

NASKAH PUBLIKASI

**KONTROLER ANTENA *TRACKER* 2 AXIS DENGAN METODE SISTEM
KENDALI *CLOSE LOOP***

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh:

ANINDYA NOVA ANJASMARA

20170120113

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2019**

KONTROLER ANTENA *TRACKER 2 AXIS* DENGAN METODE SISTEM KENDALI *CLOSE LOOP*

Anindya Nova Anjasmara

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan taman Tirto, Bantul, Yogyakarta
E-mail : anindyanova2@gmail.com*

Latar belakang penelitian ini adalah untuk mempertahankan komunikasi antara antenna penjejak dengan muatan yang diterbangkan sehingga *transmisi* data dapat berjalan dengan baik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan cara membandingkan nilai masukan yang berasal dari PC dan nilai masukan yang berasal dari sensor untuk diketahui nilai *error*, untuk melihat seberapa besar penyimpangan antenna pendeteksi terhadap muatan. *Error* tersebut yang akan digunakan kontroler sebagai nilai masukan untuk menggerakkan motor. Penggerak antenna pendeteksi berupa *driver*, dimana *driver* bekerja sesuai dengan instruksi yang diterima dari mikrokontroler. Mikrokontroler tersebut menentukan kapan motor harus bergerak ke kanan atau ke kiri dan bergerak naik atau turun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor dapat bergerak secara vertikal dan horizontal berdasarkan masukan yang diterima. Motor azimuth memerlukan waktu 1 menit 6 detik untuk bergerak CCW dan 1 menit 5 detik untuk bergerak CW pada saat berotasi 360°. Motor elevasi memerlukan waktu 50 detik dan 53 detik untuk bergerak naik dan turun pada saat berotasi 360°. Nilai *error* rata-rata pada pergerakan motor azimuth adalah 0% dan nilai *error* rata-rata pada pergerakan motor elevasi adalah 1%.

Kata kunci : Nilai Azimuth, Nilai Elevasi, *Error*, Kontroler, dan Antena Tracker

ABSTRACT

The background of this research is to maintain communication between tracking antennas with payload that are flown so that data transmission can run well. The method used in this study is by comparing the input value from the PC and the input value from the sensor to find out the error value, to see how much the deviation of antenna detector from the payload. This error will be used by the controller as the input value to drive the motor. The detector antenna movement is a driver, where the driver works according to the instructions received from the microcontroller. The microcontroller determines when the motor must rotate to right or left and to rotate up or down. The results show that the motor can rotate vertically and horizontally based on the input received. The azimuth motor takes 1 minute and 6 seconds to rotate at CCW direction and 1 minute and 5 seconds to rotate at CW direction when rotating 360°. Motor elevation takes 50 seconds and 53 seconds to rotates up and down when rotating 360°. The average of error value in azimuth motor movement is 0% and the average of error value in motor elevation movement is 1%.

Keywords: Azimuth Value, Elevation Value, Error, Controller, and Antenna Tracker

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan informasi meningkat seiring dengan kemajuan teknologi. Terutama informasi mengenai pengukuran parameter atmosfer merupakan salah satu hal penting yang biasa digunakan dalam bidang kedirgantaraan. Pengukuran tersebut dilakukan dengan muatan balon udara yang biasa disebut muatan *Radiosonde*. Permasalahan muncul ketika balon udara atau *transmitter* memiliki posisi yang berubah-ubah terhadap antena penerima. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh kondisi geografis seperti angin serta spesifikasi komponen yang digunakan. Salah satu cara agar sinyal yang diterima maksimal adalah dengan cara mengarahkan antena penerima tepat pada antena pemancar. Oleh karena itu diperlukan sistem peralatan yang memungkinkan antena penerima dapat menerima seluruh data yang dikirimkan melalui antena pemancar dengan penggunaan sistem antena penjejak otomatis atau biasa disebut antena *autotracker*. Pengendalian sistem antena penjejak pada dasarnya terdiri atas kontroler yang menggerakkan motor pada antena dari suatu masukan. Penelitian sistem antena penjejak ini dilakukan untuk mempertahankan hubungan komunikasi antara *ground station* dengan muatan yang di terbangkan.

2. DASAR TEORI

1.1 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain.

Terdapat 2 katagori pada sistem kendali yaitu sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup.

- **Sistem Kontrol *Loop* Terbuka**

Sistem kontrol *loop* terbuka yaitu suatu sistem yang *output* nya tidak diperhitungkan ulang oleh pengendalinya.

- **Sistem Kontrol *Loop* Tertutup**

Sistem kontrol *loop* tertutup merupakan sebuah sistem yang nilai keluarannya memiliki pengaruh terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Pada rangkaian *loop* tertutup terdapat sinyal *error* yang merupakan selisih antara sinyal masukan dengan sinyal umpan balik.

2.2 Sistem Penjejak

Sistem penjejak diperlukan pada situasi dimana sebuah jaringan komunikasi mengharuskan level sinyal yang diterima dan yang dikirimkan berada didalam batas tertentu. Secara umum, sistem penjejak terbagi menjadi 3, yaitu penjejak manual, penjejak program dan penjejak otomatis.

2.3. Antena

Antena merupakan suatu perangkat yang dapat memancarkan dan menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dengan menggunakan energi listrik.

2.4 Pointing Antena

Pointing merupakan sebuah tindakan mengarahkan antena pada bagian penerima ke antena pengirim. Pengarahan antena dapat dicapai dengan nilai masukan dari PC dengan menggunakan metode azimuth, *heversine formula*, dan aturan sinus

trigonometri dan nilai masukan dari sensor.

- **Azimuth**

Azimuth adalah sudut antara sasaran terhadap kutub magnetik bumi atau sudut kompas. Prinsip pengukuran untuk mendapatkan sudut azimuth dari 2 buah titik koordinat.

- **Haversine Formula**

Haversine formula adalah persamaan yang penting dalam sistem navigasi. Persamaan ini digunakan untuk memperoleh jarak lingkaran (*great circle distance*) antara dua titik dalam lingkup garis lintang dan garis bujur.

- **Aturan Sinus Trigonometri**

Pada pengukuran sudut elevasi digunakan aturan sinus trigonometri untuk mengolah data yang didapat dari pengolahan sebelumnya untuk didapat sudut elevasi terhadap antena.

2.5 Alat Pengendali Antena

Pada perancangan sistem sistem penjejak otomatis, digunakan beberapa perangkat keras yang memiliki fungsi dan kerja masing-masing. Berikut ini adalah gambaran umum tentang perangkat-perangkat keras yang digunakan.

- **Arduino Mega2560**



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560

Gambar 2.1 merupakan Arduino Mega2560. Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis

Atmega2560 (*datasheet*). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (*Hardware Serial Port*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol reset.

- **Global Positioning System (GPS)**



Gambar 2.2 Modul GPS

GPS adalah *global positioning system* (sistem posisi global) menggunakan teknologi satelit. Prinsip kerja GPS yaitu mengukur jarak antara *receiver* (penerima) dan beberapa satelit pendukung. Posisi dari beberapa satelit tersebut diperkirakan dan dikirim oleh sinyal GPS kepada pengguna.

- **Rotari Enkoder**



Gambar 2.3 Autonics Rotary Encoder

Rotari enkoder adalah *device* elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang

dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah.

- **Sensor Kompas HMC5883L**

HMC5883L adalah sebuah sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin, atau bisa juga disebut sebagai kompas digital.



Gambar 2.4 Sensor Kompas HMC5883L

- **Motor Induksi AC**

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet.



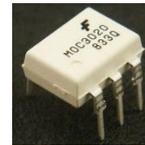
Gambar 2.5 Motor Induksi

Motor induksi terdiri atas kumparan-kumparan stator dan rotor yang berfungsi membangkitkan gaya gerak listrik akibat dari adanya arus listrik bolak-balik satu fasa yang melewati kumparan-kumparan tersebut sehingga terjadi suatu interaksi induksi medan magnet antara stator dan rotor. Motor induksi satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama dan belitan fasa bantu. Belitan rotor yang dipotong oleh medan putar stator,

menghasilkan tegangan induksi, interaksi antara medan putar stator dan medan putar rotor menghasilkan torsi putar pada rotor.

- **Optocoupler**

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* bagian cahaya dengan deteksi sumber cahaya terpisah.



Gambar 2.6 *Optocoupler*

Optocoupler terdiri dari 2 bagian :

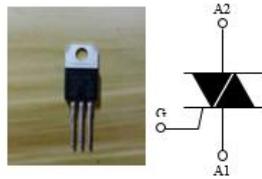
1. Bagian *transmitter* adalah bagian yang terdapat sebuah LED inframerah.
2. Bagian *receiver* adalah bagian dasar komponen *photodiode*.

Prinsip kerja *optocoupler* :

1. Jika antara *photodiode* dan LED terhalang maka *photodiode* tersebut akan OFF sehingga *output* dari kolektor akan berlogika HIGH
2. Sebaliknya jika antara *photodiode* dan LED tidak terhalang maka *photodiode* tersebut akan ON sehingga *output* akan berlogika LOW.

- **Triac**

Triac merupakan salah satu dari keluarga *thyristor*, yang terdiri dari terminal A1, terminal A2 dan *Gate* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Triac

Cara kerja *triac* hampir sama seperti *relay*, arus *gate* hanya diperlukan untuk menghubungkan A1 Dan A2, setelah itu A1 akan tetap terhubung ke A2 meskipun sudah tidak ada arus *gate* lagi. Pemberian arus *gate* sesaat untuk menghubungkan A1 dan A2 yang dikatakan sebagai pemicu atau *trigger triac*. A1 terhubung ke A2 selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus minimum atau *holding current* sesuai dengan karakteristik masing-masing *triac*.

2.6 Komunikasi Serial

Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan). Pada prinsipnya komunikasi serial merupakan komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel atau dengan kata lain komunikasi serial merupakan salah satu metode komunikasi data dengan hanya satu bit data yang dikirimkan melalui seuntai kabel pada suatu waktu tertentu.

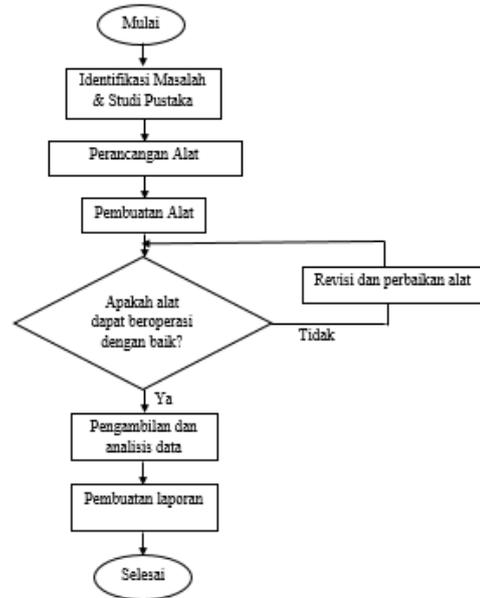
- **Komunikasi Serial RS-485**

RS485 adalah komunikasi data dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km. Sistem komunikasi dengan menggunakan RS485 ini dapat digunakan untuk komunikasi data antara

32 unit peralatan elektronik hanya dalam dua kabel saja. Selain itu, jarak komunikasi dapat mencapai 1,6 km dengan digunakannya kabel AWG-24 *twisted pair*.

3. RANCANG BANGUN

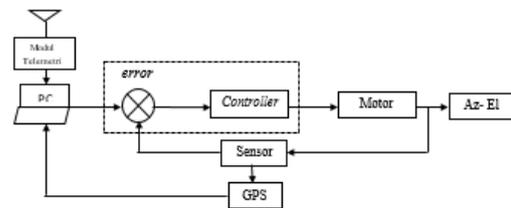
3.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

Gambar 3.1 merupakan *flowchart* yang menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian.

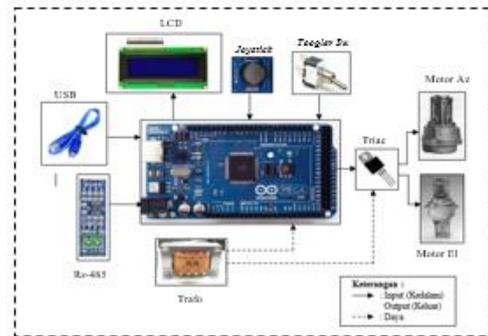
3.2 Deskripsi Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Gambar 3.2 menjelaskan mengenai sistem kerja antenna penjejak secara keseluruhan, sedangkan pada. Sistem berawal dari data telah dikirimkan dari muatan menggunakan radio telemetry dan diterima oleh *ground station*, selanjutnya diproses oleh GUI (*Graphic User Interface*). Data yang diterima dari muatan pada mulanya masih berbentuk data *longitude*, *latitude*, dan *altitude*. Kemudian dilakukan pemrosesan data pada PC berupa perhitungan sudut azimuth dengan metode azimuth untuk mendapatkan *set point* gerakan horizontal dan perhitungan sudut elevasi dengan metode *haversine* dan aturan sinus trigonometri untuk mendapatkan *set point* gerakan vertikal. Data keluaran yang berupa nilai azimuth dan elevasi tersebut akan masuk ke mikrokontroler untuk menggerakkan motor. Dimana sebelumnya, mikrokontroler akan melakukan *parsing* data dari sistem sistem tersebut. Pada proses ini terdapat elemen umpan balik, dimana nilai umpan balik tersebut adalah nilai yang berasal dari sensor. Nilai *setpoint* yang diperoleh dari PC akan dibandingkan dengan nilai yang berasal dari sensor pada antenna pendeteksi untuk melihat *error*. Apabila nilai yang dihasilkan pada sistem terdapat komparator, maka hasil penyimpangan tersebut kemudian diproses dan selanjutnya digunakan untuk menggerakkan motor sampai didapat keluaran sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga antenna pendeteksi akan bergerak ke arah posisi aktual muatan. Kondisi ini dilakukan berulang-ulang selama sistem menerima data.

3.3 Rancangan Perangkat Keras



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Kontroler

Gambar 3.3 merupakan salah satu bagian dari sistem antenna penjejak yaitu kontroler. Pada sistem kontroler beberapa komponen disusun untuk menghasilkan sebuah kendali gerak pada antenna pendeteksi.

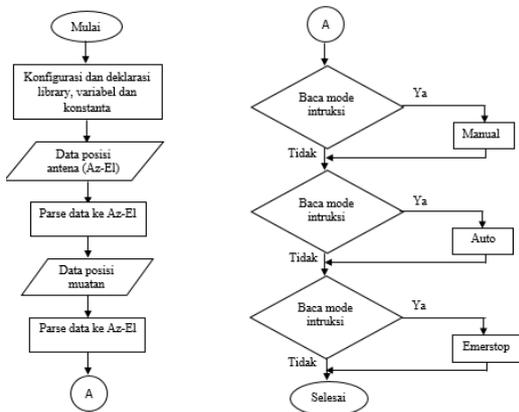
- **LCD**
Digunakan untuk menampilkan data-data azimuth dan elevasi secara real time.
- **Joystick**
Digunakan sebagai pengendali motor secara manual.
- **Toggle Switch**
Untuk mengatur kondisi sistem *tracking*.
- **USB**
Menghubungkan PC dengan kontroler.
- **RS-485**
Komunikasi antara sistem kontroler dengan sistem elemen umpan balik.
- **Trafo**
Sebagai penyuplai daya untuk mikrokontroler, *driver* dan motor.
- **Triac**
Digunakan sebagai *driver* untuk penggerak motor.

- Mikrokontroler
Digunakan sebagai unit pemroses.

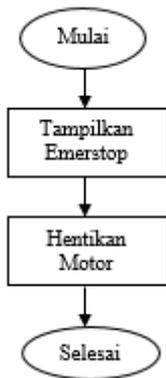
3.4. Rancangan Perangkat Lunak

• Diagram Alir Perangkat Lunak

Pembuatan alat sistem kontroler antenna penjejak membutuhkan sistem perangkat lunak. Program dibuat agar sistem dapat mengendalikan arah pergerakan motor. Adapun diagram alir program yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



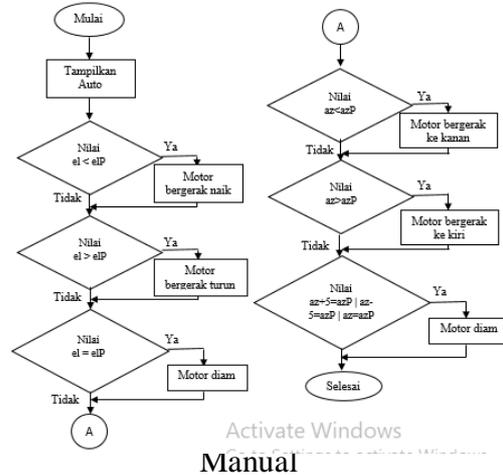
Gambar 3.4 Flowchart Program



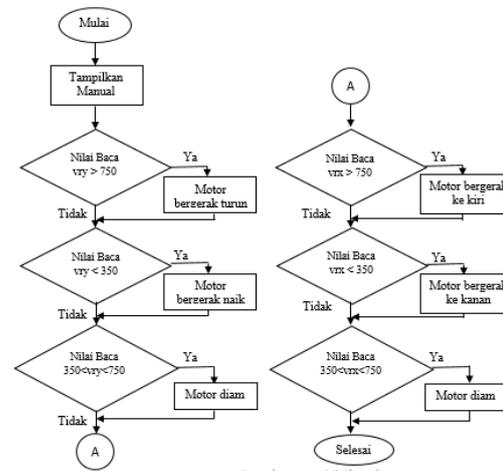
Gambar 3.5 Flowchart Program Emerstop

Pada Gambar 3.5 merupakan *flowchart* program emerstop, dimana semua pergerakan motor baik horizontal

maupun vertikal akan terhenti baik saat keadaan motor sedang berotasi.



Pada Gambar 3.6 merupakan *flowchart* program manual, dimana antenna digerakan secara manual dengan menggunakan *joystick*.



Gambar 3.7 Flowchart Program Otomatis

Pada Gambar 3.7 merupakan *flowchart* program secara otomatis, dimana antenna berdasarkan hasil komparator nilai azimuth dan elevasi yang berasal dari PC dan sensor.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Motor AC Antena

- **Pengujian Rotator (Azimut)**

Pada pengujian ini dilakukan percobaan arah putaran motor (azimut). Pada pengujian ini pin yang mengatur putaran motor yaitu pin 2 dan pin 3 dengan diberikan input HIGH dan LOW. Berikut adalah tabel percobaan motor (azimut).

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Motor Az

Port		Arah Putaran	Waktu (s)	Sudut Putaran
Pin 2 = HIGH	Pin 3 = LOW	CCW	1 Menit 6 Detik	360°
Pin 2 = LOW	Pin 3 = HIGH	CW	1 Menit 5 Detik	360°
Pin 2 = LOW	Pin 3 = LOW	OFF	-	-

- **Pengujian Aktuator (Elevasi)**

Pada pengujian ini dilakukan percobaan arah putaran motor (elevasi). Pada pengujian ini pin yang mengatur putaran motor yaitu pin 4 dan pin 5 dengan diberikan input HIGH dan LOW. Berikut adalah tabel percobaan motor (elevasi).

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Motor El

Port		Arah Putaran	Waktu (s)	Sudut Putaran
Pin 4 = HIGH	Pin 5 = LOW	(Naik) ↑	50 Detik	360°
Pin 4 = LOW	Pin 5 = HIGH	(Turun) ↓	53 Detik	360°
Pin 4 = LOW	Pin 5 = LOW	OFF	-	-

4.2. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem disini adalah pengujian yang dilakukan terhadap penggerak antena. Pengujian ini dilakukan dengan 2 tahap pengujian yaitu pengujian motor pada posisi horizontal dan pengujian motor pada posisi vertikal.

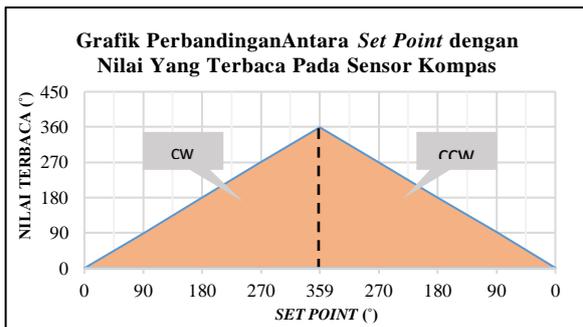
- **Pengujian Rotator/Motor (Azimut) dengan Sensor Kompas**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor terhadap program, selain itu untuk mengetahui perbandingan nilai sudut dengan pembacaan sensor kompas yang terdapat pada antena penjejak. Berikut adalah tabel pengujian rotator dengan sensor kompas. Pada rotator, sudut yang dapat dibentuk dari 0° hingga 360°.

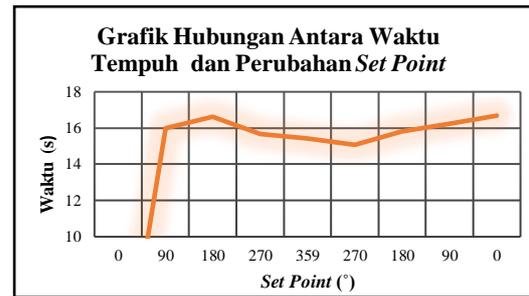
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Rotator dengan Sensor Kompas

No	Set Point (°)	Nilai Sudut (°)	Selisih (°)	Waktu (s)	Error	Kecepatan Sudut (rad/s)
1	90	89	1	16,00	1%	5,54
2	180	180	0	16,61	0%	5,50
3	270	271	1	15,68	0%	5,78
4	359	359	0	15,43	0%	5,75
5	270	270	0	15,09	0%	5,92
6	180	180	0	15,83	0%	5,67
7	90	92	2	16,22	2%	5,47
8	0	1	1	16,68	1%	5,41
Rata-rata Nilai				15,94	0%	5,63

Dari data diatas dapat juga disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan antara *set point* dengan nilai sudut yang terbaca dari sensor ditunjukkan pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Antara *Set Point* dengan Nilai yang Baca Sensor Kompas Pada Rotator



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Waktu Tempuh dan Perubahan *Set Point* Pada Rotator

Dapat dilihat dari Gambar 4.1, grafik berupa segitiga yang berarti nilai yang terbaca oleh sensor pada saat pencapaian pergerakan motor dengan sudut putar dari 0° - 360° dan 360° - 0° menghasilkan nilai *output* yang sama dengan *set point*. Selain itu dari data diatas nilai pencapaian pergerakan motor per 90° dilihat dari Gambar 4.2 grafik menghasilkan waktu yang konstan, rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap penambahan sudut 90° adalah 15,94 detik. Kecepatan angular setiap sudut juga dapat diketahui dengan menggunakan rumus $\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$. Karena setiap pertambahan sudut *set point* selalu konstan dengan nilai pertambahan sudut 90° maka nilai kecepatan angular yang dihasilkan juga konstan dengan rata-rata nilai yaitu 5,63 rad/s. Selain itu dapat dilihat persentase nilai *error* rata-rata pada rotator ini adalah 0%. Dapat dikatakan motor masih dalam keadaan baik.

• Pengujian Aktuator/Motor (Elevasi) dengan Sensor Sudut

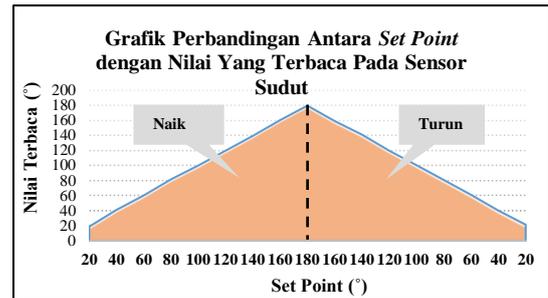
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor terhadap program, selain itu untuk mengetahui

perbandingan nilai sudut dengan pembacaan sensor sudut yang telah terpasang pada antenna penjejak. Pada aktuator, sudut yang dapat dibentuk dari 0° hingga 180°

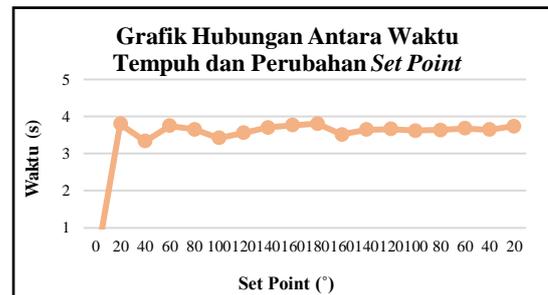
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Aktuator dengan Sensor Sudut

No	Set Point (°)	Sudut Terbaca (°)	Selisih (°)	Waktu (s)	Error	Kecepatan Sudut (rad/s)
1	20	19	1	3,80	5%	5,00
2	40	41	1	3,34	2%	6,67
3	60	60	0	3,75	0%	5,43
4	80	81	1	3,66	1%	6,06
5	100	100	0	3,43	0%	5,38
6	120	120	0	3,56	0%	5,29
7	140	139	1	3,71	0%	5,05
8	160	160	0	3,76	0%	5,24
9	180	180	0	3,81	0%	4,72
10	160	159	1	3,51	1%	5,90
11	140	141	1	3,64	1%	4,71
12	120	120	0	3,67	0%	5,77
13	100	100	0	3,62	0%	5,12
14	80	81	1	3,64	1%	5,02
15	60	61	1	3,68	2%	4,71
16	40	40	0	3,64	0%	5,88
17	20	21	1	3,74	5%	4,59
Rata-rata Nilai				3,64	1%	5,33

Dari data diatas dapat juga disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan antara *set point* dengan nilai sudut yang terbaca dari sensor ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Antara *Set Point* dengan Nilai Baca Sensor Sudut Pada Aktuator



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Waktu Tempuh dan Perubahan *Set Point* Pada Aktuator

Dapat dilihat dari Gambar 4.3, grafik berupa segitiga yang berarti nilai yang terbaca oleh sensor pada saat pencapaian pergerakan motor dengan sudut putar dari 0°-180° dan 180°-0° menghasilkan nilai output yang sama dengan *set point*. Selain itu dapat dilihat dari Gambar 4.4 nilai pencapaian pergerakan motor per 20° dilihat dari grafik memiliki waktu yang konstan, rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap penambahan sudut 20° adalah 3,64 detik. Kecepatan angular setiap sudut juga dapat diketahui dengan menggunakan rumus $\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$. Karena setiap penambahan sudut *set point* selalu konstan yaitu dengan penambahan sudut per 20° maka nilai kecepatan angular yang dihasilkan juga konstan

dengan rata-rata nilai yaitu 5,33 rad/s. Dari tabel di atas dapat dilihat persentase nilai *error* rata-rata pada rotator ini adalah 1%. Setelah pengujian 4.4.1 dan 4.4.2 dilakukan, diperoleh tingkat akurasi motor dalam mencapai *set point* yang ditentukan. Kedua nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai koreksi pada data selanjutnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan.

1. Kontroler antenna penjejak 2 axis dengan menggunakan metode sistem kendali *close loop* dapat menggerakkan antenna secara otomatis ketika terjadi *error* antara *set point* (azP dan elP) dengan pembacaan sensor (az dan el).
2. Pada motor azimuth, motor akan bergerak ke kanan ketika nilai $az < azP$, bergerak ke kiri ketika nilai $az > azP$ dan akan diam ketika nilai $az+5=azP$, $az-5=azP$ dan $az = azP$. Sedangkan pada motor elevasi, motor akan bergerak naik ketika nilai $el < elP$, bergerak turun ketika nilai $el > elP$ dan akan diam ketika nilai $el = elP$.
3. Motor azimuth memerlukan waktu 1 menit 6 detik untuk bergerak CCW dan memerlukan 1 menit 5 detik untuk bergerak CW pada saat berotasi 360° . Motor elevasi memerlukan waktu 50 detik untuk bergerak naik dan memerlukan 53 detik untuk bergerak turun pada saat berotasi 360° .
4. Nilai *error* rata-rata pada motor azimuth adalah 0% dan nilai *error* rata-rata pada motor elevasi adalah 1%.

5.2. Saran

1. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang pengaturan kecepatan motor AC pada kontroler.
2. Penerapan algoritma sistem kendali yang lebih baik agar sistem lebih akurat.
3. Perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap sensor yang digunakan, hal ini terkait dengan tingkat akurasi dari sensor tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Introduction To Control System.
www.ent.mrt.ac.lk/~rohan/teaching/EN5001/Reading/DORFCHI
- Anonim. 2008. *Sistem Kendali Elektrik*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Widyagama Malang. Malang
- Hakim, Lukman dkk. 2017. *Implementasi Perhitungan Posisi Robot dengan FPGA Menggunakan Rotary Encoder*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kuncoro. 2017. *Pengaturan Kecepatan Motor AC 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler AtmegaA8535*. Jurusan Diploma Teknik Mesin. Fakultas Sekolah Vokasi. Universitas Gadjah Mada.
- Majid, Maulana. 2016. *Implementasi Arduino Mega 2560 Untuk Kontrol Miniatur Elevator Barang Otomatis*. Jurusan teknik elektro. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Muhammad. 2015. *Prinsip Kerja Motor Induksi 1 Fasa*. Dalam

www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-induksi-1-fasa/ diakses pada tanggal 23 Januari 2019.

Nugroho, Hermawan. C. 2015. Sistem Pengaturan Kecepatan Putar Motor AC 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Sekolah Vokasi. Universitas Gadjah Mada.

Pamuji, Purwanto. 2015. *Perancangan Prototype Antenna Tracker Berbasis Global Positioning System (GPS)*. Fakultas Teknik Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Pradana, Alvin N. E. P. 2017. *Interface Serial RS 485*. <https://id.scribd.com/document/366164250/Interface-Serial-RS485>