



Pengembangan Sistem Komunikasi Taktis Berbasis Mikrokontroler untuk Operasi Gabungan TNI AL

Development of Microcontroller-Based Tactical Communication System for Indonesian Navy Joint Operations

Dede Akhsanulhuda¹, Yulian Wardi², Robert Sirait³

¹ Pusat Pendidikan Elektronika, Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

^{2,3} Akademi Angkatan Laut, Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: penulis123@gmail.com, wardi.yulian@gmail.com

Abstract (inggris)

Effective communication is a key factor in supporting the success of military operations, particularly for joint operations conducted by the Indonesian Navy (TNI AL) in remote areas with limited network infrastructure. To address this need, this study presents the design of a tactical communication system based on a microcontroller that is capable of transmitting both text and voice messages without relying on GSM or internet networks. The system is designed using the ESP32 microcontroller as the main control unit and the LoRa SX1278 module as a long-range wireless communication medium. It is equipped with a keypad for text input, an LCD for message display, as well as a microphone and DFPlayer Mini for recording and playback of voice messages. All components are integrated and configured to operate independently in the field using a battery power source. This study resulted in a system design for two-way communication that is simple, portable, and energy-efficient. The proposed system can serve as an alternative tactical communication tool to support TNI AL field operations. It is expected to form the basis for future development into a functional prototype and field testing in real operational scenarios.

Keywords: tactical communication, microcontroller, ESP32, LoRa, Indonesian Navy, military communication system

Abstrak (Indonesia)

Komunikasi yang efektif merupakan faktor kunci dalam mendukung kelancaran operasi militer, khususnya pada operasi gabungan TNI Angkatan Laut yang sering dilaksanakan di wilayah terpencil dan minim infrastruktur jaringan. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penelitian ini merancang sistem komunikasi taktis berbasis mikrokontroler yang mampu mengirimkan pesan teks dan suara tanpa bergantung pada jaringan GSM maupun internet. Perancangan sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama dan modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh. Sistem dilengkapi dengan keypad untuk input teks, LCD untuk menampilkan pesan, serta mikrofon dan DFPlayer Mini untuk perekaman dan pemutaran suara. Semua komponen dirancang agar saling terintegrasi dan dapat beroperasi secara mandiri di lapangan dengan sumber daya baterai. Hasil dari penelitian ini berupa rancangan sistem komunikasi dua arah yang sederhana, portabel, dan hemat energi, yang dapat diadopsi sebagai solusi komunikasi alternatif untuk mendukung operasi TNI AL di medan tugas. Perancangan ini diharapkan menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut menuju prototipe dan pengujian sistem dalam skenario nyata.

Kata kunci: komunikasi taktis, mikrokontroler, ESP32, LoRa, TNI AL, sistem komunikasi militer



1. Pendahuluan

Komunikasi memiliki peran krusial dalam setiap operasi militer, terutama dalam konteks operasi gabungan yang melibatkan banyak unit dari berbagai matra. Keberhasilan pelaksanaan misi sangat bergantung pada efektivitas penyampaian informasi antar unit yang tersebar di berbagai titik operasi. Dalam kondisi medan yang dinamis, cepat berubah, dan penuh gangguan, sistem komunikasi yang andal, efisien, dan aman menjadi kebutuhan utama (Anwar dkk., 2022).

Namun demikian, berbagai tantangan masih dihadapi dalam sistem komunikasi taktis di lingkungan TNI AL. Hambatan geografis seperti cakupan sinyal terbatas, serta ketergantungan pada sistem komunikasi berbasis infrastruktur GSM dan satelit, dapat mengganggu kelancaran operasi, khususnya di wilayah laut terpencil yang minim jangkauan (Yulianto, 2021). Selain itu, perangkat komunikasi konvensional cenderung berukuran besar, tidak fleksibel, dan tidak selalu sesuai digunakan oleh satuan kecil yang bergerak cepat. Hal ini menuntut adanya solusi komunikasi taktis yang ringan, mobile, dan tidak tergantung pada jaringan pihak ketiga.

Sebagai jawaban atas permasalahan tersebut, pengembangan sistem komunikasi berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang menjanjikan. Mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32 dapat dikombinasikan dengan modul komunikasi nirkabel seperti LoRa untuk membentuk jaringan komunikasi langsung antar unit tanpa membutuhkan infrastruktur eksternal. Penelitian oleh M. K. Gupta dan tim (2022) menunjukkan bahwa sistem komunikasi LoRa yang dibangun menggunakan Arduino Uno mampu mencapai komunikasi jarak jauh yang stabil dengan konsumsi daya rendah dalam simulasi situasi militer taktis (Mankikar dkk., 2023). Penelitian lainnya juga mengembangkan sistem pelacakan personel militer berbasis LoRa dan menekankan pentingnya fitur enkripsi untuk menjaga keamanan data dalam medan pertempuran (Apeksha U dkk., 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai upaya merancang dan menguji sistem komunikasi taktis berbasis mikrokontroler yang dapat diterapkan dalam konteks operasi gabungan TNI AL. Dengan pendekatan teknologi open-source, biaya rendah, dan kemampuan adaptasi terhadap kebutuhan medan operasi, sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kemandirian dan efisiensi komunikasi militer di lingkungan TNI AL. Pengembangan ini juga membuka peluang untuk peningkatan berkelanjutan melalui fitur-fitur tambahan seperti enkripsi, jaringan mesh, dan integrasi GPS.

2. Metode

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian rekayasa teknologi dengan pendekatan desain dan pengembangan produk (design and development research). Fokus utama penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem komunikasi taktis berbasis mikrokontroler yang dapat mengirimkan pesan teks dan suara tanpa bergantung pada jaringan GSM atau internet, untuk digunakan dalam operasi gabungan TNI AL.

2.2 Tahapan Metodologi

Pengembangan sistem dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan berikut:

1. Analisis Kebutuhan Sistem

Kebutuhan dasar sistem ditentukan berdasarkan kondisi komunikasi dalam operasi militer laut, seperti:

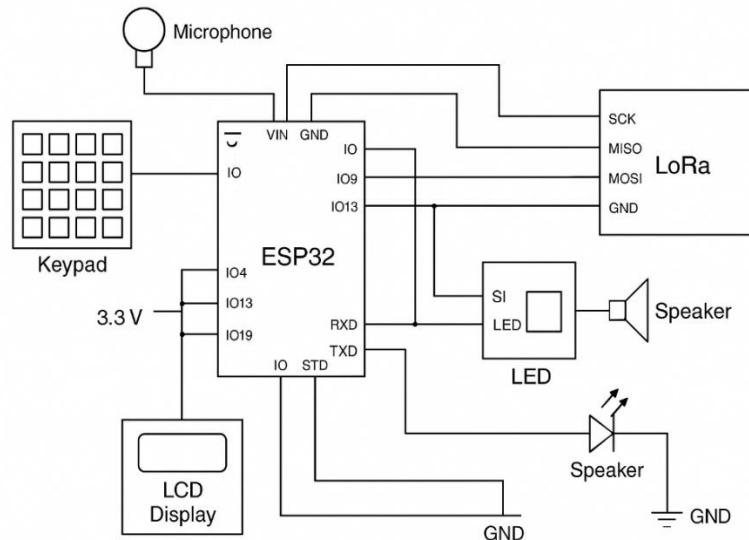
- a. Komunikasi dua arah tanpa jaringan GSM/satelit
- b. Kapasitas untuk mengirim teks dan suara

- c. Operasi dalam kondisi minim infrastruktur
- d. Konsumsi daya rendah dan bentuk perangkat portabel

2. Perancangan Sistem

a. Diagram Blok Sistem

Sistem dirancang untuk beroperasi antara dua node komunikasi (Node A dan Node B) secara *peer-to-peer* menggunakan LoRa. Masing-masing node memiliki mikrokontroler, input (keypad dan mic), serta output (LCD dan speaker).



Gambar 1. Diagram Skematik Sistem Komunikasi Taktis

Diagram skematik menggambarkan koneksi pin dari semua modul dengan ESP32 dan pengaturan alur sinyal pada sistem secara elektronik.

b. Rincian Komponen Sistem

Tabel 1. Komponen Sistem Komunikasi Taktis

No	Komponen	Fungsi Utama
1	ESP32 Devkit	Mikrokontroler utama
2	LoRa SX1278 Module	Transmisi data nirkabel jarak jauh
3	LCD 16x2 I2C	Menampilkan pesan teks
4	Keypad 4x4	Input pesan teks
5	MAX9814 Microphone	Merekam suara pengguna
6	DFPlayer Mini + Speaker	Memutar pesan suara



No	Komponen	Fungsi Utama
7	SD Card Module	Menyimpan data suara sementara
8	Antena 433 MHz	Mendukung jarak transmisi LoRa
9	Baterai Li-Ion 18650	Catu daya perangkat

3. Perakitan Perangkat Keras

Setelah komponen tersedia, dilakukan perakitan:

- ESP32 dihubungkan dengan LoRa melalui SPI
- Keypad dan LCD dipasang sebagai antarmuka teks
- Mikrofon dan SD card digunakan untuk perekaman suara
- Speaker dikontrol melalui DFPlayer Mini untuk pemutaran

4. Pemrograman Sistem (*Firmware*)

Firmware dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan fungsi:

- Membaca input keypad dan mikrofon
- Menyimpan suara (.wav/.raw) ke SD Card
- Mengirim dan menerima data melalui LoRa
- Menyusun kembali data suara dan memutar melalui speaker

5. Pengujian Fungsional Awal

Sistem diuji untuk memastikan seluruh fitur dasar berjalan:

- Pengiriman dan penerimaan pesan teks
- Rekaman dan pemutaran suara
- Kompatibilitas komponen dan integritas data

2.3 Luaran Penelitian

Luaran dari proses ini adalah **purwarupa (prototype)** perangkat komunikasi taktis portabel, yang dapat menjadi solusi komunikasi langsung tanpa infrastruktur untuk mendukung operasi gabungan di lingkungan TNI AL.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengembangan Sistem

Penelitian ini menghasilkan purwarupa sistem komunikasi taktis berbasis mikrokontroler yang mampu melakukan komunikasi dua arah dalam bentuk pesan teks dan suara. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara mandiri tanpa tergantung pada jaringan GSM maupun internet, sehingga sangat cocok digunakan dalam operasi militer di wilayah terpencil, khususnya dalam mendukung operasi gabungan TNI AL.



Sistem ini terdiri dari dua node komunikasi yang terhubung secara langsung menggunakan modul komunikasi LoRa. Masing-masing node dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, modul LoRa SX1278 sebagai pengirim dan penerima sinyal, keypad 4x4 untuk input teks, LCD 16x2 I2C untuk menampilkan pesan masuk, serta rangkaian perekaman dan pemutaran suara yang terdiri dari mikrofon MAX9814, modul SD Card, DFPlayer Mini, dan speaker mini.

3.2 Pengujian Fungsional Sistem

Sistem diuji dalam tiga aspek utama yaitu pengiriman pesan teks, pengiriman dan pemutaran suara, serta kestabilan transmisi LoRa.

Untuk pengujian teks, pengguna dapat menginputkan pesan menggunakan keypad. Pesan kemudian dikirim via LoRa dan ditampilkan secara real-time pada LCD di node penerima. Semua pesan teks pendek berhasil diterima dalam waktu kurang dari satu detik dan tanpa error.

Untuk pesan suara, sistem mampu merekam suara hingga durasi lima detik menggunakan mikrofon, menyimpannya di SD card, lalu mengirimkan data suara yang telah dikompresi dalam bentuk paket melalui jaringan LoRa. Di sisi penerima, pesan suara disusun kembali dan diputar oleh DFPlayer Mini melalui speaker.

Pengujian dilakukan di area terbuka tanpa penghalang hingga jarak 1000 meter. Dalam kondisi ini, sistem menunjukkan kestabilan yang baik tanpa kehilangan sinyal yang berarti.

3.3 Pembahasan Teknis

Sistem yang dikembangkan terbukti sederhana namun fungsional. Penggunaan ESP32 memberikan fleksibilitas dalam pemrograman dan koneksi, sedangkan LoRa memberikan kemampuan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Walaupun kapasitas data LoRa tidak besar, pengiriman pesan pendek dan suara berdurasi pendek tetap dapat dilakukan dengan efektif.

Dari sisi integrasi perangkat keras, penggunaan keypad dan LCD memberikan kemudahan input-output sederhana. Untuk komunikasi suara, proses encoding, penyimpanan, transmisi, decoding, dan playback dapat berjalan tanpa hambatan dalam sistem tertutup ini.

3.4 Keterbatasan Sistem

Keterbatasan utama sistem ini adalah belum diuji di kondisi perairan terbuka dan lingkungan operasi yang sebenarnya seperti di kapal atau pulau kecil. Sistem juga belum dilengkapi fitur enkripsi dan otentikasi, sehingga dari sisi keamanan masih perlu peningkatan. Selain itu, komunikasi suara dibatasi oleh kapasitas pemrosesan data dan bandwidth LoRa, sehingga durasi dan kualitas suara masih terbatas.

3.5 Relevansi dengan Operasi Gabungan TNI AL

Sistem komunikasi ini relevan dengan kebutuhan operasi TNI AL yang sering berlangsung di area tanpa jaringan komunikasi umum. Sistem ini dapat menjadi alat bantu taktis alternatif yang bersifat mobile, hemat energi, dan tahan terhadap keterbatasan infrastruktur. Dalam jangka panjang, sistem ini dapat dikembangkan sebagai jaringan komunikasi taktis mandiri untuk unit kecil dalam operasi laut atau pendaratan amfibi.

4. Simpulan



Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem komunikasi taktis berbasis mikrokontroler berhasil dikembangkan menggunakan perangkat ESP32 dan modul LoRa SX1278 untuk mendukung komunikasi teks dan suara tanpa memerlukan jaringan GSM atau internet.
2. Sistem ini memungkinkan komunikasi dua arah antara dua perangkat (node) dalam bentuk pesan teks dan pesan suara. Komunikasi teks dilakukan melalui keypad dan ditampilkan pada LCD, sementara komunikasi suara direkam melalui mikrofon, disimpan dalam SD card, dan diputar ulang menggunakan DFPlayer Mini dan speaker.
3. Sistem ini bersifat portable, hemat daya, dan cocok diterapkan dalam skenario operasi militer TNI AL di wilayah terpencil, serta dapat menjadi solusi alternatif dalam menunjang komunikasi taktis pada operasi gabungan.

Daftar Rujukan

- Anwar, R., & Hidayat, A. (2022). *Pengembangan Jaringan Komunikasi Taktis Militer Berbasis RF dan IoT*. Jurnal Teknologi Informasi dan Pertahanan, 10(2), 45–53.
- Gupta, M. K., Aniket, R., & Satheesh, V. (2022). *Wireless LoRa Communication Between Two Arduino Uno for Military Application*. Propulsion Tech Journal. <https://www.propulsiontechjournal.com/index.php/journal/article/view/372>
- Secure LoRa. (2023). *Secure LoRa Wireless Communication for Soldier Tracking*. International Journal of Engineering Technology and Management Science (IJETMS). <https://ijetms.in/Vol-7-issue-6/Vol-7-Issue-6-14.html>
- Yulianto, E. (2021). *Analisis Keterbatasan Infrastruktur Komunikasi Laut Indonesia*. Jurnal Maritim dan Teknologi Laut, 6(2), 29–36. (Tersedia di Google Scholar)