Rancang Bangun Pengendalian Antena Tracker Pada Horizontal Axis Menggunakan Kendali PID

Akhmad Jayadi[1] , Jaka Persada Sembiring[2] Rizki Kurniawan[3]

[1]Program Studi S1 Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,Universitas Teknokrat Indonesia ,

[2,3]Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

akmad.jayadi@teknokrat.ac.id, jakapersada@teknokrat.ac.id, rizkibrightgas@gmail.com

Abstrak The antenna communication system is the most important thing because it functions to transmit and receive data. The use of an antenna in order to position the direction of the strongest signal source, it is necessary to add a tracker that functions to point to the strongest signal source. For an ideal tracker antenna movement, it is necessary to use a control system. The purpose of this research is to produce a dynamic response to control the direction of the direction of the tracker antenna on the horizontal axis by manually entering the angle value in the program as a regulator of the facing direction using pid control. The results showed that the direction of the tracker antenna on the horizontal axis by tuning the PID value using the trial and error method obtained a good PID value, namely the value of Kp=5 Ki=0.21812 Kd=12 by giving a setpoint of 90° so as to produce a response time of 1200 milliseconds (1 .2 seconds), overshoot 28.8% and oscillation for 1583 milliseconds (1.6 seconds) until it produces a good response or stops according to the setpoint. The use of PID in controlling the direction of the tracker antenna on the horizontal axis by using variations in the angle of 90° to 30°, angle of 0° to 180°, angle of 30° to 200°, a good antenna response is obtained, because the direction of the antenna is approaching to the angle destination according to the setpoint.

Keywords: Communication System, Antenna Tracker, PID

Abstract− Sistem komunikasi antena merupakan hal yang paling penting karena berfungsi mentransmisikan dan menerima data. Penggunaan antena agar dapat memposisikan arah sumber sinyal terkuat maka perlu adanya penambahan tracker yang berfungsi untuk mengarah pada sumber sinyal terkuat. Agar pergerakan antena tracker yang ideal, maka perlu digunakan sistem kendali. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan respon dinamis suatu pengendalian arah hadap antena tracker pada horizontal axis dengan cara memasukan nilai sudut secara manual pada program sebagai pengatur posisi arah hadap dengan menggunakan kendali pid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah hadap antena tracker pada horizontal axis dengan proses tuning nilai PID menggunakan metode trial and error didapat nilai PID yang baik yaitu nilai Kp=5 Ki=0.21812 Kd=12 dengan memberikan setpoint 90° sehingga menghasilkan waktu respon 1200 milidetik (1,2 detik), overshoot 28,8% dan osilasi selama 1583 milidetik (1,6 detik) sampai menghasilkan respon yang baik atau berhenti sesuai dengan setpoint. Penggunaan PID pada pengendalian arah hadap antena tracker pada horizontal axis dengan menggunakan variasi sudut 90° menuju ke 30°, sudut 0° menuju 180°, sudut 30° menuju ke 200° didapatkan respon antena yang baik, dikarnakan arah hadap antena sudah mendekati ke sudut tujuan sesuai dengan setpoint.

Kata Kunci: Sistem Komunikasi, Antena Tracker, PID

1. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi merupakan sistem yang menggunakan udara sebagai media komunikasinya dan gelombang radio sebagai sinyal pembawa, diantaranya sistem komunikasi radio yang diperlukan yaitu transmitter dan receiver. Transmitter adalah sebuah perangkat untuk mengirim sinyal ke recevier. Antena merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya, antena mempunyai pola radiasi yang terarah sehingga dapat menangkap sinyal yang dikirimkan oleh transmitter. Karena jarak yang ditempuh transmitter mungkin saja sangat jauh hingga tidak terlihat, maka adanya kesulitan untuk memposisikan arah antena, jika antena tidak diarahkan, maka kehilangan data akan terjadi dan hal ini merupakan kerugian bagi sistem. Antena harus ditambahkan tracker agar antena selalu mengarah pada sumber sinyal terkuat. Fokus pada penelitian ini adalah pembuatan sistem kendali pada antena tracker, Sehingga tidak membahas pembuatan UAV maupun sistem komunikasi antara UAV dan GCS karena tidak membahasnya, peneliti melakukan pengujian dengan menggerakan antena tracker secara manual dengan cara memasukan nilai sudut pada program sebagai pengatur posisi arah hadap sehingga seolah-olah antena tracker mengikuti posisi UAV agar mendapatkan sinyal terkuat. Pergerakan antena tracker yang menggunakan motor DC PG-45 agar pergerakannya halus dan responsif maka perlu menerapkan suatu sistem kendali pada antena tracker. Salah satu sistem kendali yang dapat diterapkan yaitu sistem kendali PID.

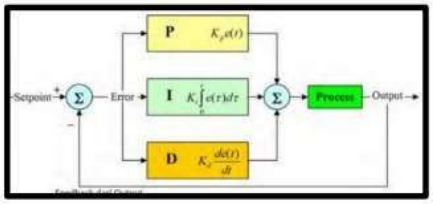
2. TELAAH PUSTAKA

2. 1. Antena

Antena merupakan suatu alat listrik yang dapat merubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkan keruang bebas atau sebaliknya dengan menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Antena juga tergolong sebagai transduser karena dapat mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Antena memiliki beberapa karakteristik penting dalam mendukung kinerjanya. Karakteristik atau parameter kinerja ini perlu diperhatikan saat kita membuat antena dan juga pada saat kita memilih jenis antena yang kita perlukan (Muthiah, Nugroho, and Wahyu 2018) Keterarahan atau directivity adalah perbandingan antara identisitas daya antenna pada jarak sebuah titik tertentu relatif terhadap sebuah radiator isotropis. Yang dimaksud dengan radiator isotropis adalah pemancaran radiasi antena secara seragam ke semua arah. Gain atau sering juga disebut dengan directivity gain adalah sebuah parameter antena yang mengukur kemampuan antena dalam mengarahkan radiasi sinyalnya atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Dengan kata lain, gain digunakan untuk mengukur efisiensi sebuah Antena. Gain diukur dalam bentuk satuan decibel. Polarization dapat diartikan sebagai arah rambat dari medan listrik atau penyebaran vektor medan listrik. Polarisasi antena yang dimaksud disini adalah orientasi medan listrik dari gelombang radio yang berhubungan dengan permukaan bumi dan kecocokan struktur fisik antena dengan orientasinya. Mengenali polarisasi bermanfaat untuk mendapatkan efisiensi maksimum pada transmisi sinyal.

2.2 Kontrol PID

PID (Proportional-Integral-Derivative) merupakan penentu presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik. Kontroler yang terdapat dalam sistem sangat berpengaruh besar terhadap prilaku sistem, karakteristik plant harus dapat diterima sehingga perubahan prilaku sistem hanya dapat diubah dengan menambahkan suatu sub sistem, yaitu kontroler. Komponen kontroler memiliki fungsi untuk mereduksi sinyal kesalahan, dengan perbedaan sinyal setting dan sinyal aktual. Semakin cepat reaksi sistem dalam mengkuti sinyal actual makan semakil kecil kesalahan sistem, sehingga sistem kontrol semakin baik.



Gambar 1 Kontrol PID

2.3 Motor DC PG-45

Motor DC merupakan motor listrik yang memiliki fungsi merubah energi listrik menjadi energi gerak. Pedoman motor listrik mengacu pada kaidah tangan kiri, satu pasang magnet permanen utara – selatan akan menghasilkan medan magnet. kawat pada penghantar di atas telapak tangan kiri ditembus garis medan magnet ϕ. Ketika kawat dialirkan arus listrik DC sebesar I searah keempat jari tangan, maka kawat mendapatkan gaya sebesar F searah ibu jari. Motor DC PG-45 dapat dilihat pada gambar 2.2

Gambar 2 Motor DC PG-45

Motor Planetary Gear (PG-45) merupakan tipe motor brushless, dengan dilengkapi gearbox. Motor Planetary Gear (PG-45) memiliki kecepatan maksimum 500 rpm, dengan internal gearnya 10:1 maka kecepatan keluaran poros yaitu 50 rpm. Torsi pada Motor Planetary Gear (PG-45) sebesar 11,2 kg-cm, dengan catu daya sebesar 12V.

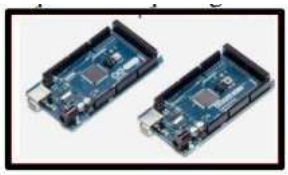
2.4 Rotary Encoder LPD 3806 600BM

Rotary Encoder LPD 3806 600BM adalah rotary encoder tipe incremental. Sensor rotary encoder incremental memiliki sistem deteksi cahaya yang menggunakan dua sensor cahaya yang terpisah 90°. Perangkat putar ini dapat mengeluarkan hingga 600 sinyal pulsa dalam satu putaran. Sensor ini dapat membaca putaran hingga 5000 rpm dan menggunakan 5-24 VDC. Sensor rotary encoder ini mempunyai empat kabel keluaran yaitu VCC, ground, data A dan data B.

Gamabr 3 Rotary Encoder LPD 3806 600BM

2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler yang mempunyai basis RISC AVR 8bit dengan performa yang tinggi. Dengan menjalankan beberapa intruksi dengan siklus tunggal, dan mencapai throughput mndekati 1 MPIS/MHz dengan operasi tegangan 4,5-5,5 V dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 menggunakan antarmuka USB, dengan 54 pin I/O digital (14 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 masukan analog, sebuah resonatorkeramik 16 MHz, sebuah soket daya, dan tombol reset. ATmega 2560 dapat diprogram menggunakan perangkat lunak Arduni IDE.

2.6 Module Driver BTS7960

Module Driver BTS7960 merupakan driver motor yang palig sering digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor DC, pada penelitian ini modul driver BTS7960 digunakan untuk mengontrol motor DC PG-45. Module driver BTS7960 dapat dilihat pada gambar 5

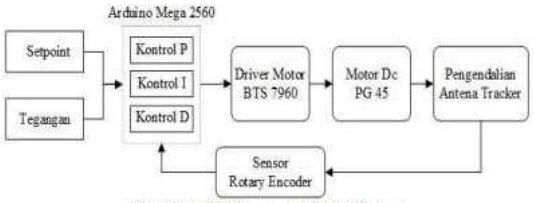
Gambar 5 Module Motor Driver BTS7960

3. METODE DAN PENELITIAN

Rancang Bangun Pengendalian Antena Tracker Pada Horizontal Axis Menggunakan Kendali PID yang digunakan pada penelitian ini menggunakan motor DC PG-45 yang dapat bergerak horizontal sehingga antena dapat digerakan untuk menuju sudut tujuan.

3.1 Perancangan diagram blok

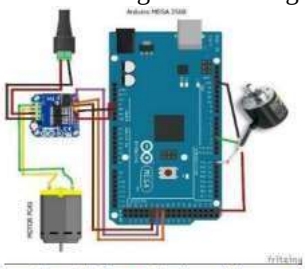
Prinsip kerja dari sistem pengendalian antena tracker pada horizontal axis menggunakan kendali pid dapat dijelaskan dalam bentuk diagram blok seperti yang ditunjukan pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram Blok Sistem

3.2 Rangkaian Skematik

Perancangan pengendalian antena tracker dalam penelitian ini perangkat keras yang digunakan adalah sensor rotary encoder guna sebagai mengukur pergerakan dari motor dc, sebagai pengendali motor driver BTS7960 pin in (RPWM, LPWM, R_EN dan L_EN) disambungkan ke pin digital Arduino Mega 2560 sebagai input untuk pergerakan motor DC. Berikut ini adalah skematik rangkaian rancangan perangkat keras.



Gambar 7 Rangkaian Skematik

3.3 Desain Antena Tracker

Perancangan desaian alat pengendalian antena tracker pada horizontal axis menggunakan kendali PID yang bisa dapat bergerak horizontal. Adapun perancangan alat yaitu membuat kerangka antena tracker yang terbuat dari besi aluminium hollow. kemudian pemasangan antena tracker yang menggunakan motor DC PG-45, setelah itu memasang box yang berisi komponen elektronika yang digunakan seperti Arduino Mega 2560, Catu Daya, sensor rotary encoder dan module driver Bts7960.

Gambar 8 Desain Antena Tracker

3.4 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem dibutuhkan dalam pembuatan alat, agar alat dapat bekerja terstruktur dan tertata. Alur kerja rangkaian yang baik dapat menentukan baik atau tidaknya dari hasil akhir. Alur kerja sistem dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9 Diagram kerja sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi

Implementasi sistem pada penelitian ini bertujuan untuk menguji dalam pengendalian antena tracker pada horizontal axis. Implementasi didasarkan dari hasil Analisa desain sistem yang berjalan. Sistem pengendali antena terdiri dari Sensor Rotary incremental Encoder LPD3806 berfungsi sebagai posisi dan arah hadap antena, Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pemrosesan keseluruhan komponen, Motor PG-45 berfungsi sebagai penggerak arah hadap antena tracker.

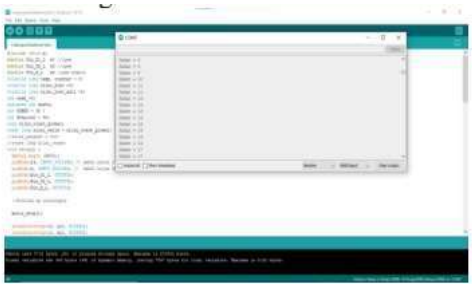
4.2 Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Pengujian mikrokontroler dilakukan pada mikrokontoler Arduino Mega 2560 yang merupakan bagian yang sangat penting karena ini berfungsi sebagai pengendali antena tracker pada horizontal axis. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan semua komponen yang dimasukkan program. Gambar pengujian mikrokontoler Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada gambar 10.

Gambar 10 Pengujian mikrokontoler Arduino Mega 2560

4.3 Pengujian Sensor Rotary Encoder LPD3806

Pengujian Sensor Rotary Encoder LPD3806 yang beroperasi bertegangan 5v – 24 vdc yang bertujuan untuk mengetahui seberapa tepat dan akurat sensor ini dalam menentukan posisi dan arah pada antena tracker, cara untuk melakukan pengukuran posisi dan arah dengan cara menggerakan arah hadap pada antena tracker dan untuk melihat hasil pengendali yang dibaca oleh sensor pada serial monitor aplikasi Arduino IDE. Gambar pengujian Sensor Rotary Encoder LPD3806 dapat dilihat gambar 11.



Gambar 11 Pengujian Sensor Rotary Encoder LPD3806

4.4 Pengujian Motor PG-45

Pengujian Motor PG-45 yang beroperasi pada tegangan 24vdc dilakukan untuk mengetahui motor dapat berputar normal dengan kecepatan putaran yang diatur oleh sistem kendali pid sehingga dapat berputar sempurna pada antena tracker pada horizontal axis. Gambar pengujian motor PG-45 dapat dilihat pada gambar 12.

Gambar 12 Pengujian Motor PG-45

b. Jika Rpwm diberi input low dan Lpwm diberi input high, maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam (counter clockwise).

c. Jika Rpwm dan Lpwm diberi input low, maka motor tidak akan bergerak.

d. Jika Rpwm dan Lpwm diberi input high, maka motor akan terjadinya korsleting. Pengujian driver motor ini dilakukan dengan memberikan input dari mikrokontroler ke driver motor. Untuk menggerakan satu motor DC dibutuhkan lima inputan yaitu VCC, GND, pin RPWM, pin LPWM, pin R_EN dan L_EN (PWM).

4.5 Pengujian motor driver driver BTS7960

Pengujian motor driver dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam menggerakan dan mengatur putaran motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1. Tabel 1 Pengujian Driver motor Keterangan: a. Jika Rpwm diberi input high dan Lpwm diberi input low, maka motor akan bergerak searah jarum jam (clockwise).

Tabel 1 Pengujian Driver motor

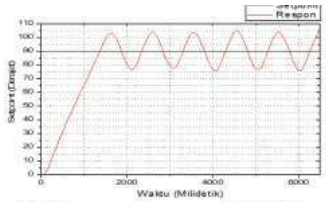
PWM	1-255	1-255	1-255	1-255
RPWM	HIGH	LOW	LOW	HIGH
LPWM	LOW	HIGH	LOW	HIGH
Keterangan	CW	CCW	STOP	BURN

4.6. Pengujian Nilai PID

Pengujian Penentuan nilai pid yang dilakukan bertujuan untuk melihat respon gerakan pada antena tracker pada horizontal axis yang responsive. Pengujian penentuan nilai PID pada penelitian ini digunakan nilai setpoint 90°, hal ini untuk mengetahui nilai PID yang paling baik. Pengujian penentuan nilai PID dilakukan dengan cara tuning nilai pid dengan metode trial and error pada software arduino ide yang digunakan sebanyak 3 kali pengujian.

4.7. Pengujian Kp=2 Ki=6 Kd=3

Pengujian PID pertama untuk melihat respon dari pergerakan motor dengan nilai Kp=2, Ki=6 dan Ki=3 pada setpoint 90°, dapat dilihat pada Gambar 13.

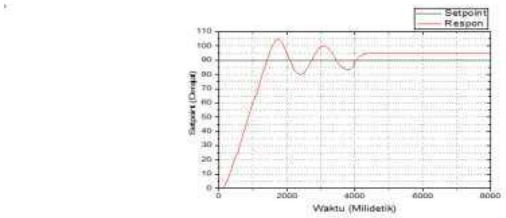


Gambar 13. Grafik Respon Dengan Nilai Kp =2, Ki =6, Kd =3

Gambar 13 hasil respon antena kendali dengan nilai Kp =2, Ki =6, Kd =3 bahwa waktu respon antena tracker mencapai setpoint sebesar 1300 milidetik (1,3 detik), selanjutnya respon antena mengalami osilasi yaitu gerakan antena tracker bergerak secara bolak – balik (membentuk seperti gelombang sinus) yang dimana respon gerakan antena tersebut tidak berhenti sesuai setpoint.

4.8. Pengujian Kp=3 Ki=2 Kd=6

Pengujian PID kedua untuk melihat respon dari pergerakan motor dengan nilai Kp=3, Ki=2 dan Ki=6 pada setpoint 90°, dapat dilihat pada Gambar 14.

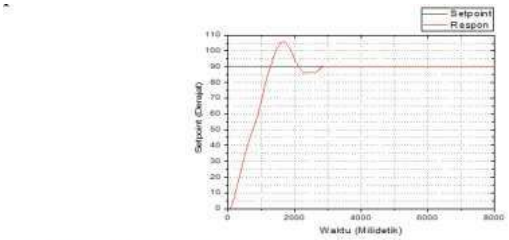


Gambar 14. Grafik Respon dengan nilai Kp =3, Ki =2, Kd =6

Gambar 14 hasil respon sistem antena menunjukkan waktu respon 1400 milidetik (1,4 detik), selanjutnya sistem masih terdapat overshoot 27,7%, respon sistem mengalami osilasi sementara selama 2882 milidetik (2,8 detik) dan memiliki error steady state (ESS) 5.5% karena respon sistem tidak berhenti sesuai setpoint dan melebihi setpoint.

4.9. Pengujian Kp=5 Ki=0,21812 Kd=12

Pengujian PID Ketiga untuk melihat respon dari pergerakan motor dengan nilai Kp=5 Ki=0,21812 Kd=12 pada setpoint 90°, dapat dilihat pada Gambar 15.

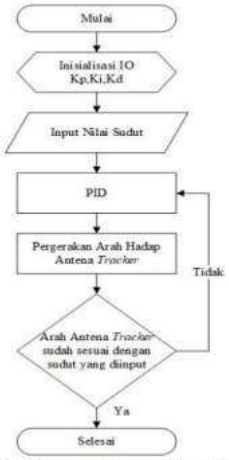


Gambar 15. Grafik Respon dengan nilai Kp =3, Ki =2, Kd =6

Gambar 15 hasil respon sistem telah mencapai setpoint dalam waktu yang lebih cepat yaitu 1200 milidetik (1,2 detik), tetapi sistem masih terdapat overshoot sebesar 28,8% dan masih terjadi osilasi selama 1583 milidetik (1,6 detik) sampai menghasilkan respon yang baik atau berhenti sesuai dengan setpoint.

4.10. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan Sistem ini berfungsi untuk mengetahui alat bekerja dengan baik agar dapat dilakukan untuk melihat respon gerakan arah hadap antena tracker pada horizontal axis. Proses pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 16.

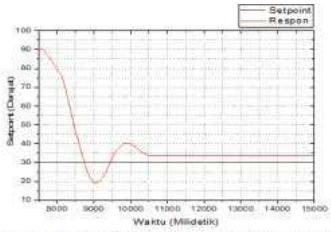


Gambar 16. Proses Pengujian Keseluruhan

4.11. Hasil Data

Pengujian Data yang diambil berupa data dari hasil pengujian penentuan nilai pid dengan proses tuning menggunakan metode trial and error pada software arduino ide, nilai pid yang stabil yaitu Kp=5 Ki=0.21812 Kd=12, lalu untuk digunakan pada variasi arah hadap sudut antena tracker yang berbeda-beda yaitu sudut 90° menuju sudut 30°, sudut 0° sampai sudut 180° dan sudut 30° sampai sudut 200° untuk menunjukan respon pada antena tracker.

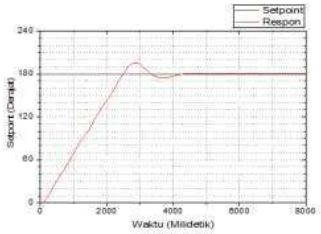
4.12. Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 90° Menuju 30°



Gambar 17. Grafik Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 90° Menuju 30°

Grafik Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 90° Menuju 30° Gambar 17 merupakan gambar grafik dari pengujian respon antena tracker sudut 90° menuju 30°. Dapat dilihat dari sudut 90° menuju 30° hasil respon sistem antena menunjukkan waktu respon 1242 milidetik (1,2 detik) lalu mengalami overshoot sebesar 36,6% dan mengalami osilasi selama 1307 milidetik (1,3 detik) dan memiliki error steady state (ESS) 13,3% karena respon sistem antena berhenti pada sudut 34° atau respon mendekati setpoint.

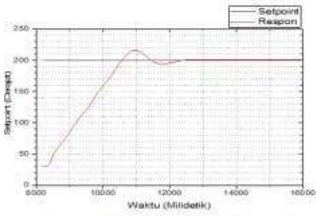
4.13. Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 0° Menuju 180°



Gambar 18. Grafik Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 0° Menuju 180°

Grafik Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 0° Menuju 180° Gambar 18 merupakan gambar grafik dari pengujian respon antena tracker sudut 0° menuju 180°. Dapat dilihat dari sudut 0° menuju 180° hasil respon sistem antena menunjukkan waktu respon 2500 milidetik (2,5 detik) lalu mengalami overshoot 8,8% dan mengalami osilasi selama 1870 milidetik (1,8 detik) dan memiliki error steady state (ESS) 0,5% karena respon sistem antena berhenti pada sudut 181° atau respon mendekati setpoint.

4.14. Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 30° Menuju 200°



Gambar 19. Grafik Respon Pengujian Antena Tracker Sudut 30° Sampai 200°

Gambar 4.19 merupakan gambar grafik dari pengujian respon antena tracker sudut 30° menuju 200°. Dapat dilihat dari sudut 30° menuju 200° hasil respon sistem antena menunjukkan waktu respon 2370 milidetik (2,3 detik) lalu mengalami overshoot 8% dan mengalami osilasi selama 1510 milidetik (1,5 detik) dan memiliki error steady state (ESS) 0,5% karena sistem antena berhenti pada sudut 201° atau respon mendekati setpoint.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian telah dilakukan, dalam pengendalian arah hadap antena tracker pada horizontal axis dapat diambil kesimpulan bahwa telah berhasil membuat suatu sistem pengendalian arah hadap antena tracker pada horizontal axis dengan proses tuning nilai PID menggunakan metode trial and error. Nilai yang ter baik ada pada nilai Kp=5 Ki=0.21812 Kd=12 dengan nilai sudut uji sebesar 90° sehingga menghasilkan waktu respon 1200 milidetik (1,2 detik), overshoot sebesar 28,8% dan osilasi selama 1583 milidetik (1,6 detik) sampai menghasilkan respon yang baik atau berhenti sesuai dengan setpoint. Penggunaan PID pada pengendalian arah hadap antena tracker pada horizontal axis dengan menggunakan variasi sudut 90° menuju ke 30°, sudut 0° menuju 180°, sudut 30° menuju ke 200° didapatkan respon antena yang baik, dikarnakan arah hadap antena sudah mendekati ke sudut tujuan sesuai dengan setpoint.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENCES

[1] Anastasia, Tjut Ulfa, Alfatirta Mufti, and Aulia Rahman. 2017. “Rancang Bangun Sistem Parkir Otomatis Dan Informatif Berbasis Mikrokontroler Atmega2560.” Kitektro 2(1): 29–34.

[2] Darajat, Anisa Ulya, Muhammad Komarudin, and Sri Ratna S. 2012. “Sistem Telemetri Unmanned Aerial Vehicle (UAV) BERBASIS Inertial Measurement Unit (IMU).” Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknik Elektro 6(3): 169–77.

[3] Eprillia, Rachma, and Umi Fadlilah. 2021. “Prototype Antena Tracking Telemetri Frekuensi 433 Mhz Berbasis Koordinat GPS (Global Positioning System).” 21(01): 35–41.

[4] Hanif Fata Mustaqiim. 2022. “RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR ROTARY ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32, MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON.”

[5] Harianto, Moch Febriawan, and dan Yuliyanto Agung Prabowo. 2021. "Sistem Kontrol Pemanas Air Kamar Mandi Menggunakan PID Controller." : 155–60.

[6] Irwanto, Herma Yudhi. 2018. "Pengembangan Sistem Pengendali Darat Bagi Roket Dan Berbasiskan Gps (Development of Rocket and High Speed Uav Ground Control System With Gps-Based Auto Tracking Antenna)." : 10.

[7] Latifah Husni, Nyayu et al. 2019. "Pengaplikasian Sensor Warna Pada Navigasi Line Tracking Robot Sampah Berbasis Mikrokontroler." Jurnal Ampere 4(2): 297–306.

[8] Marpanaji, Eko. 2017. "Trainer Pid Controller Sebagai Media Pembelajaran Praktik Sistem Kendali." Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education) 2(1): 27–40.

[9] Mulla, A A, and P N Vasambekar. 2017. "Speed Rate Corrected Antenna Azimuth Axis Positioning System." 9(2): 151–58.

[10] Muthiah, Amalina, Bambang Setia Nugroho, and Yuyu Wahyu. 2018. "Antena Omnidirectional Ultra Wide Band (Uwb) Untuk Aplikasi Electronic Support Measure (Esm)."

[11] Pratama, Okky Nizka, Eko Setiawan, and Hurriyatul Fitriyah. 2021. "Kendali Antena UAV Menggunakan Kontrol PID Untuk Mendapatkan Gain Maksimum." 5(2): 710–16.

[12] Saputra, Bagus Bernadi, Wahyudi Wahyudi, and Sudjadi Sudjadi. 2018. "Perancangan Alat Penggerak Antena Menggunakan Metode Kontrol Proportional, Integral, Derivative (Pid) Untuk Melacak Objek Bergerak." Transmisi 20(2): 71.

[13] Sintaro, Sanriomi et al. "IMPLEMENTASI MOTOR DRIVER VNH2SP30 PADA MOBIL REMOTE CONTROL DENGAN KENDALI TELEPON GENGGAM PINTAR." : 1–7.

[14] Sitohang, Ely P., Dringhuzen J. Mamahit, and Novi S. Tulung. 2018. "Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535." Jurnal Teknik Elektro dan Komputer 7(2): 135–42.

[15] Sulistiyanti, Sri Ratna, F X Setyawan, and Afri Yudamson. 2016. "Buku Dasar Sistem Kendali.