengujian Unit Kontrol Peledak

Pengujian sistem Unit Kontrol Peledak dilakukan untuk memastikan bahwa unit ini mampu menerima perintah kontrol dari Node Kontrol, memproses perintah dengan benar, serta mengaktifkan aktuator (relay) secara andal dan aman. Pengujian difokuskan pada aspek penerimaan perintah, waktu respons sistem, keandalan aktuator, dan stabilitas operasi. Seluruh pengujian dilaksanakan dalam kondisi terkendali menggunakan beban uji (dummy load) untuk menjamin keselamatan selama proses pengujian.

Alur dimulai ketika pengguna membuka aplikasi mobile, kemudian sistem mengarahkan pengguna ke proses login. Pada tahap ini dilakukan pengecekan login berhasil atau tidak. Jika login gagal, pengguna akan dikembalikan ke halaman login untuk mengulangi proses autentikasi. Jika login berhasil, pengguna akan masuk ke dashboard monitoring.

Setelah berhasil masuk ke dashboard, aplikasi menampilkan data monitoring secara real-time, yang meliputi informasi GPS dan data sensor dari unit lapangan. Proses ini berjalan dalam loop monitoring, artinya sistem terus memperbarui dan menampilkan data selama aplikasi digunakan. Pada tahap berikutnya, sistem melakukan pengecekan apakah pengguna memilih untuk melakukan kontrol atau tidak. Jika pengguna tidak

melakukan kontrol, sistem tetap berada pada mode monitoring.

Apabila pengguna memilih melakukan kontrol, maka sistem akan mengirim perintah kontrol ke unit lapangan. Perintah tersebut kemudian diproses dan dilakukan eksekusi kontrol oleh sistem (misalnya melalui relay atau aktuator sebagai simulasi). Jika eksekusi kontrol tidak berhasil, sistem dapat kembali ke tahap pengiriman perintah kontrol. Namun jika eksekusi berhasil, sistem menampilkan status berhasil, dan proses diakhiri pada tahap selesai. Diagram ini menunjukkan bahwa sistem dirancang secara terstruktur, mendukung monitoring berkelanjutan serta kontrol yang dapat dilakukan secara interaktif melalui aplikasi mobile.

Selanjutnya, dilakukan pengujian waktu respons sistem untuk mengetahui jeda waktu antara perintah yang dikirimkan dari aplikasi mobile hingga aktuator diaktifkan. Waktu respons diukur menggunakan pencatatan waktu pada sisi pengirim dan penerima perintah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respons yang relatif cepat dan stabil, sehingga perintah dapat dieksekusi sesuai dengan kebutuhan operasi.

Pengujian aktuator dilakukan untuk memastikan bahwa relay dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diterima. Pada pengujian ini diamati kemampuan relay dalam melakukan perubahan status secara berulang tanpa kegagalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay dapat beroperasi dengan baik dan tidak mengalami kegagalan fungsi selama pengujian berlangsung.

Selain itu, dilakukan pengujian stabilitas Unit Kontrol Peledak dalam pengoperasian jangka waktu lama. Unit dioperasikan secara kontinu untuk mengamati kemungkinan terjadinya gangguan sistem, seperti kesalahan pemrosesan perintah atau ketidakstabilan catu daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Unit Kontrol Peledak mampu bekerja secara stabil tanpa gangguan yang signifikan.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Unit Kontrol Peledak mampu menjalankan fungsinya sesuai dengan perancangan sistem. Unit ini dapat menerima dan mengeksekusi perintah kontrol secara andal, memiliki waktu respons yang cepat, serta beroperasi dengan stabil. Dengan demikian, Unit Kontrol Peledak dinilai layak untuk diintegrasikan dalam sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol jarak jauh yang dikembangkan.

HASIL PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian ini diperoleh melalui serangkaian pengujian terhadap sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile. Pengujian dilakukan pada tiga subsistem utama, yaitu Node Pasukan, Node Kontrol, dan Unit Kontrol Peledak, dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh dalam kondisi mendekati operasional lapangan

Hasil Pengujian Node Pasukan

Pengujian Node Pasukan menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi data posisi menggunakan modul GPS dengan stabil. Data koordinat latitude dan longitude dapat diperoleh baik pada kondisi statis maupun bergerak. Tingkat akurasi posisi yang dihasilkan berada pada kisaran deviasi beberapa meter dari titik referensi, sehingga dinilai memadai untuk kebutuhan monitoring pergerakan pasukan. Selain itu, komunikasi data menggunakan modul LoRa menunjukkan kinerja yang andal, di mana data posisi dapat dikirimkan secara periodik ke Node Kontrol dengan tingkat keberhasilan pengiriman yang tinggi dan delay yang masih dalam batas toleransi. Pengujian konsumsi daya juga menunjukkan bahwa Node Pasukan dapat beroperasi dalam durasi yang cukup lama menggunakan sumber daya baterai, sehingga mendukung mobilitas pasukan di lapangan.

Hasil Pengujian Node Kontrol

Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menerima data posisi dari

Node Pasukan secara konsisten melalui komunikasi LoRa. Data yang diterima dapat diproses dengan baik dan diteruskan ke server serta ditampilkan pada aplikasi mobile dalam bentuk visualisasi peta secara real-time. Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara data yang diterima oleh Node Kontrol dengan data yang ditampilkan pada aplikasi mobile. Selain itu, Node Kontrol juga berhasil menjalankan fungsi penerusan perintah kontrol dari aplikasi mobile menuju Unit Kontrol Peledak dengan waktu respons yang cepat dan stabil. Pengujian stabilitas sistem menunjukkan bahwa Node Kontrol dapat beroperasi secara kontinu tanpa gangguan yang berarti..

Hasil Pengujian Unit Kontrol Peledak

Menunjukkan bahwa unit ini mampu menerima perintah kontrol yang dikirimkan melalui aplikasi mobile dan Node Kontrol dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Perintah yang diterima dapat dieksekusi dengan baik oleh mikrokontroler untuk mengaktifkan relay sesuai dengan perintah yang diberikan. Waktu respons sistem berada pada kisaran yang cepat, sehingga mendukung kebutuhan pengendalian jarak jauh. Pengujian konsistensi kerja relay menunjukkan bahwa aktuator dapat beroperasi secara berulang tanpa kegagalan, sedangkan pengujian stabilitas menunjukkan bahwa unit dapat bekerja dalam jangka waktu lama tanpa mengalami error. Selain itu, mekanisme validasi perintah memastikan bahwa hanya perintah yang sah yang dapat dieksekusi, sehingga meningkatkan aspek keamanan operasional.

4. Analisis Umum Hasil Penelitian

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan. Sistem mampu melakukan pemantauan posisi pasukan secara real-time, menjaga komunikasi jarak jauh yang andal, serta melaksanakan kontrol peledak dengan respons cepat dan stabil. Dengan demikian,

sistem ini dinilai layak untuk digunakan sebagai sistem pendukung komando dan pengendalian dalam operasi militer

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi Long Range (LoRa) sangat efektif untuk mendukung sistem monitoring pergerakan pasukan pada lingkungan operasi yang minim infrastruktur komunikasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada sistem monitoring dan position tracking yang menyatakan bahwa LoRa mampu menyediakan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah serta tingkat keandalan yang tinggi, khususnya pada wilayah terpencil atau medan terbuka. Pada penelitian ini, komunikasi LoRa terbukti mampu mengirimkan data posisi pasukan secara stabil dengan tingkat keberhasilan pengiriman yang tinggi dan delay yang masih berada dalam batas toleransi untuk kebutuhan operasional militer. Hal tersebut menegaskan bahwa LoRa merupakan solusi komunikasi yang tepat untuk sistem monitoring pasukan di lapangan.

Integrasi modul Global Positioning System (GPS) pada Node Pasukan memberikan peningkatan signifikan terhadap kesadaran situasional (situational awareness) bagi komando. Data koordinat posisi yang diperoleh secara real-time memungkinkan pemantauan pergerakan pasukan secara kontinu dan akurat. Hasil ini sejalan dengan penelitian monitoring dan position tracking sebelumnya yang menekankan pentingnya integrasi GPS dalam sistem militer modern untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Dengan informasi posisi yang tersaji melalui aplikasi mobile, komando dapat memperoleh gambaran kondisi lapangan secara menyeluruh tanpa harus bergantung pada laporan manual.

Selain aspek monitoring, penerapan sistem kontrol peledak berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian ini memberikan

kontribusi penting terhadap peningkatan aspek keselamatan operasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengendalian peledak secara jarak jauh melalui relay yang dikendalikan mikrokontroler mampu mengurangi keterlibatan langsung personel di area berbahaya. Temuan ini selaras dengan penelitian implementasi sistem peledakan berbasis IoT yang menyatakan bahwa pengendalian jarak jauh dapat menurunkan risiko kecelakaan dan kesalahan manusia dibandingkan metode manual. Dengan mekanisme validasi perintah dan waktu respons yang cepat, sistem yang dikembangkan dinilai lebih aman dan andal untuk diterapkan dalam skenario operasi militer.

Penggunaan aplikasi mobile sebagai antarmuka sistem juga memberikan nilai tambah terhadap fleksibilitas dan kemudahan penggunaan. Aplikasi mobile memungkinkan operator dan komando untuk memantau posisi pasukan serta mengirimkan perintah kontrol secara real-time melalui perangkat yang mudah dioperasikan. Hal ini sejalan dengan tren pengembangan sistem komando dan kendali modern yang mengutamakan mobilitas, kecepatan akses informasi, dan kemudahan integrasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya unggul dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi operasional dan penggunaannya di lapangan.

Secara keseluruhan, pembahasan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring pergerakan pasukan dan kontrol peledak menggunakan aplikasi mobile telah memenuhi tujuan penelitian dan memberikan peningkatan pada aspek komunikasi, kesadaran situasional, dan keselamatan operasi. Temuan ini memperkuat hasil penelitian terdahulu serta menunjukkan bahwa integrasi LoRa, GPS, IoT, dan aplikasi mobile merupakan pendekatan yang efektif untuk mendukung

sistem komando dan pengendalian dalam operasi militer.

PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu melakukan pemantauan posisi pasukan secara real-time melalui integrasi teknologi LoRa dan GPS, sehingga memberikan informasi posisi yang akurat dan berkesinambungan kepada komando. Selain itu, sistem kontrol peledak jarak jauh yang diimplementasikan melalui mekanisme relay dan aplikasi mobile terbukti dapat bekerja secara aman, responsif, dan andal, sehingga mampu mengurangi keterlibatan langsung personel pada area berisiko dan meningkatkan keselamatan operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, T. N., Febriyani Pratiwi, G., & Janrafsasih, A. (2024). Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak. *Jurnal Tera*, 2(2), 55–62. http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnal_tera/
- Barral Vales, V., Fernandez, O. C., Dominguez-Bolano, T., Escudero, C. J., & Garcia-Naya, J. A. (2022). Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(19), 18305–18318. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3158701>
- Dewa Satria, L., Pratomo, D. N., & Amriza, R. N. S. (2023). Perancangan Antarmuka Aplikasi Pelaporan Kegiatan Harian Menggunakan Vue Dengan Geolokasi Real-Time dan Push Notifications. *Journal of Internet and Software Engineering*, 4(2), 28–33. <https://doi.org/10.22146/jise.v4i2.8977>
- Firmansyah, M. Z., & Puspitasari, P. (2021). Pemanfaatan Drone sebagai Bagian dari Kontra Terorisme. *Nakhoda: Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 20(1), 43–58. <https://doi.org/10.35967/njip.v20i1.148>
- G.O, O., & M. I, O. (2025). Implementation of an Automated Blasting System Using Internet of Things (IOT). *The International Journal of Engineering & Science*, 14(6), 14–23. <https://doi.org/10.9790/1813-14061423>
- Gps, M., & Android, B. (2025). *Sistem Monitoring Karyawan Pt Athayasa Mandiri*. 2.
- J, H. R., Malhotra, S., G, S. T., K, L., D, D. A., & S, S. J. (2025). *IoT-Enabled Hemodynamic Surveillance System: AD8232 Bioelectric Signal Processing with ESP32*. Cvd. <http://arxiv.org/abs/2505.18173>
- Juliansyah, A., Ramlah, R., & Nadiani, D. (2021). Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi. *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 2(4), 199–205. <https://doi.org/10.35746/jtim.v2i4.113>
- Kurnia, D. (2025). Pengembangan Aplikasi Mobile Pengelola Data Sarana Berbasis Android Studio Dengan Fitur Crud Menggunakan SQLite. *Jurnal Gemilang Informatika*, 3(2), 32–38. <https://www.journal.hdgi.org/index.php/git/index>
- Li, H., Yang, Y., Zhang, C., Zhang, C., & Chen, W. (2023). Visualization Monitoring of Industrial Detonator Automatic Assembly Line Based on Digital Twin. *Sustainability (Switzerland)*, 15(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su15097690>
- Liao, S. H., Jiang, J. Da, & Yang, C. F. (2024). Integration of LoRa-enabled IoT infrastructure for advanced campus safety systems in Taiwan. *Internet of Things (Netherlands)*, 28(August), 101347. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101347>
- Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu

- Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772.
<https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- Raharjo, A., Kuncoro, E., Azhar, I., & Teknik Telekomunikasi Poltekad Kodiklatad Jl Ksatrian Pusdik Arhanud, J. (2021). Rancang Bangun Tracking Arah Tembakan Menggunakan Sensor Posisi Berbasis PID Design and Implementation of the Shot Direction Tracking System Using a PID-Based Position Sensor. *Telka*, 7(1), 43–48.
- Sabilla, R. Y., & Yendri, D. (2021). Sistem Monitoring Kondisi dan Posisi Pengemudi Berbasis Internet of things. *Chipset*, 2(01), 1–10.
<https://doi.org/10.25077/chipset.2.01.1-10.2021>
- Salve, S. S., Jagadale, K. V., Labhade, S. H., & Abhale, A. R. (2025). Real-Time Soldier Health Monitoring and Position Tracking Using LoRa-Based IoT System. *Journal of Information and Communications Technology: Algorithms, Systems and Applications*, 1(2), 1–16.
<https://doi.org/10.64189/ict.25308>