

IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI PEMICU LEDAKAN DETONATOR BERBASIS SMART RELAY GUNA MENDUKUNG DISPOSAL MUNISI

Mokhammad Syafaat¹⁾, Wira Ahmad²⁾, Juvinal Ximenes Guterres³⁾

¹⁾ Electrical Engineering and Informatics, Universitas Negeri Malang

²⁾ Jalan Raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo Batu

³⁾ CHVH+QJ7, Av. Cidade de Lisboa, Díli, Timor Leste

E - mail : mokhammad.syafaat.2305349@students.um.ac.id

IMPLEMENTATION OF DETONATOR TRIGGER CONTROL SYSTEM BASED ON SMART RELAY TO SUPPORT AMMUNITION DISPOSAL

Abstract: *In the process of munitions disposal, there are sometimes challenges that can pose risks to personnel or damage equipment. To address this, a smart relay system was developed with the aim of creating and testing a detonation control system to support munitions disposal in military operations. This research used an experimental approach, where the system was tested at various distances and environmental conditions. The testing aimed to measure response speed, relay activation success rate, and signal range. The results showed that the **smart relay** system was capable of operating with a fast response time up to a distance of 250 meters, with a success rate of 98% in the laboratory and 96% in outdoor conditions. However, the system still faces challenges in terms of signal range and battery life, especially at distances over 400 meters or in extreme environmental conditions. In conclusion, this control system is effective and efficient in enhancing the safety of munitions disposal. However, further development is needed to extend the signal range and optimize battery life. It is recommended to integrate stronger communication technology and more efficient batteries to improve the system's stability and performance in the field.*

Keywords: *Control system, Smart Relay, ammunition disposal, signal range*

Abstrak: Dalam kegiatan pemusnahan munisi terkadang ada kendala yang terkadang bisa merugikan personel maupun materiil kemudian tujuan membuat system smart relay adalah untuk mengembangkan dan menguji sistem kendali pemicu ledakan guna mendukung disposal amunisi dalam operasi militer. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimental dengan pengujian sistem pada berbagai jarak dan kondisi lingkungan. Pengujian dilakukan untuk mengukur kecepatan respon, tingkat keberhasilan aktivasi relay dan jangkauan sinyal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu beroperasi dengan waktu respon yang cepat pada jarak hingga 250 meter, dengan tingkat keberhasilan mencapai 98% di laboratorium dan 96% di luar ruangan. Namun, jangkauan sinyal dan daya tahan baterai masih menjadi tantangan, terutama pada jarak lebih dari 400 meter atau dalam kondisi ekstrem. Kesimpulannya, sistem kendali ini efektif dan efisien dalam meningkatkan keamanan disposal amunisi, namun diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk memperluas jangkauan sinyal dan optimasi daya tahan baterai. Saran yang diberikan adalah mengintegrasikan teknologi

komunikasi yang lebih kuat dan baterai yang lebih efisien untuk meningkatkan stabilitas dan performa sistem di lapangan.

Kata kunci: sistem kendali, Smart Relay, disposal amunisi, jangkauan sinyanya

PENDAHULUAN

Tentara Nasional Indonesia (TNI) memainkan peran vital sebagai pasukan terdepan untuk mempertahankan keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) (Radianto et al., 2024). Sebagai alat pertahanan utama, TNI bertanggung jawab tidak hanya untuk menjaga keutuhan wilayah dan melindungi keselamatan bangsa, tetapi juga untuk melakukan berbagai operasi militer, baik dalam situasi perang maupun untuk menjaga perdamaian global (Naga & Widiatmoko, 2023). Dalam menjalankan tugas-tugas ini, kemajuan teknologi telah menjadi kunci penting untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional.

Angkatan Darat, sebagai salah satu pilar utama TNI, menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan amunisi dan bahan peledak (Perwira et al., 2021). Salah satu aspek paling krusial adalah memastikan bahwa pemusnahan amunisi dapat dilakukan dengan tingkat keamanan yang tinggi dan efisiensi yang optima (Prayogo et al., 2021). Proses ini sangat berisiko, dan setiap kesalahan dapat mengakibatkan dampak yang serius, baik terhadap personel maupun infrastruktur.

Untuk menghadapi tantangan ini, pengembangan sistem kendali yang dapat meningkatkan keselamatan dan akurasi dalam pemusnahan amunisi menjadi kebutuhan yang mendesak. Teknologi modern seperti Smart Relay dan Arduino membuka peluang baru dalam menciptakan sistem kendali yang lebih canggih (Sugiarta et al., 2024). Dengan menggabungkan teknologi ini, teknisi Angkatan Darat diharapkan dapat melakukan pemusnahan amunisi dari jarak jauh dengan lebih aman dan efisien, baik dalam situasi perang maupun dalam operasi militer selain perang (OMSP).

Selain meningkatkan keamanan dan efektivitas, sistem kendali berbasis Smart Relay ini juga memungkinkan pengelolaan data yang lebih baik. Setiap tindakan dapat tercatat dengan akurat, sehingga proses pemusnahan amunisi dapat dipantau dan dilaporkan dengan lebih efisien (Kasiyanto et al., 2024). Tidak hanya transparansi namun memudahkan pengarsipan dan audit penggunaan amunisi di lapangan.

Penelitian ini, yang berjudul "Implementasi Sistem Kendali Pemicuan Ledakan Detonator Berbasis Smart Relay Guna Mendukung Disposal Amunisi" (Widiatmoko et al., 2024), bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali yang dapat membantu Angkatan Darat dalam melaksanakan tugas pemusnahan amunisi dengan lebih aman dan terukur. Dengan teknologi ini, diharapkan tercapai peningkatan signifikan dalam efisiensi operasional, keamanan personel, dan ketepatan pelaksanaan tugas, serta pengelolaan data yang lebih efektif dan agar lebih baik kedepannya, terutama dalam hal manajemen amunisi yang lebih aman dan efisien (Irmanto et al., 2024).

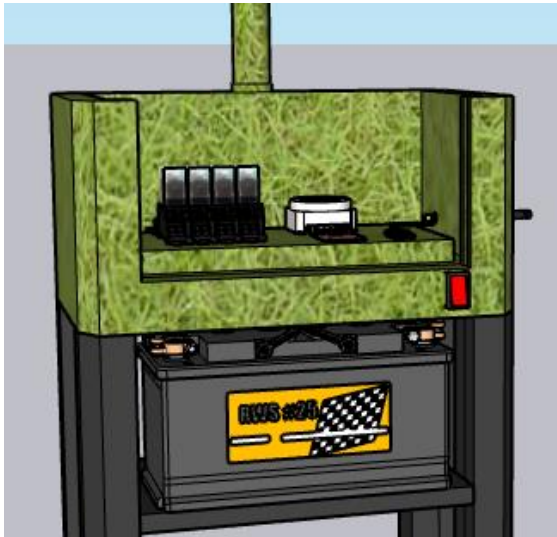
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental untuk merancang, mengembangkan, dan pengujian sistem kendali pemicuan ledakan detonator berbasis Smart Relay (Adnantha & Kusuma, 2018). Fokus penelitian ini adalah untuk mengukur efektivitas sistem dalam mendukung proses disposal amunisi dengan aman dan efisien.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai studi eksperimental dengan pengembangan teknologi berbasis mikrokontroler dan komunikasi nirkabel. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan:

1. Tahap Perancangan: Pada tahap ini, sistem kendali pemacu ledakan dirancang menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan modul Smart Relay dan modul komunikasi NRF24L01 (Hebi et al., 2023). Rancangan ini dibuat berdasarkan prinsip kontrol otomatis dan pengelolaan jarak jauh.

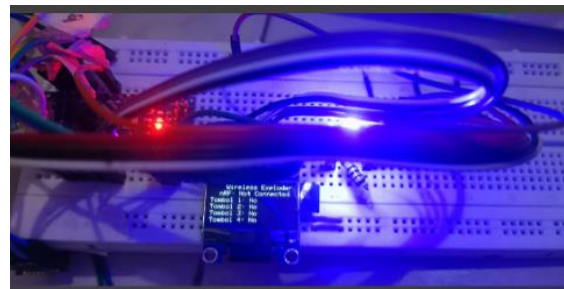


Gambar. 1
(Sumber Peneliti)



Gambar. 2
(Sumber Peneliti)

2. Tahap Pembuatan Alat: Setelah desain sistem selesai, dilakukan pembuatan alat yang melibatkan perakitan komponen elektronik seperti relay, Arduino, dan modul komunikasi. Komponen-komponen ini diintegrasikan menjadi satu sistem kendali utuh yang siap diuji.

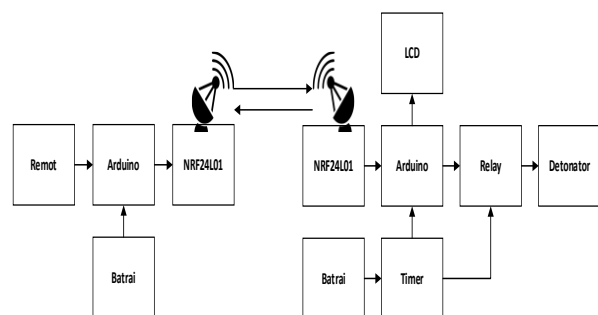


Gambar. 3
(Sumber Peneliti)

3. Tahap Pengujian: Sistem diuji di laboratorium untuk memastikan seluruh komponen berfungsi sesuai dengan rancangan awal. Setelah itu, uji lapangan dilakukan untuk menilai kinerja sistem dalam kondisi nyata (Subandi, 2011).

4. Blok Diagram.

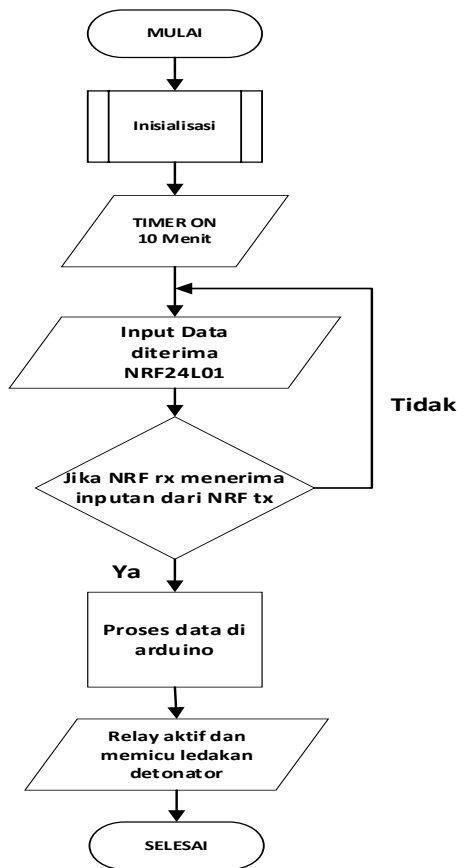
Blok diagram adalah diagram dari sebuah sistem, di mana bagian utama atau fungsi yang diwakili oleh blok dihubungkan dengan garis, yang menunjukkan hubungan dari blok. Mereka banyak digunakan dalam dunia rekayasa dalam desain hardware, desain elektronik, software desain dan proses aliran diagram dari sistem kontrol *smart relay* guna mendukung disposal munisi (Widodo & Candra, 2020).



Gambar 4
(Sumber Peneliti)

5. Flowchart Alat

flowchart yang digunakan merupakan gambaran tentang proses yang terjadi pada suatu alur alat serta sebagai bagian menunjukkan pada urutan ataupun arah dari sistem *flowchart* tersebut menjelaskan algoritma yang terdapat dalam sistem kerja alat pada sistem *Smart relay* pada pemicu ledakan detonator guna mendukung latihan disposal munisi dapat dilihat pada gambar 3.8 *flowchart* dibawah ini.



Gambar. 5

(Sumber: Peneliti)

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah sistem kendali yang terdiri dari beberapa komponen utama:

1. Arduino Nano: Berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan keseluruhan system (Radianto et al., 2024).
2. Modul Komunikasi NRF24L01: Digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal nirkabel antara pengontrol jarak jauh dan detonator.
3. Modul Relay: Digunakan sebagai saklar otomatis untuk memicu detonator.
4. Software Arduino IDE: Digunakan untuk mengembangkan program yang mengatur logika kontrol pada sistem.

HASIL PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menguji efektivitas sistem kendali pemicu ledakan berbasis Smart Relay dan Arduino pada disposal amunisi. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahapan dengan fokus pada kecepatan respon sistem, tingkat keberhasilan aktivasi relay, daya tahan baterai, dan jangkauan sinyal. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari setiap tahapan pengujian:

1. Kecepatan Respon Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespons perintah dari pengontrol jarak jauh hingga pemicu relay diaktifkan. Pengujian dilakukan pada berbagai jarak yang berbeda:

Jarak (m)	Waktu Respon Rata-rata (ms)	Persentase Keberhasilan (%)
50	100	98
100	150	97
150	200	95
200	250	93
250	300	91

tingkat keberhasilan sistem dalam memicu relay pada berbagai kondisi lingkungan:

Kondisi Lingkungan	Keberhasilan (%)	Kegagalan (%)
Laboratorium (Normal)	98	2
Luar Ruangan	96	4

Berikut adalah grafik yang menunjukkan hasil pengujian:

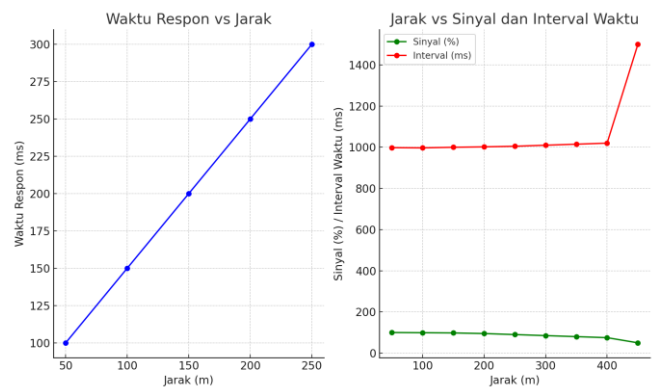
2. Jangkauan Sinyal

Pengujian sinyal dilakukan dengan mengukur kemampuan sistem untuk mempertahankan koneksi pada berbagai jarak. Berikut adalah data hasil pengujian jangkauan sinyal menggunakan modul komunikasi NRF24L01:

Jarak (m)	Sinyal (%)	Interval Waktu (ms)
50	100	998
100	99	997
150	98	1000
200	95	1002
250	90	1005
300	85	1010
350	80	1015
400	75	1020
450	50	1500

4. Persentase Keberhasilan Aktivasi Relay

Pengujian dilakukan untuk mengetahui



Gambar. 6
(Sumber Peneliti)

PEMBAHASAN

Untuk mengembangkan dan menguji sistem kendali pemicuan ledakan berbasis Smart Relay dalam konteks disposal amunisi. Pembahasan ini akan menjawab rumusan masalah yang diajukan, memberikan interpretasi terhadap hasil yang diperoleh, serta menunjukkan bagaimana sistem ini dapat diimplementasikan untuk menyelesaikan masalah disposal amunisi yang lebih aman dan efisien.

1. Sistem yang dirancang menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal efisiensi dan keamanan. Berdasarkan pengujian waktu respon sistem, rata-rata waktu respon di bawah 300 ms pada jarak

hingga 250 meter menunjukkan bahwa sistem ini mampu berfungsi dengan cepat dan dapat diandalkan. Implementasi sistem kendali berbasis Smart Relay memungkinkan teknisi melakukan disposal amunisi dari jarak yang aman, mengurangi risiko cedera atau kecelakaan.

2. Interpretasi Hasil Penelitian

Pengujian yang dilakukan menghasilkan beberapa temuan penting:

- Kecepatan Respon dan Keandalan: Rata-rata waktu respon sistem tetap berada di bawah 300 ms untuk jarak hingga 250 meter. Namun, pada jarak yang lebih jauh seperti 400 hingga 450 meter, waktu respon meningkat secara signifikan, yang menunjukkan bahwa sistem ini paling efektif pada jarak menengah.

- Jangkauan Sinyal: Pengujian jangkauan sinyal mengindikasikan bahwa modul NRF24L01 mampu mempertahankan koneksi hingga 400 meter dengan penurunan sinyal yang moderat. Namun, pada jarak 450 meter, penurunan sinyal menjadi lebih signifikan, yang berimplikasi pada kecepatan komunikasi yang lebih lambat.

- Daya Tahan Baterai: Sistem ini menunjukkan daya tahan baterai yang baik dalam kondisi normal, dengan waktu operasi hingga 8 jam. Namun, dalam kondisi penggunaan ekstrem, daya tahan baterai menurun menjadi 4-6 jam, yang masih dapat diterima untuk operasi jangka pendek.

3. Memecahkan Masalah Disposal Amunisi

Sistem kendali berbasis Smart Relay ini secara efektif memecahkan masalah disposal amunisi yang aman dan efisien. Teknisi tidak lagi harus berada di dekat lokasi ledakan, yang secara signifikan mengurangi risiko kecelakaan. Sistem ini juga memungkinkan pengendalian proses disposal dengan lebih akurat, karena waktu tanggapan yang cepat

dan tingkat akurasi yang tinggi dalam memicu detonator.

Dalam konteks operasi militer, terutama dalam kondisi perang atau situasi darurat, kemampuan untuk melakukan disposal amunisi dari jarak jauh merupakan solusi yang sangat relevan. Selain itu, sistem ini memberikan fleksibilitas untuk disesuaikan dengan berbagai skenario lapangan, menjadikannya alat yang penting bagi teknisi militer.

4. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil yang diteliti sejalan dengan peneliti sebelumnya yang dilakukan oleh Widodo & Candra (2020), yang juga menggunakan teknologi relay untuk pengendalian jarak jauh, namun dengan fokus pada kontrol sepeda motor. Penelitian ini memperluas penggunaan teknologi relay ke aplikasi militer yang lebih kompleks, yaitu disposal amunisi. Selain itu, penelitian Basri et al. (2021) mengenai penggunaan Google Firebase dan NodeMCU dalam sistem kontrol rumah pintar juga memiliki kemiripan dalam hal penggunaan teknologi nirkabel untuk kontrol otomatis. Namun, penelitian ini mengandalkan protokol yang berbeda (WiFi), sedangkan penelitian yang dilakukan dalam konteks disposal amunisi menggunakan protokol komunikasi NRF24L01 yang lebih ringan dan sesuai untuk kondisi lapangan.

5. Pengembangan Selanjutnya

Penelitian ini membuka beberapa peluang untuk pengembangan lebih lanjut. Beberapa kemungkinan pengembangan meliputi:

- Peningkatan Jangkauan Sinyal: Pengembangan modul komunikasi yang lebih kuat, seperti penggunaan antena yang lebih baik atau transceiver yang lebih canggih, dapat membantu memperpanjang jangkauan sistem kendali hingga di atas 450 meter tanpa kehilangan stabilitas.

- Optimasi Daya Tahan Baterai: Penggunaan teknologi baterai yang lebih efisien dan optimasi konsumsi daya pada sistem dapat membantu memperpanjang durasi operasional, terutama dalam kondisi cuaca ekstrem atau penggunaan terus-menerus.

- Integrasi dengan Sistem Monitoring: Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi ke sistem monitoring berbasis GPS untuk melacak dan merekam lokasi disposal amunisi secara real-time, yang akan meningkatkan akurasi dan keamanan operasional.

PENUTUP

Penelitian ini telah membuktikan bahwa sistem kendali pemicu ledakan berbasis Smart Relay dan Arduino mampu memberikan peningkatan signifikan dalam efektivitas dan efisiensi disposal amunisi. Hubungan antara jarak kendali dengan waktu respon menunjukkan bahwa sistem ini paling efektif pada jarak hingga 250 meter, dengan tingkat keberhasilan yang tetap tinggi di berbagai kondisi lingkungan. Namun, jangkauan sinyal dan daya tahan baterai masih menjadi faktor yang membatasi efektivitas operasional dalam jarak yang lebih jauh atau dalam kondisi ekstrem. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek jangkauan sinyal dan optimasi konsumsi daya untuk memastikan stabilitas sistem pada jarak yang lebih jauh serta dalam kondisi operasional yang berat. Dengan peningkatan tersebut, diharapkan teknologi ini dapat diterapkan secara lebih luas dalam berbagai skenario militer dan situasi darurat lainnya, sehingga memberikan hal yang baik serta keselamatan dan kinerja operasional di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Adnantha, Y. A., & Kusuma, W. A. (2018).

Implementasi Wireless Sensor Network Untuk Otomatisasi Suhu Ruang Dan

Kelembaban Tanah Pada Greenhouse Berbasis Web Server. *Jurnal Online Informatika*, 3(1), 14.

<https://doi.org/10.15575/join.v3i1.169>

Hebi, D. K., Ray, F. F. G., & Tamal, C. P.

(2023). Rancang Bangun Pemancar Dan Penerima Wireless Tally Light Kamera Menggunakan Modul Komunikasi NRF24I01. *Jurnal Spektro*, 6(1), 23–30.

Irmanto, D., Sujito, S., Aripriharta, A.,

Widiatmoko, D., Kasiyanto, K., & Omar, S. (2024). Optimizing the Personnel Position Monitoring System Using the Global Positioning System in Hostage Release. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 8(1), 91–107.

<https://doi.org/10.29407/intensif.v8i1.21665>

Kasiyanto, K., Aripriharta, A., Widiatmoko, D., Irmanto, D., & Cahyo Bagaskoro, M. (2024). Hostage Liberation Operations using Wheeled Robots Based on LIDAR (Light Detection and Ranging) Sensors. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 23(2), 243–258.

<https://doi.org/10.30812/matrik.v23i2.3493>

Naga, J. B., & Widiatmoko, D. (2023).

Ransel Prajurit Tentara Nasional Indonesia Berbasis Translation Motion sebagai sumber Energi Alat Komunikasi

- Militer Translation Motion-Based Backpack for Indonesian Army Soldiers as a Source of Energy for Military Communication Devices.* 5(2), 187–194.
<https://doi.org/10.30812/bite/v5i2.3651>
- Perwira, A. M., Widiatmoko, D., & Kholid, F. (2021). the Web Based Design of Poltekad Electronic Detector for Covid-19. *Jurnal Elkasista*, 2(Mei), 55–64.
<https://doi.org/10.54317/elka.v2imei.162>
- Prayogo, R. A., Widiatmoko, D., & Harijanto, B. (2021). Rancang Bangun Penunjuk Arah Dan Jarak Suara Tembakan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi Jalan Raya Angrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo , Batu . Jurusan Elektro Prodi D4 Teknik Elkasista Poltekad Kodiklatad Design of Directions and Sho. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Politeknik Angkatan Darat.*
<https://journal.poltekad.ac.id/>
- Radianto, R., Syafaat, M., Widiatmoko, D., Alfarizi, R. M., & Kasiyanto, K. (2024). Rancang Bangun Sistem Pelacakan Musuh Pada Senjata Penjaga Otomatis SS2 Berbasis Background Subtraction. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 5(1), 50–62.
<https://doi.org/10.24036/jtein.v5i1.596>
- Subandi. (2011). Vol . 4 No . 1 Agustus 2020 ISSN : 1979-8415 SISTEM KENDALI PEMICUK LEDAK DENGAN
DETONATOR LISTRIK MENGGUNAKAN TELEPON GENGAM BERDASARKAN SMS (SHORT MESSAGE SERVICE) Vol . 4 No . 1 Agustus 2011 ISSN : 1979-8415. 4(1), 79–84.
- Sugiarta, A., Kasiyanto, K., Widiatmoko, D., Syafaat, M., Achmad, A., & Asif, I. (2024). Technology Biomechanic-Based Design of Knee Protector Generator for Portable Electricity Generation to Support Military Operations in the Field. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, 5(2), 159–170.
<https://doi.org/10.30812/bite.v5i2.3649>
- Widiatmoko, D., Aripriharta, A., Kasiyanto, K., Irmanto, D., & Wahyu Prasetyo, M. (2024). Power Efficiency using Bank Capacitor Regulator on Field Service Shoes with Fast Charge Method. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 23(2), 273–284.
<https://doi.org/10.30812/matrik.v23i2.3494>
- Widodo, A., & Candra, O. (2020). *Kontrol Sepeda Motor Menggunakan Andorid.* 1(2), 63–68.