

RANCANG BANGUN SISTEM *TRACKER* PADA ANTENA YAGI FREKUENSI 433 MHz BERBASIS ARDUINO UNTUK PENJEJUKAN MORTIR LATIH

Bunyamin Ibnu Ramdhani¹⁾, Imam Ashar²⁾, Choirul Rio³⁾

¹⁾ Politeknik Angkatan Darat, ²⁾ Asrama Politeknik Angkatan Darat, d4kom625@gmail.com¹⁾, imamasharstmt@gmail.com²⁾, Choirul.rio.p@gmail.com³⁾

Abstract: *This research aims to design and build a training mortar tracking system using a Yagi antenna at a frequency of 433 MHz based on Arduino. The method used is an experiment to test hypotheses regarding the system's ability to detect and track training mortars. This research was carried out in three stages: design, implementation, and evaluation. At the design stage, the Yagi antenna design, component selection, and system circuit design are determined. Implementation involves setting up and testing a tracking system with an Arduino as a controller, which directs the antenna using a servo motor based on the signals received. Evaluation was carried out by testing the system's accuracy in tracking training mortars. The research results show that the system can track mortar movements with fairly good accuracy even though there is a delay in response when the mortar is moving quickly and signal interference which affects accuracy. Nevertheless, this system has proven to be effective and can be further developed to improve its performance, especially in terms of signal processing and tracking range.*

Keywords: *Tracking System, Yagi Antenna, 433 MHz, Arduino*

Abstrak: *Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pelacakan mortir latihan menggunakan antena Yagi pada frekuensi 433 MHz berbasis Arduino. Metode yang digunakan adalah eksperimen untuk menguji hipotesis mengenai kemampuan sistem dalam mendeteksi dan melacak mortir latihan. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap: perancangan, implementasi, dan evaluasi. Pada tahap perancangan, desain antena Yagi, pemilihan komponen, dan perancangan rangkaian sistem ditentukan. Implementasi melibatkan penyusunan dan pengujian sistem pelacakan dengan Arduino sebagai pengontrol, yang mengarahkan antena menggunakan servo motor berdasarkan sinyal yang diterima. Evaluasi dilakukan dengan menguji akurasi sistem dalam melacak mortir latihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat melacak pergerakan mortir dengan akurasi yang cukup baik meskipun ada keterlambatan respons saat mortir bergerak cepat dan gangguan sinyal yang mempengaruhi akurasi. Meskipun demikian, sistem ini terbukti efektif dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerjanya, terutama dalam hal pengolahan sinyal dan jangkauan pelacakan.*

Kata kunci: *Sistem Pelacakan, Antena Yagi, 433 MHz, Arduino*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, sistem tracker telah menarik perhatian yang cukup besar untuk mendeteksi objek terbang khususnya dalam bidang latihan menembak mortir. Sistem pelacakan ini memiliki fleksibilitas dan akurasi yang penting untuk pengembangan teknologi, tidak hanya untuk misi pertahanan militer tetapi juga untuk riset ilmiah dan pendidikan. Tracking yang dilakukan secara terus-menerus dapat menjaga komunikasi dengan mortir latihan, memastikan data dapat dikirim dan diterima dengan lancar, serta mengurangi risiko kehilangan sinyal dan kerusakan data [1]. Selain itu, sistem tracker sangat penting untuk memantau lintasan tembak mortir latihan dan memastikannya tetap berada di jalur tembaknya.

Antenna tracker adalah perangkat yang dirancang untuk mengikuti pergerakan payload, yang digunakan untuk memantau kondisi geografis dan cuaca [2]. Perangkat ini beroperasi dengan mengubah sudut azimut dan elevasi, memungkinkan sinkronisasi optimal antara antena pemancar dan payload. Sistem GPS pada antenna tracker menentukan posisi antena pemancar, sementara komponen lain seperti motor DC menggerakkan antena, telemetry 433 MHz menghubungkan data antara kedua antena, dan mikrokontroler Arduino untuk mengolah informasi yang diterima. Payload dilengkapi dengan sensor-sensor yang mengirimkan data latitude dan longitude, yang digunakan untuk menyesuaikan posisi antenna tracker agar tetap mengikuti pergerakan payload. Setelah pengolahan, data tersebut dikirim ke ground station untuk analisis lebih lanjut, meningkatkan efisiensi transmisi data dan akurasi pemantauan.

TNI Angkatan Darat terus berupaya meningkatkan kemampuan dalam pertahanan dan keamanan negara, di mana Pusat Litbang Politeknik Angkatan Darat (Poltekad) berperan aktif dalam pengembangan teknologi mortir latihan. Namun, salah satu kendala utama yang dihadapi

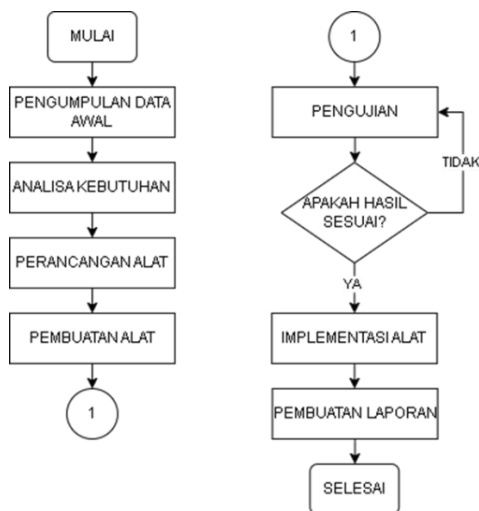
adalah belum memadainya alat ukur yang dapat mendeteksi kecepatan mortir latihan secara real. Saat ini, data mengenai kecepatan dan jarak capai masih dihasilkan melalui estimasi berdasarkan analisis uji statis gaya dorong motor mortir latihan. Selain itu, titik jatuh atau koordinat dari mortir latihan juga belum diketahui dengan pasti, sehingga estimasi jarak capai dan kecepatan masih belum sesuai dengan hasil yang diharapkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan sensor dan sistem tracker pada antena menjadi hal sangat penting saat mortir latihan

Terbang di udara. System tracker ini berfungsi agar antena dapat mengikuti pergerakan mortir yang mengarahkan antena ke sumber sinyal terkuat untuk mengoptimalkan pengiriman data secara real. Sistem ini menggunakan komponen seperti Mikrokontroler 8-bit, Motor DC, Rotary Encoder, dan GPS NEO-M8N untuk mendeteksi kecepatan, ketinggian, dan koordinat mortir latihan agar lebih akurat. Dengan adanya sistem tracker yang dirancang dengan baik, diharapkan komunikasi antara mortir latihan dan ground station dapat berjalan lebih optimal dan efisien. Dengan demikian penelitian ini mengangkat judul "RANCANG BANGUN SISTEM TRACKER PADA ANTENA YAGI FREKUENSI 433MHz BERBASIS ARDUINO UNTUK PENJEJAKAN MORTIR LATIH" bertujuan untuk merancang sistem pelacakan yang dapat mendukung pengumpulan data secara optimal dan efisien selama misi peluncuran mortir latihan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan mengembangkan perancangan bangun system tracker pada antenna yagi berfrekuensi 433 MHz yang berbasis Arduino untuk penjejukan mortar latihan yang melibatkan 3 tahap, yaitu: perancangan, implementasi, dan evaluasi yang kemudian

rancangan system diuji melalui metode eksperimen yang dapat membuktikan hipotesis melalui sensor yang telah dirancang. Kualitas dari perancangan dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian terhadap sensor yang telah dibuat secara terus menerus untuk mendapatkan hasil yang baik dan akurat. Pada pengujian ini terdapat dua variabel yang diteliti dan dianalisa dengan harapan dapat mengetahui seberapa jauh alat yang diusulkan dapat berjalan. Proses penelitian dengan pengumpulan data awal yang menjadi dasar analisis lebih lanjut. Setelah data dianalisis, langkah berikutnya adalah merancang alat yang akan dikembangkan sesuai kebutuhan penelitian. Setelah rancangan selesai, alat tersebut dibuat dan dilanjutkan dengan pengujian untuk memastikan hasil yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi dan tujuan. Jika hasil pengujian tidak sesuai, proses kembali ke tahap pengujian hingga mencapai hasil yang diinginkan. Setelah hasil dianggap sesuai, alat diimplementasikan dan penelitian diakhiri dengan pembuatan laporan yang merangkum temuan dan pencapaian dari proses tersebut yang dapat digambarkan dalam diagram alir penelitian di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian (Sumber: Disusun oleh Peneliti, 2025)

Pengambilan data yang dilakukan oleh peneliti terbagi menjadi dua tahap yaitu pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder. Pengambilan data primer

diperoleh secara langsung melalui pengujian system *tracker* pada antenna yang meliputi data-data pengujian yang dilakukan peneliti melalui kecepatan respons sistem tracker pada antenna dalam mengikuti pergerakan sumber sinyal (transmitter) berdasarkan data GPS; dan pengolahan data koordinat (*latitude* dan *longitude*) yang diterima dari mortir melalui sistem telemetri. Sedangkan pengambilan data sekunder diperoleh melalui beberapa referensi berupa penelitian terdahulu yang relevan dengan penggunaan sistem tracker pada antenna. Data yang didapat akan digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi, sehingga dapat ditemukan kesimpulan yang tepat mengenai efektivitas dan efisiensi sistem *tracker* pada antenna berbasis GPS, serta perbandingan dengan penelitian sebelumnya tentang kontrol PID pada sistem pelacakan sinyal.

HASIL PENELITIAN

Data menunjukkan bahwa data perhitungan antenna Yagi dalam penelitian ini, baik dari segi ukuran maupun penguatannya didapatkan dalam Tabel 1 yang menunjukkan hasil perhitungan antenna secara manual didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Manual Antena Yagi

Komponen	Panjang (cm)	Jarak (cm)	Total Gain (dBi)
<i>Reflektor</i>	36,5	15,5	2,0
<i>Dipole</i>	33,2	0,0	4,1
Director 1	31,5	8,6	6,2
Director 2	30,0	12,0	8,2
Director 3	28,4	15,5	9,2
Director 4	27,0	15,5	10,2
Director 5	25,6	15,5	11,2
Director 6	24,3	15,5	12,1
Director 7	23,1	15,5	13,0

Director 8	22,0	15,5	13,6
Total Gain			

Kemudian data diinput pada perhitungan *software* Yagi Calculator, yakni data digunakan sebagai referensi dari hasil perhitungan manual yang dapat digambarkan pada Tabel 2 di bawah ini yang menunjukkan hasil Yagi calculator.

Tabel 2. Hasil Yagi Calculator

Komponen	Panjang (cm)	Jarak (cm)	Total Gain (dBi)
<i>Reflektor</i>	35,5	15,5	2,0
<i>Dipole</i>	32,2	0,0	4,1
Director 1	31,4	8,6	6,2
Director 2	30,1	12,0	8,2
Director 3	30,7	15,5	9,2
Director 4	30,4	15,5	10,2
Director 5	29,1	15,5	11,2
Director 6	29,8	15,5	12,1
Director 7	23,6	15,5	13,0
Director 8	29,4	15,5	13,6
Total Gain			

Berdasarkan data yang telah disampaikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 di atas, terlihat nilai yang diperoleh tidak jauh berbeda antara hasil perhitungan manual dengan *software Yagi calculator*, sehingga berdasarkan data di atas yang dapat dibandingkan adalah panjang elemen, jarak antar elemen, dan *gain*. Perhitungan dengan *software Yagi calculator* digunakan oleh peneliti untuk memastikan apakah nilai dari hasil perhitungan manual sudah benar dan tepat. Kemudian untuk selanjutnya berdasarkan data yang telah dihitung, peneliti menggunakan data tersebut sebagai parameter simulasi antenna dengan beberapa data yang dihasilkan, meliputi: pola

pancaran antenna, *gain*, *bandwidth*, VSWR, dan *Return Loss*.

Proses pengaturan dan pengolahan data antenna merupakan bagian penting dalam memastikan antenna dapat berfungsi secara efektif. Proses ini dimulai dengan pengaturan awal antenna, di mana pemasangan antenna dilakukan dengan menentukan posisi yang tepat, untuk posisi antenna tersebut diletakkan pada jarak aman yang telah ditentukan di belakang mortir latih untuk menghindari adanya gangguan atau faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi sistem kerja dari tracker. Selain itu juga agar dapat memaksimalkan pancaran yang dihasilkan oleh antenna yagi karena antenna tersebut memiliki bentuk pancaran directional yang dimana hanya dapat menerima atau mengambil sinyal dari satu arah. Setelah terpasang, lakukan input latitude dan longitude awal mortir latih yang didapat dari device lain sebelum meluncur secara manual menggunakan keyboard yang terhubung ke sistem kontrol antenna. Setelah itu, informasi mengenai posisi antenna ditampilkan di layar LCD, memungkinkan operator untuk memverifikasi keakuratan data yang dimasukkan.

Tabel 3. Hasil Pengambilan Waktu Meluncur Granat Mortir Latih 81 mm ke Pangkal Laras (Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2025)

No	Sudut	Nilai
1	45°	0,049 detik
2	50°	0,037 detik
3	55°	0,035 detik
4	60°	0,033 detik

Data hasil pengambilan waktu granat mortar latih yang dijatuhkan dari ujung laras sampai ke pangkal laras dengan variasi sudut yang berbeda didapatkan melalui proses pengukuran menggunakan alat ukur *stopwatch* dengan hasil yang cenderung stabil semakin runcing sudut pengambilan waktu meluncur, maka semakin cepat pula momentum mortar latih untuk meluncur.

Berikutnya dalam tahap pengolahan data oleh sistem tracker, data latitude dan longitude yang diterima dari aplikasi diubah kembali menjadi satuan meter. Proses transformasi ini penting untuk memastikan bahwa semua data yang digunakan dalam perhitungan berada dalam format yang sama. Sistem tracker kemudian mengintegrasikan data posisi dari berbagai sumber untuk memastikan akurasi dalam pelacakan yang digambarkan pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Variasi Sudut (°) Terhadap Ketinggian (h) (Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2025)

Sudut	Ketinggian (meter)
45 ⁰	0,8202 meter
50 ⁰	0,8886 meter
55 ⁰	0,9503 meter
60 ⁰	1,0046 meter

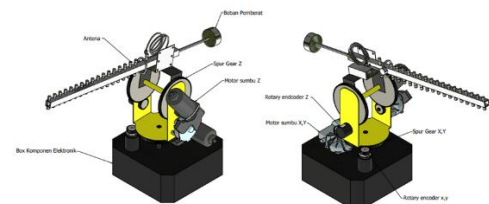
Berdasarkan analisis hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti di lapangan pada mortir latih diperoleh perhitungan *link budget* tiap titik pengujian berdasarkan perhitungan rugi-rugi propagasi Okumura-Hata dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Link Budget (Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2025)

T_x Power	20	20	20
T_x Loss	-4,95	-4,95	-4,95
T_x Antena Gain	17,4	17,4	17,4
EIRP	32,45	32,45	32,45
P_{loss} Okumura-Hata	-124,49	-128,83	-143,52
T_x Pointing Error	-1	-1	-1
Multipath	-2	-2	-2
Atmospheric Loss	-0,2	-0,2	-0,2

Total Path Loss	-127,49	-132,03	-146,72
R_x Antena Gain	2,14	2,15	2,15
Polarization Loss	-0,2	-0,2	-0,2
R_x Loss	-1	-1	-1
R_x Pointing Error	-1	-1	-1
Total R_x Gain	-0,05	-0,05	-0,05
Interference Margin	-1	-1	-1
Threshold	117	117	117
Link Margin	20,91	16,37	1,68

Berdasarkan hasil perhitungan pendekatan *link budget* di atas, besarnya *link margin* jarak 3 km dan 5 km masih termasuk kriteria yang diharapkan yang menandakan bahwa alat berfungsi dengan baik sehingga sangat kecil kemungkinan tersedianya jalur propagasi.



Gambar 2. Desain Alat (Sumber: Disusun oleh Peneliti, 2025)

Alat ini didesain untuk melakukan penyesuaian posisi antena secara presisi. Ketika dua set data posisi terkumpul, satu dari sistem tracker dan satu lagi dari muatan sistem siap untuk melakukan perhitungan sudut. Dengan menggunakan metode trigonometri, sistem menghitung sudut horisontal dan vertikal berdasarkan posisi relatif antara antena dan muatan. Sudut horisontal adalah sudut antara garis pandang

horizontal dari antena ke muatan, sedangkan sudut vertikal adalah sudut antara garis pandang vertikal dari antena ke muatan. Beberapa kendala yang ditemui selama pengujian termasuk interferensi sinyal dan keterbatasan pada jarak jangkauan sinyal 433 MHz. Solusi yang dapat diterapkan adalah peningkatan kualitas antena, serta pengaturan ulang pengolahan sinyal untuk meminimalkan gangguan eksternal. Penyesuaian ini dilakukan dengan menggunakan motor DC yang menggerakkan sumbu Z dan sumbu X,Y melalui sistem

gearbox, sementara rotary encoder pada setiap sumbu memberikan informasi umpan balik yang akurat untuk memastikan posisi yang tepat. Motor DC dikendalikan oleh driver motor H-bridge MOSFET, dan seluruh rangkaian kontrol, termasuk Arduino ditempatkan di dalam kotak komponen elektronik. Untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas alat selama beroperasi, dipasanglah beban pemberat.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pelacakan berbasis Arduino dengan menggunakan antena Yagi pada frekuensi 433 MHz untuk penjejukan mortir latih. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi sinyal yang dipancarkan oleh mortir latih setelah diluncurkan, kemudian melacak posisi dan arah pergerakan mortir dengan akurasi yang tinggi. Antena Yagi dipilih karena memiliki gain yang baik pada frekuensi 433 MHz, yang memungkinkan sinyal dapat diterima dengan jelas meskipun pada jarak jauh. Arduino digunakan sebagai mikrokontroler utama untuk mengontrol seluruh sistem, mulai dari penerimaan sinyal hingga pergerakan mekanisme pelacak (servo motor) yang akan mengarahkannya sesuai dengan sinyal yang diterima. Antena Yagi yang digunakan dalam penelitian ini memiliki gain yang cukup baik pada frekuensi 433 MHz, yang memungkinkan sistem untuk menerima sinyal dari mortir latih pada jarak yang cukup jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antena Yagi dapat menangkap sinyal dengan akurat dan memberikan data yang diperlukan untuk pengolahan sinyal lebih lanjut.

Desain sistem melibatkan beberapa komponen penting, seperti antena Yagi yang berfungsi untuk menerima sinyal, modul receiver 433 MHz untuk mengubah sinyal radio menjadi data yang dapat diproses oleh Arduino, serta servo motor untuk

mengarahkan antena mengikuti pergerakan mortir latih. Setelah melakukan pengujian, sistem tracker berbasis Arduino berhasil melacak posisi mortir latih dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Gerakan servo motor dapat mengikuti perubahan arah sinyal dengan baik, meskipun terdapat sedikit keterlambatan dalam respon saat sinyal bergerak cepat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat digunakan untuk penjejukan dalam kondisi tertentu, meskipun perlu perbaikan lebih lanjut untuk aplikasi yang lebih kompleks.

Pada sistem ini, Arduino akan memproses data yang diterima dan mengontrol servo motor untuk memposisikan antena agar selalu mengarah ke objek yang dilacak. Pengujian dilakukan dengan meluncurkan mortir latih pada berbagai jalur dan mengamati akurasi sistem dalam melacak sinyal yang diterima. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tracker ini mampu mengikuti pergerakan mortir dengan cukup baik, meskipun ada sedikit keterlambatan pada respon sistem ketika mortir bergerak dengan cepat.

Meskipun sistem ini menunjukkan kinerja yang baik dalam pengujian awal, terdapat beberapa kendala yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan kinerja sistem. Salah satu tantangan utama adalah interferensi sinyal dari lingkungan sekitar yang dapat memengaruhi akurasi pelacakan. Selain itu, jangkauan sinyal 433 MHz juga memiliki batasan, yang dapat mempengaruhi

efektivitas pelacakan pada jarak yang sangat jauh. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan teknologi pelacakan objek dengan menggunakan sistem sederhana dan terjangkau berbasis Arduino, serta membuka kemungkinan untuk peningkatan dan pengembangan lebih lanjut agar sistem ini dapat diimplementasikan pada aplikasi yang lebih luas dan kompleks.

PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem tracker berbasis Arduino yang menggunakan antena Yagi pada frekuensi 433 MHz untuk penjejak mortir latihan telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu menerima sinyal dari mortir latihan yang diluncurkan dan secara akurat melacak pergerakannya dengan mengarahkan antena Yagi menggunakan servo motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antena Yagi yang digunakan memiliki gain yang cukup tinggi untuk mendeteksi sinyal dengan jarak yang memadai, dan Arduino sebagai mikrokontroler dapat memproses data sinyal serta mengendalikan mekanisme pelacakan dengan cukup responsif.

Namun, meskipun sistem menunjukkan hasil yang baik, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan kinerja sistem. Salah satu kendala utama adalah interferensi sinyal yang terjadi karena gangguan dari lingkungan sekitar, yang mempengaruhi kestabilan dan akurasi pelacakan. Selain itu, meskipun jangkauan sinyal 433 MHz memadai untuk jarak dekat, penggunaan frekuensi ini memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan sinyal, yang dapat menjadi faktor penghambat saat sistem digunakan untuk pelacakan pada jarak yang lebih jauh. Untuk mengatasi hal ini, perbaikan pada desain antena dan pengolahan sinyal yang lebih canggih diperlukan.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil merancang sistem pelacakan yang efisien dan terjangkau, menggunakan komponen-komponen yang mudah diakses seperti Arduino dan antena Yagi. Meskipun masih ada ruang untuk perbaikan, seperti penguatan sistem terhadap interferensi sinyal dan peningkatan jangkauan pelacakan, sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan sistem pelacakan mortir latihan yang lebih akurat dan dapat diandalkan, serta dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi lain yang memerlukan sistem pelacakan berbasis radio.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muh. Fakhri et al., "Dual-mode Antenna Tracking System for Rocket Launch Applications," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 20, no. 2, Jun. 2024, doi: 10.17529/jre.v20i2.35043.
- [2] R. Eprillia and U. Fadlilah, "Emitor: Jurnal Teknik Elektro Prototype Antena Tracking Telemetry Frekuensi 433 Mhz Berbasis Koordinat GPS (Global Positioning System)", [Online]. Available: <https://buildyourownantenna.blogspot.com>.
- [3] I. Nurfalah and M. Jari Nurman Sahputra, "Rancang Bangun Sistem pengendalian posisi Azimut dan Elevasi Antena Tracker Berbasis GPS," vol. 6, no. 1, 2024, [Online]. Available: <http://ojs.uninus.ac.id/index.php/teknologinusantara>
- [4] F. Almetania and Y. Huda, "Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika Rancangan Sistem Antena Tracker pada Ground Station UAV Sebagai Media Pantau Pasca Bencana," vol. 10, no. 3, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/index>
- [5] A. Jayadi, J. Persada Sembiring, and R. Kurniawan, "Rancang Bangun

- Pengendalian Antena Tracker Pada Horizontal Axis Menggunakan Kendali PID.”
- [6] D. H. T. Nugroho and M. F. Hasan, “RANCANG BANGUN ANTENA YAGI 433 MHZ PADA AUTOMATIC ANTENNA TRACKER UNTUK PESAWAT TERBANG TANPA AWAK,” *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 7, no. 1, pp. 20–25, Apr. 2020, doi: 10.33019/ecotipe.v7i1.1390.
- [7] A. A. Imron, A. S. Widodo, and A. Purnowidodo, “ANALISA PENGARUH AERODINAMIKA PADA MARGIN STABILITAS MORTIR LATIH 81 MM DENGAN SISTEM KOMPRESI UDARA,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, pp. 541–552, Aug. 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i2.1106.
- [8] “ARDUINO MEGA”.
- [9] Irsyad Aziz, Andrijani Sumarahinsih, and Delila Cahya Permatasari, “Perancangan Automatic Tail Dock Berbasis Arduino Nano Pada Pesawat Menggunakan Metode PID,” *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 221–238, Jul. 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i3.299.
- [10] I. B. Alit and M. Mara, “The effect of gear ratio on engine performance,” 2024. [Online]. Available: www.ijejournal.com
- [11] K. Kawasaki and I. Tsuji, “Manufacturing Method for Large Cylindrical Worm Gear Set of ISO Type I on Universal CNC Machine Tools,” *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, vol. 7, no. 2, Apr. 2023, doi: 10.3390/jmmp7020053.
- [12] “Kevin Alfiansyah. (2023)”.
- [13] Y. E. Prasetyo and F. Rohman, “Analisis Perbandingan Kinerja H-Bridge Driver Menggunakan IGBT dan Mosfet pada Sistem... (Yusuf Eko Prasetyo) 73 ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA H-BRIDGE DRIVER MENGGUNAKAN IGBT DAN MOSFET PADA SISTEM KEMUDI STEER BY WIRE.”
- [14] D. Gurauskis, D. Marinkovic, D. Mažeika, and A. Kilikevičius, “Self-Calibratable Absolute Modular Rotary Encoder: Development and Experimental Research,” *Micromachines (Basel)*, vol. 15, no. 9, p. 1130, Sep. 2024, doi: 10.3390/mi15091130.