

Rancang Bangun Sistem Kendali Penggerak pada *Automatic Antenna Tracker* (An-Trac) untuk UAV Telemetri Data berbasis *Global Positioning System* (GPS)

Simon Adisyahputra Ritonga¹, Yusuf Kurniawan^{1,2}, Denny Hidayat T N¹

¹Teknik Elektro, JTPI Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Lampung Selatan, 35365 Indonesia

²Teknik Elektro, STEI Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, 40132 Indonesia

Email : Simon.13115007@student.itera.ac.id, yusuf.kurniawan@stei.itb.ac.id,

denny.hidayat@itera.ac.id

Abstract—Jurnal ini berisi proses pembuatan sistem kendali penggerak pada *Automatic Antenna Tracker* (An-Trac) untuk UAV Telemetri Data. Dimulai dari proses perancangan yang berisi perancangan algoritma yang akan digunakan. Penggunaan formula Haversine untuk menentukan jarak antara dua buah titik koordinat geodetik. Selanjutnya menggunakan prinsip trigonometri untuk menghitung sudut set-point untuk pergerakan tiap aktuator berupa azimut dan elevasi. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil implementasi yang dilakukan untuk memverifikasi tiap proses implementasi. Pengujian terdiri dari pengujian unit, pengujian integrasi dan pengujian sistem kendali yang telah dibuat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapat sistem kendali penggerak yang dapat membantu antena tracker untuk beroperasi secara optimal.

Index Terms—An-Trac, azimut, elevasi dan pergerakan

I. PENGANTAR

PERKEMBANGAN teknologi saat ini memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan umat manusia. Hal ini terjadi hampir pada seluruh aspek kehidupan manusia, termasuk bidang telekomunikasi, data akuisisi dan lain-lain. Dengan sistem yang semakin canggih, menjadikan kebutuhan akan automasi semakin tinggi. Hal ini bertujuan untuk melakukan pekerjaan yang kompleks dengan mesin-mesin yang sudah terintegrasi satu dengan yang lainnya.

Penggunaan konsep otomatis ini diperlukan juga untuk sebuah antena tracker. Antena tracker yang akan dibuat berfungsi untuk mempertahankan komunikasi antara Antena GCS (*Ground Control Station*) dengan Wahana berupa UAV tidak terputus. Pada umumnya antena memiliki berbagai jenis pola radiasi misalnya, *omnidirectional* dan *directional*.

Antena dengan pola radiasi *omnidirectional* akan memancarkan radiasi elektromagnetik ke segala arah sedangkan antena dengan pola radiasi *directional* akan memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik pada arah

tertentu saja. Keunggulan dari antena *directional* dibanding dengan antena *omnidirectional* adalah jarak jangkauan yang lebih jauh. Hal ini disebabkan oleh penguatan sinyal yang terjadi pada antena. Sehingga antena *directional* banyak digunakan untuk komunikasi jarak jauh.

Pada contoh kasus yang terjadi adalah pada modul telemetri 3DR yang biasa digunakan dalam UAV telemetri data, antena dipole yang digunakan hanya mampu menempuh jarak sekitar 500 meter. Kemudian digunakan antena *directional* dengan penguatan yang lebih kuat untuk menggantikan antena dipole tersebut. Dengan menggunakan antena yang memiliki jarak jangkauan yang lebih jauh maka antena perlu diarahkan tepat pada wahana UAV.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan sebuah penggerak yang mampu mengarahkan antena tepat pada wahana. Dalam jurnal ini dilakukan perancangan dan pembuatan sistem kendali penggerak antena tracker berbasis GPS (*global positioning system*). Sistem penggerak memiliki dua sumbu putar yaitu, sumbu putar vertikal untuk pergerakan secara horizontal (*pan*) dan sumbu putar horizontal untuk pergerakan secara vertikal (*tilt*). Sudut putar pada sumbu vertikal disebut azimut dan sudut putar pada sumbu horizontal disebut elevasi.

II. LANDASAN TEORI

Dalam melakukan pembuatan (perancangan dan pengujian) sistem kendali penggerak pada *Automatic Antenna Tracker* (An-Trac) untuk UAV Telemetri Data digunakan beberapa teori yang dapat mendukung proses pembuatan mulai dari perancangan, implementasi dan pengujian.

A. Antena Tracker

Antena tracker merupakan sebuah alat (antena) yang dapat mendeteksi sumber sinyal[1]. Antena bekerja dengan mengubah listrik menjadi medan elektromagnetik yang dapat memindahkan sejumlah data atau informasi. Dalam mendeteksi sumber sinyal antena tracker memiliki beberapa metode, yaitu menggunakan RSSI, GPS dan lain-lain.

Dalam mendeteksi sumber sinyal antenna *tracker* beberapa tujuan. Ada yang bertujuan hanya untuk mendapat informasi posisi dari sumber sinyal ada juga yang bertujuan mengikuti arah pergerakan sumber agar komunikasi antara sumber dengan antenna *tracker* tidak terputus.

B. Global Positioning System (GPS)

GPS (*global positioning system*) adalah sebuah sistem navigasi yang berguna untuk menentukan posisi benda pada koordinat bumi. Posisi tersebut akan disajikan dalam data berupa posisi objek pada garis khayal lintang dan bujur. Posisi objek pada garis lintang dan bujur disebut koodinat geodetik. Koordinat ini banyak digunakan dalam aplikasi navigasi untuk kendaraan otomatis.

GPS bekerja menggunakan sinyal satelit. Terdapat 24 buah satelit utama yang bertugas dalam menjalankan sistem GPS[2]. Satelit akan mendeteksi posisi dari objek di bumi. Semakin banyak satelit yang tehubung maka semakin baik hasil koordinat geodetik yang dihasilkan.

C. Telemetry Data

Telemetri berasal dari kata “Tele” yang berarti jauh dan “Metron” yang berarti mengukur[3]. Telemetri berarti melakukan proses pengukuran dan hasil pengukuran dikirim ketempat yang jauh dari lokasi pengukuran. Telemetri bertujuan untuk mengumpulkan data hasil pengukuran menggunakan komunikasi jarak jauh.

Telemetri data berarti menggunakan prinsip komunikasi jarak jauh untuk mendukung proses pengukuran dan akuisisi data. Data telemetri dapat digunakan dalam berbagai aplikasi misalnya dibidang aviasi, pemetaan, militer atau pertahanan dan lain-lain.

D. UAV

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah kendaraan terbang tanpa awak baik yang dapat terbang otomatis maupun dikendalikan manual melalui remot[4]. Kendaraan terbang tanpa awak sudah ditemukan bersamaan dengan perkembangan dunia penerbangan. UAV memiliki bentuk yang bermacam-macam sesuai jenis dan kegunaannya.

UAV digunakan untuk keperluan terbang yang memiliki resiko jika terbang dengan awak. UAV juga berguna untuk melakukan tugas terbang yang tidak membawa beban banyak misalnya surveyor yang akan membebaskan kamera pada UAV sehingga akan menghemat biaya apabila menggunakan pesawat ber-awak.

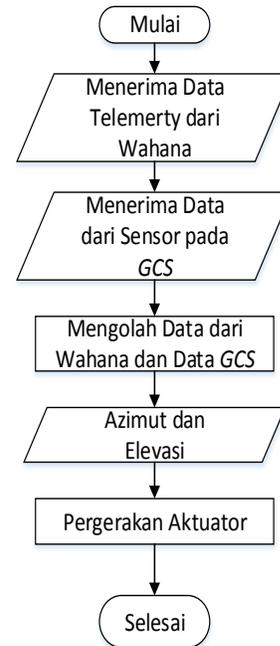
III. DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Dalam pembuatan antenna *tracker* otomatis An-Trac dilakukan perancangan sebagai berikut :

A. Desain Algoritma

Dalam proses *tracking* antenna dirancang menggunakan

prinsip GPS sebagai navigasi dari wahana UAV yang akan di ikuti. Koordinat GPS ini digunakan sebagai data awal perhitungan sudut azimuth dan elevasi yang berfungsi sebagai set point perputaran aktuator. Wahana akan mengirimkan data koordinat geodetik berupa (latitude, longitude dan altitude)



Gambar III. 1. Diagram Alir Sistem Kendali Penggerak

B. Formula Haversine

Formula haversine digunakan dalam menentukan jarak antara dua buah titik koordinat geodetik dan menghitung panjang garis proyeksi koordinat UAV terhadap sumbu utara[5]. Melalui dua garis ini kita dapat menentukan besar sudut azimuth. Selanjutnya dengan menggunakan data altitude relatif wahana terhadap GCS (*Ground Control Station*) dengan data panjang jarak horizontal antenna dengan wahana didapat nilai elevasi.

Berikut ini merupakan formula haversine yang digunakan :

$$\text{haversine } \Theta = \sin^2 \left(\frac{\Theta}{2} \right)$$

$$\frac{D}{R} = \text{haversine}(\Delta\phi) + \cos\phi_1 \cos \phi_2 \text{ haversine}(\Delta\lambda)$$

$$D = (\text{haversine}(\Delta\phi) + \cos\phi_1 \cos \phi_2 \text{ haversine}(\Delta\lambda)) R$$

$$D = R \text{hav}^{-1}(h)$$

$$D = 2R \sin^{-1}(\sqrt{h})$$

$$D = 2R \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos\phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

ϕ_1 = Latitude 1

ϕ_2 = Latitude 2

λ_1 = Longitude 1

λ_2 = Longitude 2

$\Delta\phi = (\phi_2 - \phi_1)$

$\Delta\lambda = (\lambda_2 - \lambda_1)$

C. Implementasi dan Pemilihan komponen

Dalam membangun sistem kendali penggerak digunakan komponen-komponen sebagai berikut.

Microcontroller

Perangkat pengendali yang digunakan adalah arduino Mega. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan kemampuan arduino Mega dalam mengerjakan lebih dari 2 komunikasi serial.

Sensor Kompas

Sensor kompas yang digunakan adalah QMC58831. Pemilihan ini dilakukan sesuai dengan ketersediaan dari modul sensor QMC58831 di pasaran dan penggunaan yang relatif mudah.

Modul GPS

Modul GPS yang digunakan adalah radiolink GPS SE100. Modul ini berisi modul gps U-blox M-8N. Pemilihan modul ini dilakukan untuk menyamakan modul GPS yang biasa digunakan pada UAV.

Aktuator

Aktuator yang digunakan adalah motor servo 360 pada aktuator poros vertikal dan servo 180 pada aktuator poros horizontal. Pemilihan motor servo dilakukan karena proses kendali yang relatif mudah dan harga yang relatif murah jika dibandingkan dengan motor stepper.

Perangkat perangkat diatas dipasang pada An-Trac sebagai sebuah sistem penggerak yang bertanggung jawab menjamin pergerakan An-Trac dalam mengikuti pergerakan wahana UAV.

Berikut ini diagram blok dari sistem kendali yang dibangun:

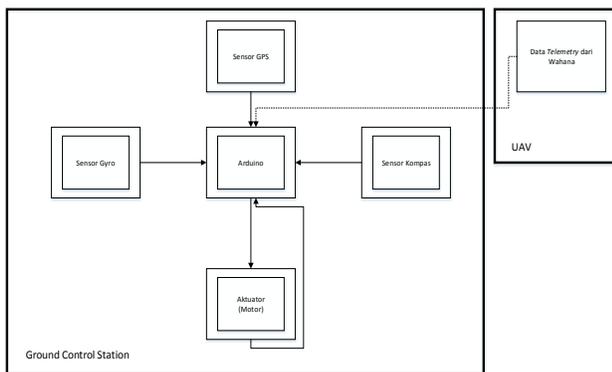


Diagram Blok Perangkat Kendali

Gambar III. 2. Diagram Blok Perangkat Kendali Penggerak

Pada diagram blok diatas terdapat sensor gyro yang digunakan sebagai pembaca nilai perputaran sudut aktuator poros horizontal, namun tidak digunakan dalam proses kendali pergerakan aktuator tersebut.

IV. PENGUJIAN DAN HASIL

Pada bagian dilakukan pengujian terhadap hasil implementasi yang diperoleh. Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian tingkat unit, pengujian tingkat integrasi dan pengujian terhadap sistem kendali penggerak pada An-Trac.

A. Pengujian Tingkat Unit

Pada pengujian tingkat unit dilakukan pengujian terhadap modul sensor yang digunakan, pengujian terhadap metode atau formula yang digunakan serta pengujian unit pada aktuator tiap sumbu pergerakan.

Sensor Kompas

Tabel IV. 1. Verifikasi Data Pembacaan Sensor Kompas

Perulangan	Rata-rata	Delta to Mean	DTMS
Inisiasi	9.223411602	0.536152398	0.287459
I	9.481906443	0.277657557	0.077094
II	9.874734607	0.115170607	0.013264
III	9.528181818	0.231382182	0.053538
IV	9.541551247	0.218012753	0.04753
V	9.975339088	0.215775088	0.046559
VI	9.982167353	0.222603353	0.049552
VII	9.909385113	0.149821113	0.022446
VIII	9.940989848	0.181425848	0.032915
IX	9.941629956	0.182065956	0.033148
X	9.955901427	0.196337427	0.038548
Mean	9.7595635		
Error	-0.02404365		
Akurasi	0.97595635		
s	0.264962997		

Data diatas merupakan hasil pengujian sensor kompas. Pertama-tama dilakukan inisiasi dan memilih arah heading 10 derajat. Kemudian dilakukan perulangan menuju arah yang sama dengan memutar kompas sebesar 360 searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Pada tiap perulangan didapat data sampling yang cukup banyak sehingga dilakukan pemusatan data dengan mengambil rata-rata tiap perulangan. Kemudian untuk menghitung akurasi digunakan data rata-rata dari seluruh pengukuran dan dibandingkan dengan pembacaan kompas yang telah terverifikasi (10 derajat). Didapat akurasi sebesar 97,59 %. Sedangkan untuk menghitung presisi digunakan formula standar deviasi error dan didapat nilai sebesar (±0.264 derajat).

Modul GPS

Tabel IV. 2. Verifikasi Data Pembacaan Modul GPS

	Latitude	Longitude
Koordinat Geodetik Acuan (DMd)	5°21'24.46979"S	105°18'55.31635"E
Koordinat Geodetik Pembacaan (D)	-5.3567711	105.3154254

Koordinat Geodetik Pembacaan (DMd)	5°21'24.37596"S	105°18'55.53144"E
Error pada garis detik	0.09383	0.21509

Data diatas merupakan data pengujian pembacaan modul GPS. Pengambilan data dilakukan pada titik yang sudah terverifikasi yakni, pada titik ITR2-Institut Teknologi Sumatera (5°21'24.46979"S, 105°18'55.31635"E). Pengambilan data dilakukan selama 5 menit. Kemudian dilakukan pemilihan data pada saat kondisi satelit yang terhubung sebanyak 12 buah dan didapat data rata-rata pembacaan modul gps pada(-5.3567711, 105.3154254).

Kemudian dilakukan konversi koordinat pembacaan kedalam bentuk (DMd) dan dilakukan perbandingan dengan data yang telah terverifikasi dan didapat error pembacaan sebesar 0.09383 pada latitude (sekitar 2.9 meter) dan pada longitude sebesar 0.21509 (sekitar 6.7meter).

Formula Haversine

Verifikasi dilakukan pada jarak antara titik koordinat (ITR0 dan ITR2)-Institut Teknologi Sumatera.

ITR-0(-5.36082433056, 105.31480775)
 ITR-2(-5.35679716389, 105.315365653)
 Operasi matematika dilakukan dalam radian

$\phi_1 = -0.093564035$
 $\phi_2 = -0.093493748$
 $\lambda_1 = 1.838090146$
 $\lambda_2 = 1.838099884$
 $\Delta\phi = 7.02873E-05$
 $\Delta\lambda = 9.73724E-06$

$$\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) = 1.23508E-09$$

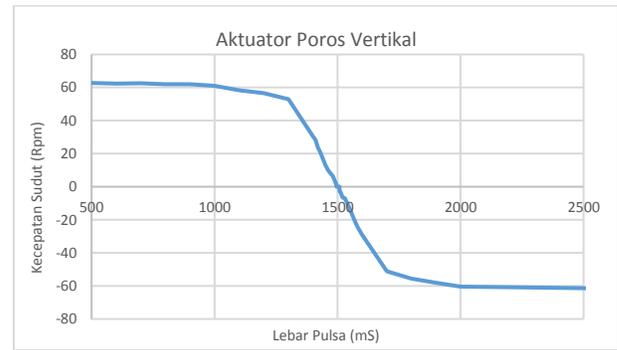
$$\cos\phi_1 \cos\phi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) = 2.34967E-11$$

Jarak = 452.544378 m

Pada pengujian dilakukan verifikasi pada jarak melalui pembacaan pada software Google earth dengan data jarak sebesar 449.66 meter dan kemudian dilakukan perbandingan kedua dengan jarak yang sudah terverifikasi yakni sebesar 449.4395 meter.

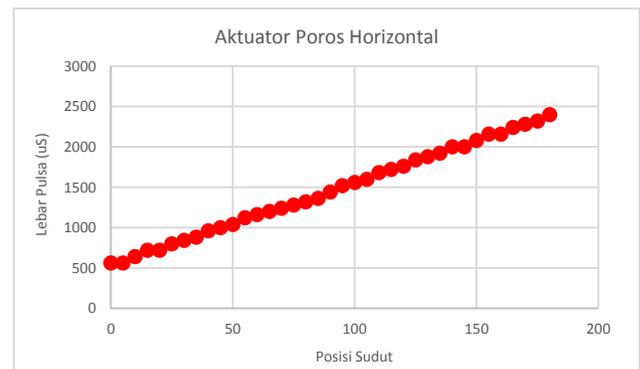
Error perbandingan pertama = 452.5444-449.4395
 = 3.105 meter
 Error perbandingan kedua = 452.5444-449.66
 = 2.884 meter

Aktuator



Gambar IV. 1. Kurva Karakteristik Servo 360 (Lebar pulsa-Kecepatan Sudut)

Gambar diatas merupakan hasil pengujian aktuator poros vertikal (pan). Pengujian dilakukan untuk melihat karakteristik aktuator. Dengan melihat respon pergerakan aktuator (kecepatan sudut dalam rpm) terhadap besar nilai inputan yang diberikan (lebar pulsa PWM). Pengujian dilakukan dengan nilai lebar pulsa pada generator sinyal dari 62.5mS-19900mS. Seperti terlihat pada grafik respon aktuator relatif linier pada rentang lebar pulsa (1000mS-2000mS) dan titik pengereman pada saat lebar pulsa 1500. Maka dapat untuk mengendalikan pergerakan (posisi sudut) dapat dilakukan dengan memetakan nilai error pergerakan dengan lebar pulsa yang diberikan.



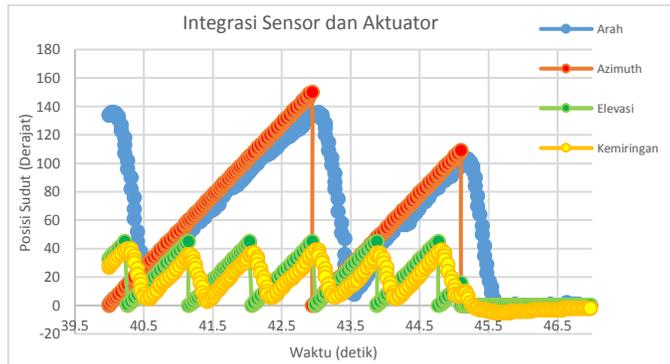
Gambar IV. 2. Kurva Karakteristik Servo 180 (Lebar pulsa-Posisi Sudut)

Data diatas merupakan hasil pengujian aktuator poros vertikal (tilt). Aktuator poros vertikal merupakan sebuah motor servo DC 180 derajat. Pengujian dilakukan untuk melihat karakteristik nilai lebar pulsa inputan terhadap posisi sudut pergerakan motor. Berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa respon putaran posisi sudut linier terhadap lebar pulsa inputan. Kemudian dilakukan kalibrasi posisi sudut 0 derajat antenna terhadap posisi sudut aktuator dan didapatkan nilai posisi sudut motor pada saat antenna berada pada 0 derajat sebesar 70 derajat. Kemudian untuk pergerakan aktuator dengan gear ratio 1:2 digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Elevasi putar motor} = \text{Posisi Sudut awal} + (2 \times \text{Elevasi Antena})$$

B. Pengujian Tingkat Integrasi

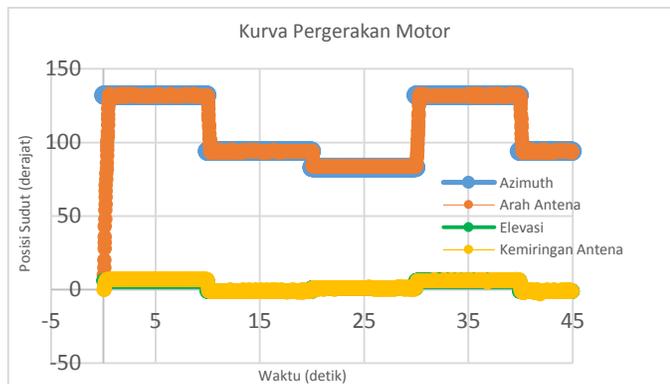
Pada pengujian tingkat integrasi dilakukan pengujian integrasi antara modul sensor dengan aktuator dan pengujian integrasi komunikasi dengan kendali.



Gambar IV. 3. Grafik Integrasi Sensor dengan Aktuator

Grafik diatas merupakan hasil pengujian integrasi aktuator dengan modul sensor sebagai umpan balik. Pada gerakan sumbu vertikal (*pan*) digunakan nilai azimuth yang akan bergerak dari 0-150 derajat dan gerakan pada sumbu horizontal (*tilt*) digunakan pengaturan yang sama dengan nilai sudut elevasi dari 0-45 derajat. Kemudian perputaran akan berulang kembali hingga 30 detik dan pada akhirnya masing-masing aktuator akan berhenti pada posisi 0 derajat. Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa pergerakan aktuator memiliki respon yang cukup baik terlihat dari durasi pergerakan motor menuju posisi set point membutuhkan waktu kurang dari 1/2 detik. Kemudian hasil diatas juga menunjukkan bahwa persamaan yang digunakan untuk kendali aktuator poros horizontal dapat bekerja dengan baik.

Selanjutnya dilakukan pengujian integrasi sistem komunikasi dan sistem kendali penggerak pada antenna. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data berupa koordinat geodetik yang terverifikasi. Kemudian integrasi modul sensor, formula haversine dan aktuator bekerja dalam proses kendali yang dilakukan. Maka didapat kurva pergerakan motor sebagai berikut.



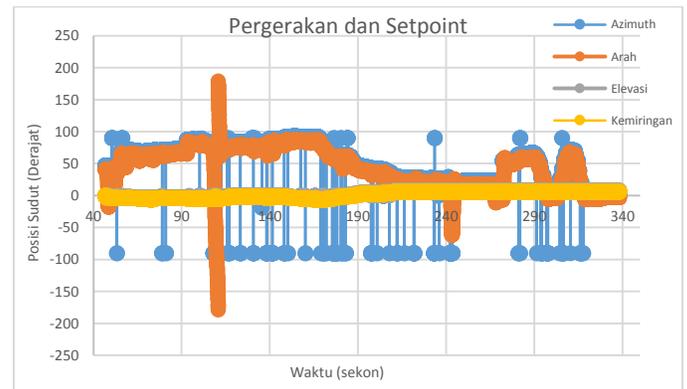
Gambar IV. 4 Pengujian Integrasi Komunikasi dengan Sistem Kendali Penggerak

Dari grafik diatas terlihat bahwa terdapat 3 titik koordinat GPS yang dikirim tiap 10 detik dan terlihat bahwa hasil integrasi dapat bekerja dengan baik.

C. Pengujian Sistem Kendali Penggerak

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem kendali penggerak yang sudah terpasang pada An-Trac dan memastikan apakah sistem kendali penggerak dapat memenuhi kebutuhan An-Trac untuk beroperasi secara optimal.

Pengujian dilakukan di Institut Teknologi Sumatera (di samping Laboratorium Teknik 1) dengan menggunakan drone quadcopter yang membawa transmiter dari An-Trac. Seiring drone tersebut terbang, drone tersebut juga mengirimkan data berupa koordinat geodetik secara *realtime* yang diolah sebagai acuan pergerakan motor. Kemudian data koordinat, sudut azimuth dan elevasi serta pergerakan antenna akan diterima dari serial monitor pada PC. Setelah itu dilakukan verifikasi terhadap pergerakan aktuator terhadap sudut setpoint (azimuth dan elevasi).



Gambar IV. 5. Pengujian Tracking

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa pergerakan aktuator mampu mengikuti nilai setpoint yang merupakan nilai azimuth dan elevasi dengan waktu yang relatif cepat (*realtime*). Selanjutnya terlihat juga bahwa pergerakan aktuator terhadap nilai setpoint memiliki error. Pada pergerakan sumbu vertikal (*Pan*) memiliki error sekitar 6-7 derajat dan pada pergerakan sumbu horizontal (*tilt*) memiliki error sekitar 2 derajat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian didapatkan kesimpulan bahwa desain sistem kendali penggerak yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan pergerakan An-Trac untuk beroperasi secara optimal. Dengan nilai error (*pan*) sekitar 7 derajat maka antenna yang digunakan memiliki lebar beamwidth minimal 14 derajat.

REFERENCES

- [1] S. Suroso and P. Rusimanto, "Pengendalian Posisi Azimut Antena Tracker Berbasis Global Positioning System (Gps) Dengan Kendali Pd Fuzzy," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 03, 2018.
- [2] J. B.-Y. Tsui, *Earth-Centered, Earth-Fixed Coordinate System*. 2005.
- [3] R. C. COUNCIL, "TELEMETRY SYSTEMS RADIO FREQUENCY (RF) HANDBOOK," in *ARNOLD ENGINEERING DEVELOPMENT CENTER*, 2001.
- [4] R. K. Barnhart, S. B. Hottman, D. M. Marshall, and E. Shappee, *UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS Edited by .*
- [5] Yulianto, Ramadiani, and A. H. Kridalaksana, "Penerapan Haversine Formula Pada SIG Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal.," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2018.