

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA SISTEM *AUTOMATIC TRACKING CONTROL* POLARISASI ANTENA PENERIMA FREKUENSI 433 MHz BERBASIS GPS

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF SYSTEM *AUTOMATIC TRACKING CONTROL PERFORMANCE* 433MHz FREQUENCY RECEIVER ANTENNA POLARIZATION BASED GPS

Edy Rahmat Juma¹, Dr. Heroe Wijanto, IR., MT.², Unang Sunarya, ST., M.T.³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹edyrahmat@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroe.wijayanto@gmail.com, ³usa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada subsistem antenna tracker, selain pengarahan antenna, perlu diperhatikan kecocokan polarisasi antenna dengan polarisasi gelombang datang. Ketidakcocokan polarisasi antara antenna penerima dengan gelombang datang, mengakibatkan level daya terima sinyal rendah.

Untuk mengoptimalkan daya terima sinyal, pada antenna penerima dirancang sebuah system control tracking polarisasi antenna secara otomatis. Dengan bantuan GPS yaitu untuk menentukan koordinat letak *Mobile Antena* sebagai objek. Modul GPS u-blox NEO-6M adalah teknologi AVL (Automated Vehicle Locator) yang memungkinkan pengguna untuk melacak posisi untuk menentukan koordinat antenna kemudian proses selanjutnya meneruskan ke mikrokontroler yang akan mengirimkan data protokol NMEA ke Stasiun Kontrol sebagai sistem control tracking polarisasi penerima, blok kontrol menginstruksikan blok penggerak motor untuk mencari sudut polarisasi sesuai data koordinat yang diterima dari *Mobile Antena*. Setelah koordinat diperoleh, data tersebut diumpungkan ke blok kontrol untuk menginstruksikan blok motor penggerak agar bergerak (arah) sesuai data yang diterima untuk pointing pada *Mobile Antena*.

Hasil yang didapatkan pada tracking polarisasi secara otomatis ini adalah antenna tracker dapat bergerak mengikuti arah *Mobile Antena* sesuai dengan koordinatnya. Kinerja antenna trackingnya memiliki error sudut sebesar 200 atau 8,3% begitupula pada jarak >150m sudah kehilangan data terima, selain itu daya terima rata-rata 10.932 dBm tiap 1m dan kondisi indoor mempengaruhi latitude dan longitude yang kurang akurat karena keterbatasan alat.

Kata Kunci: Polarisasi, Tracker, GPS

Abstract

At antenna subsystem tracker, in addition to directing the antenna, to consider the suitability of polarization antenna with polarization wave coming. Polarization mismatch between the receiver with the incoming wave, resulting in a low signal received power level.

To optimize the received signal power, the receiver antenna designed a control system automatically tracking antenna polarization. With the help of GPS is to determine the coordinates of the virtual location of the antenna as an object. U-blox GPS modules NEO-6M is a technology AVL (Automated Vehicle Locator) which allows users to track the position to determine the coordinates of the antenna then continue to the next process mikrokontroler which will transmit data to the NMEA protocol as a control station receiver polarization tracking control system, control block instruct the motor blocks to find the angle of polarization corresponding coordinate data received from the virtual antenna. Once the coordinates are obtained, the data is fed to the control block to instruct the motor block in order to move (direction) corresponding to the data received on a virtual antenna pointing.

The results obtained in the automatic polarization tracking antenna tracker is able to move in the direction of Virtual Antenna according to coordinates. Performance trackingnya antenna has an error angle of 200 or 8.3% nor at a distance more than 140m already lost the data received, in addition to the average power received 10.932 dBm every 1m and indoor conditions affecting the latitude and longitude are less accurate because of the limitations of the tool.

Keywords: Polarization, Tracker, GPS

1. Pendahuluan

Antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik. Jenis antena yang akan dipasang harus

sesuai dengan sistem yang akan kita bangun. Pada tugas akhir ini antenna yang akan dipakai adalah antenna dipole, selain itu juga disesuaikan dengan kebutuhan penyebaran sinyalnya.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dirancang suatu antenna yang disebut antenna tracker yang akan dipasang pada receiver serta antenna dipole yang akan dipasang pada transmitter dengan frekuensi 433Mhz. Antenna dipole transmitter tersebut diimplementasikan pada quadcopter dengan kontrol dari bumi (Stasiun Kontrol) untuk mendapatkan level daya penerimaan yang optimal.

2. Dasar Teori

Sistem kontrol otomatis *tracking* polarisasi antenna berbasis gps yang didesain menggunakan level daya dan posisi dalam pengambilan keputusan dan menggunakan motor servo untuk mengubah pengarahannya dengan bantuan gps sehingga mendapatkan titik koordinat yang akan dipointing tersebut.

2.1 Antena Dipole

Antena dipole terdiri dari dua konduktor logam batang atau kawat, paralel berorientasi dan collinear satu sama lain (sesuai dengan satu sama lain), dengan ruang kecil di antara mereka. Frekuensi radio tegangan diberikan ke antena di tengah, antara dua konduktor. Untuk gain antena dipole, masing-masing sisinya 1/4 lambda atau biasa disebut dengan dipole 1/2 lambda (half-wave dipole). Antena ini memiliki gain relatif terhadap isotropic sebesar 2.1dBi. Dipole memiliki omnidirectional pola radiasi, berbentuk seperti toroida (doughnut) simetris terhadap sumbu dipole. Radiasi maksimum pada sudut kanan dipole, jatuh ke nol pada sumbu antena. Untuk antena dipole maka polarisasinya searah dengan panjang bentangnya, bila antena tersebut dipasang horizontal, maka polarisasinya horizontal pula. Agar dapat menerima gelombang radio secara baik, maka antena harus mempunyai polarisasi yang sama dengan polarisasi gelombang radio yang datang ^[1].

2.2 HPBW dan FNBW

Lebar berkas setengah daya (HPBW) yaitu lebar berkas diantara sisi-sisi kuncup utama yang nilai dayanya setengah dari nilai maksimum kuncup utama. Sedangkan FNBW adalah lebar berkas diantara sisi-sisi kuncup utama yang nilai dayanya nol. HPBW dan FNBW dinyatakan dalam satuan derajat sudut.

2.3 Azimuth dan Elevasi

Azimuth adalah sudut yang dihasilkan dengan memutar sebuah sumbu yang tegak lurus dengan bidang horizontal searah putaran jarum jam, Sedangkan *Elevasi* adalah sudut yang dihasilkan dengan memutar sebuah sumbu sejajar dengan bidang horizontal.

2.4 Rugi-rugi Propagasi

Rugi propagasi adalah akumulasi dari redaman saluran transmisi, redaman ruang bebas (*free space loss*), redaman oleh gas (atmosfer), dan redaman hujan. Redaman saluran transmisi ditentukan oleh loss feeder dan branching yaitu panjang dari feeder tersebut dan percabangan antara perangkat transmisi radio Tx/Rx. Redaman ruang bebas merupakan redaman sinyal yang terjadi akibat dari media udara yang dilalui oleh gelombang radio antara pemancar dan penerima.

$$L_{fs}(dB) = 32.45 + 20 \log f + 20 \log d \tag{2.1}$$

dimana: f = frekuensi kerja (MHz)
 d = panjang lintasan propagasi (Km)
 Lfs= redaman transmisi dasar di ruang bebas (dB)

Pada prinsipnya gas-gas di atmosfer akan menyerap sebagian dari energi gelombang radio, dimana pengaruhnya tergantung pada frekuensi gelombang, tekanan udara dan temperatur udara. Selain itu pengaruh dari rugi-rugi propagasi adalah tetes-tetes hujan menyebabkan penghamburan dan penyerapan energi gelombang radio yang akan menghasilkan redaman hujan. parameter yang menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan dari antena yang memiliki penguatan sendiri. Bila terdapat rugi-rugi *feeder*, maka akan mengurangi nilai dari EIRP. Secara logaritmis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EIRP(dBW) = P_{trans}(dBW) + G_{ant}(dB) - L_{att}(dB) \tag{2.2}$$

dimana : P_{trans} = daya pancar sinyal carrier pada feeder antena pemancar (dBW)
 G_{ant} = gain antena pemancar (dB)
 L_{att} = loss attenuator

2.5 Polarisasi Antena Dipole

Gelombang elektromagnet yang melaju di udara atau di angkasa luar terdiri atas komponen gaya listrik dan komponen gaya magnet yang tegak lurus satu sama lain. Gelombang radio yang memancar dikatakan terpolarisasi sesuai arah komponen gaya listriknya. Untuk antena dipole maka polarisasinya searah dengan panjang bentangnya, bila antena tersebut dipasang horizontal, maka polarisasinya horizontal pula. Agar dapat menerima gelombang radio secara baik, maka antena harus mempunyai polarisasi yang sama dengan polarisasi gelombang radio yang datang ^[1].

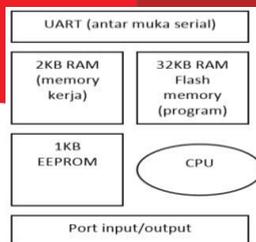
2.6 Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR.

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Hardware = papan input/output (I/O)
2. Software = Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, driver untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan library untuk pengembangan program.

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega.



Gambar 2.1 Blok sederhana dari mikrokontroler ATmega328

2.7 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. magnet permanen motor DC servo yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. cara mengendalikan suatu posisi motor servo, dengan memanfaatkan *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dibangkitkan menggunakan *timer1* ^[2].



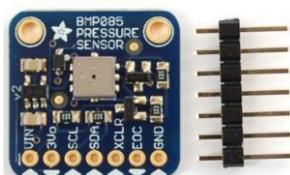
Gambar 2.2 Motor Servo

2.8 RF Modul 3DR 433 MHz

RF Modul 3DR 433Mhz adalah bagian dari sistem telemetri 433Mhz untuk menawarkan 2-arah sistem komunikasi nirkabel half duplex ^[3].

2.9 Modul GPS U-blox NEO-6M

NEO-6 merupakan seri modul yang berdiri sendiri pada GPS penerima yang memberikan performa yang tinggi. U-blox 6 mesin posisi menawarkan Time-To-First-Fix (TTFF) dibawah 1 detik ^[5].



Gambar 2.3 Modul NEO-6M

2.10 Quadcopter

Quadcopter adalah salah satu jenis multirotor yang memiliki jumlah rotor sebanyak 4 buah. Sistem kerja dari quadcopter yaitu dengan cara mensinkronisasi Antara keempat rotornya [6].

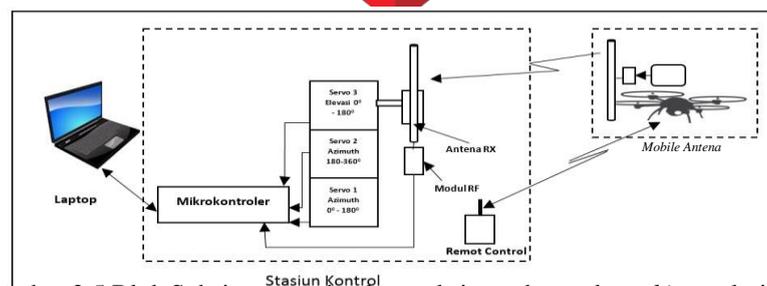
2.11 Blok Diagram dan Spesifikasi Sistem

Stasiun kontrol yang sebagai penerima yang menjadi input dari laptop atau output sistem terlebih dahulu akan diolah pada sistem kontrol otomatis tracking polarisasi antenna secara umum mempunyai susunan blok diagram sebagai berikut:



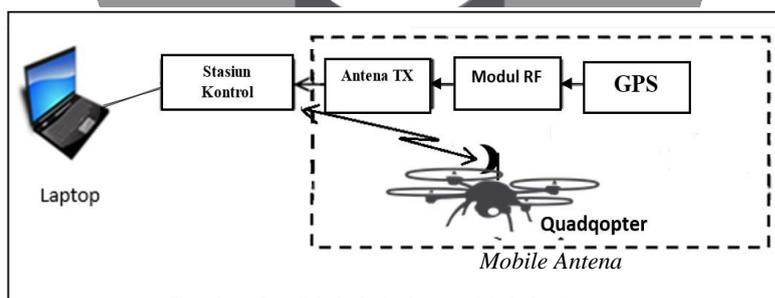
Gambar 2.4 Spesifikasi Sistem kontrol otomatis tracking polarisasi berbasis GPS

Pada blok sistem kontrol tracking polarisasi, terdapat Subsystem yaitu blok mikrokontroler, blok subsystem Servo Azimuth dan Elevasi, blok subsystem Tracker, blok subsystem Modul 3DR 433Mhz, blok subsystem Antena RX, dan Remote Control Quadcopter yang terhubung ke Mobile Antena.



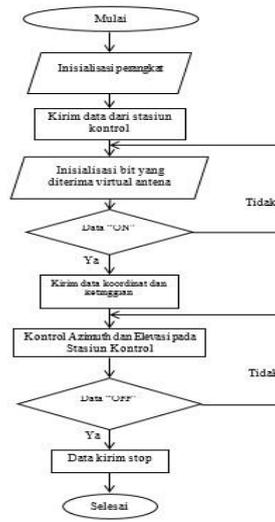
Gambar 2.5 Blok Subsystem stasiun kontrol sistem kontrol tracking polarisasi

Sedangkan pada Blok Mobile Antena terdapat blok subsystem antara lain blok mikrokontroler, blok subsystem gps, blok subsystem modul 3DR 433MHz, blok subsystem antenna TX, dan Quadcopter yang terhubung dengan Stasiun Kontrol.



Gambar 2.6 Blok Subsystem Mobile Antena

Berikut adalah proses kerja sistem kontrol tracking polarisasi secara umum :



Gambar 2.7 Alir proses kerja sistem secara keseluruhan

3. Pembahasan

Setelah melakukan pengujian pada blok catu daya, blok motor penggerak, blok kontrol, blok modul GPS dilanjutkan dengan proses analisis untuk menilai kinerja sistem kontrol otomatis *tracking* polarisasi antenna yang dibuat.

3.1 Pengujian Catu Daya

Range tegangan mikrokontroler untuk membaca data sensor yang sudah dikondisikan adalah 0-5V yang merupakan tegangan kerja mikro AVR tersebut. Sehingga level tegangan yang masuk ke mikro dibatasi sampai 5V. Catu daya dinyatakan layak 100% untuk mencatu kedua perangkat pada sistem kontrol.

Tabel 3.1 Tegangan Keluaran Catu Daya pada Kondisi Variatif

Percobaan	Waktu (menit)	Baterei Lipo (Volt)	Kondisi	
			GPS	RF Modul
1	30	5 V	Stabil	Stabil
2	60	5 V	Stabil	Stabil
3	90	5 V	Stabil	Stabil
4	120	4.8 V	Stabil	Stabil
5	150	4.8 V	Stabil	Stabil
6	180	4.7 V	Stabil	Stabil
7	210	4.7 V	Stabil	Stabil
8	240	4.7 V	Stabil	Stabil
9	270	4.6 V	Stabil	Stabil
10	300	4.6 V	Stabil	Stabil

Keterangan :

$$\frac{11,1}{1000} = 11,1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{3,6}{1000} = 3,6 \times 10^{-3}$$

$$\frac{3,6}{1000} = 3,6 \times 10^{-3}$$

$$\frac{10,4}{0,141} = 28 - 3 \times (11,1 - 3,6 - 3,6) = 25 \quad (3.1)$$

3.2 Blok Subsistem Motor Penggerak

Blok subsistem motor penggerak, adalah blok subsistem berfungsi untuk mengubah pengarahan antenna ketika sedang melakukan pointing pada *Mobile Antena* sebagai antenna penerima sesuai dengan perintah yang diberikan oleh blok kontrol. Blok subsistem ini terdiri dari mikrokontroler ATmega328, motor servo azimuth dan motor servo elevasi sebagai tracker, modul RF 3DR 433Mhz, dan antenna RX^[2].

3.3 Blok Subsistem Kontrol

Blok Subsistem Kontrol merupakan pusat perintah maupun koordinasi yang berfungsi untuk menerima informasi berupa sinyal dari satelit untuk mendapatkan data longitude dan latitude yang berasal dari protokol NMEA pada gps dan diteruskan ke RF modul.

Tabel 3.2 Pengujian komunikasi RS-232 rentak jarak 10m

Pengujian	Jarak (m)	Posisi		Kondisi
		Longitude	Latitude	
1	10	-6.981168	107.629005	BISA
2	20	-6.981242	107.629051	BISA
3	30	-6.981352	107.628952	BISA
4	40	-6.978805	107.631111	BISA
5	50	-6.978785	107.631126	BISA
6	60	-6.978737	107.631103	BISA
7	70	-6.978640	107.631111	BISA
8	80	-6.978588	107.631118	BISA
9	90	6.978600	107.631072	BISA
10	100	-6.978447	107.631179	BISA
11	110	-6.978998	107.631261	BISA
12	120	-6.978529	107.631243	BISA
13	130	-6.978070	107.631225	BISA
14	140	-6.978611	107.631207	BISA
15	150	-6.978343	107.631217	TIDAK

Jarak terjauh adalah 140m karena tidak memungkinkan untuk jarak yang lebih jauh karena level daya terima sudah tidak optimal yang disebabkan oleh spesifikasi alat yaitu maksimal 500 feet sehingga protokol-protokol yang di kirimkan oleh *Mobile Antena* mengalami gangguan Sehingga untuk pengujian diatas dari jarak 10-152,4m pengiriman untuk semua data longitude dan latitude dari gps dapat dikatakan sukses 90,9% oleh *Mobile Antena* ke *Stasiun Antena*. Untuk mendapatkan sudut pergerakan motor servo pada protokol yang di peroleh dari *Mobile Antena* yaitu dengan cara diparsing dan dikonversi. Data awal posisi diambil dalam satuan decimal koordinat, kemudian diparsing dan dikonversi ke bentuk sudut, dari bentuk nilai sudut di konversi lagi ke nilai penggerak servo, kemudian nilai servo dimasukkan ke fungsi kendali servonya. Berikut persamaan resolusi sudut servo :

$$X = x / (b - a) * (d - c) + c; \quad (3.2)$$

3.4 Pengujian dan Analisis Blok RF

Pengujian dan Analisis Blok RF adalah pengujian antara perangkat RF modul transmitter dan receiver yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya daya kirim dan daya terima terhadap *Stasiun Kontrol* pada saat tracking terhadap *Mobile Antena*.

Tabel 3.3 RSSI untuk *Mobile Antena* dengan Antena Traker

Pengujian	Jarak (m)	Daya Kirim (dBm)	Daya Terima (dBm)	Kondisi Antena Tracker
1	10	20dBm	11.06 dBm	OK
2	11	20dBm	11.01 dBm	OK
3	12	20dBm	10.99 dBm	OK
4	13	20dBm	10.97 dBm	OK
5	14	20dBm	10.94 dBm	OK
6	15	20dBm	10,92 dBm	OK
7	16	20dBm	10,90 dBm	OK
8	17	20dBm	10,88 dBm	OK
9	18	20dBm	10,84 dBm	OK
10	19	20dBm	10,81 dBm	OK

Pengukuran RSSI dilakukan menggunakan *Spektrum Analyzer* yang disambungkan pada *probe* positif dihubungkan ke port RX dan probe negatif di hubungkan ke Ground RF modul. Hasil percobaan untuk jarak yang berbeda-beda antara *Mobile Antena* ke *Antena Tracker* menyebabkan daya terima rata-rata 10.932 dBm.

Tabel 3.4 Posisi antena pada jarak 10 meter dengan kondisi variatif tiap sudut

Percobaan	Sudut	Posisi		Antena Tracker	
		Latitude	Longitude	Kondisi	Error
Posisi awal	0°	-6.978650	107.631263	Tracking	0°
1	10°	-6.978610	107.631134	Diam	20°
2	20°	-6.978560	107.630928	Diam	10°
3	30°	-6.978753	107.631126	Tracking	0
4	40°	-6.978747	107.630783	Diam	20°
5	50°	-6.978658	107.631248	Diam	10°
6	60°	-6.978675	107.631187	Tracking	0
7	70°	-6.978563	107.631195	Diam	20°
8	80°	-6.978567	107.631263	Diam	10°
9	90°	-6.978695	107.631080	Tracking	0
10	100°	-6.978705	107.631088	Diam	20°
11	110°	-6.978645	107.630996	Diam	10°
12	120°	-6.978675	107.631156	Tracking	0
13	130°	-6.978750	107.631126	Diam	20°
14	140°	-6.979333	107.630668	Diam	10°
15	150°	-6.978797	107.630935	Tracking	0
16	160°	-6.978748	107.630943	Diam	20°
17	170°	-6.978827	107.631156	Diam	10°
18	180°	-6.978593	107.631210	Tracking	0
19	190°	-6.978658	107.631233	Diam	20°
20	200°	-6.978765	107.630859	Diam	10°
21	210°	6.978898	107.630531	Tracking	0
22	220°	-6.978562	107.631134	Diam	20°
23	230°	-6.978595	107.631134	Diam	10°
24	240°	-6.978532	107.631156	Tracking	0
25	250°	-6.978498	107.631324	Diam	20°
26	260°	-6.978955	107.630714	Diam	10°
27	270°	-6.978637	107.631027	Tracking	0
28	280°	-6.978527	107.631256	Diam	20°
29	290°	-6.978463	107.630714	Diam	10°
30	300°	-6.978218	107.630508	Tracking	0
31	310°	-6.978610	107.631134	Diam	20°
32	320°	-6.978560	107.630928	Diam	10°
33	330°	-6.978753	107.631126	Tracking	0
34	340°	-6.978747	107.630783	Diam	20°
35	350°	-6.978658	107.631248	Diam	10°
36	360°	-6.978675	107.631187	Tracking	0

Jadi dari hasil pengujian GPS dapat kita lihat dari tabel untuk tiap perpindahan *Mobile Antena* setiap 10° mengalami error sudut sebesar 20° pada jarak 10 meter dan kondisi pada Stasiun Kontrol (*Antena Tracking*) diam. Pengujian pada tugas akhir ini memilih jarak 10 meter untuk mendapatkan besar sudut yang lebih jelas terhadap sudut 10°. *Antena Tracking* akan kembali mengikuti/ *Tracking* tiap perpindahan sudut sebesar 30°. Penyebab error sudut pada *Antena tracking* dapat disimpulkan bahwa protokol-protokol yang dikirimkan ke GPS yang didapatkan dari satelit sangat presisi sehingga pada saat perpindahan sudut yang sangat sedikit menyebabkan pembacaan pada blok GPS yang tidak jauh berbeda pada dari sudut sebelumnya yaitu 10°. Kesimpulan pada error sudut adalah sebesar 20° atau sebesar 8,3%.

$$\frac{30^0}{360^0} \times 100 = 8,3\% \tag{3.3}$$

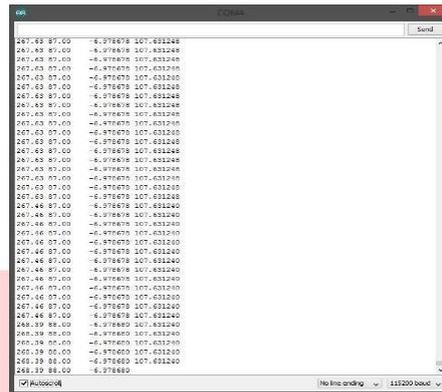
Keterangan : 30° = sudut antena bisa tracking
360° = Total error dari 36 percobaan

3.5 Pengujian dan Analisis Kinerja Sistem

Pengujian kinerja sistem adalah pengujian yang dirancang untuk mengetahui unjuk kerja sistem yang telah dibuat.

Tabel 3.5 Pengambilan data untuk hasil simulasi kinerja sistem *Tracking Antena*

Percobaan	Jarak	Derajat	Posisi		Antena Tracker	
			Latitude	Longitude	Kondisi	Ket.
1	5m	30°	-6.978633	107.631179	Tracking	30°
2	10m	90°	-6.978655	107.631263	Tracking	90°
3	15m	110°	-6.978688	107.631355	Diam	90°
4	20m	70°	-6.978680	107.631240	Diam	60°
5	25m	180°	-6.978170	107.630752	Tracking	180°



Gambar 3.1 Data Serial dari Arduino

Besar error sudut yang didapatkan pada pengujian dan analisis kinerja sistem sebanyak 5 kali yaitu 8,3% dan tingkat keberhasilan yang dicapai adalah 94% untuk perbaikan sudut sedangkan untuk level daya kirim dan terima mengalami penurunan tiap jarak 10m sebesar 1.30 dBm. Oleh karena itu sesuai dengan spesifikasi dari modul RF sebagai komunikasi serial RS-232 yaitu 500 feet sehingga besar daya terima yang telah di uji coba yaitu sebesar berbanding lurus dengan penurunan daya tiap 10 meter dan jarak maksimal yaitu >100 data yang dikirimkan oleh *Mobile Antena* sudah tidak dapat diterima oleh Stasiun Antena sesuai dengan monitor dari Arduino.

4. Kesimpulan

Dari implementasi dan analisis kinerja sistem kontrol tracking polarisasi yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Sistem kontrol *tracking* polarisasi antena yang direalisasikan memiliki kemampuan untuk *tracking* Stasiun Kontrol terhadap *Mobile Antena* yang bersifat otomatis dalam mencari posisi/titik koordinat *Mobile Antena*.
2. Sistem kontrol *tracking* polarisasi antena ini mampu melakukan *tracking* dengan sudut yang relatif sama dengan sudut yang sebenarnya.
3. Gangguan terbesar pada sistem kontrol polarisasi antena ini adalah tingkat presisi pada GPS sehingga perpindahan dengan jarak yang dekat kurang mempengaruhi kinerja antena trackingnya yaitu memiliki eror sudut sebesar 20^0 atau 8,3% begitupula pada jarak >100 sudah kehilangan data terima, selain itu daya terima rata-rata 10.932 dBm tiap 1m dan kondisi *indoor* mempengaruhi latitude dan longitude yang kurang akurat karena keterbatasan alat.

Daftar Pustaka

- [1] irfan, nurhardiansyah, "Tugas akhir antena dipole 800Mhz," 09 05 2011. [Online]. Available: <http://nurhardiansyahirfan.wordpress.com/2011/05/09/tugas-akhir-antena-dipole-800-mhz/>. [Accessed 28 12 2014].
- [2] Andi, Achyar Nur., *Implementasi Dan Analisis Kinerja Sistem Kontrol Tracking Polarisasi Antena Dvb-S/C-Band Frekuensi 3,4-4,8Ghz*, Bandung: Telkom University, 2011.
- [3] Joni, Koko., "3DR," KF-tronik, 8 mei 2013. [Online]. Available: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>. [Accessed 28 Desember 2014].
- [4] Martono, Eko Tri., "REPLIKA SISTEM PENGONTROL OTOMATIS DAN SISTEM DATABASE JUMLAH," *Final Project*, vol. III, no. 9, p. 9, 2009.
- [5] ada, Lady., "adafruit," Bosch BMP085 Breakout Board, 7 November 2014. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/bmp085/overview>. [Accessed 28 Desember 2014].
- [6] Setiawan, Agil, Anggara Wijaya, dan Ramtsal Eka Putra., "FIRST PERSON VIEW (FPV) UNMANNED," *MICEEI*, vol. II, no. 1, p. 1, 2014.