



TUGAS AKHIR - TE 141599

**PENGEMBANGAN ANTENNA TRACKER
BERBASIS GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)
UNTUK KOMUNIKASI PESAWAT TANPA AWAK**

Muhammad Hanif Al Banna
NRP 2214105003

Dosen Pembimbing
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

URUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

***DEVELOPMENT OF ANTENNA TRACKER
BASED ON GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)
FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) COMMUNICATION***

Muhammad Hanif Al Banna
NRP 2214105003

Supervisor
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

*ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017*

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Pengembangan Antena tracker berbasis *Global Positioning System (GPS)* untuk Komunikasi Pesawat Tanpa Awak**” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2017

Muhammad Hanif Al Banna
NRP 2214105003

**PENGEMBANGAN ANTENA TRACKER BERBASIS
GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) UNTUK
KOMUNIKASI PESAWAT TANPA AWAK**

TUGAS AKHIR

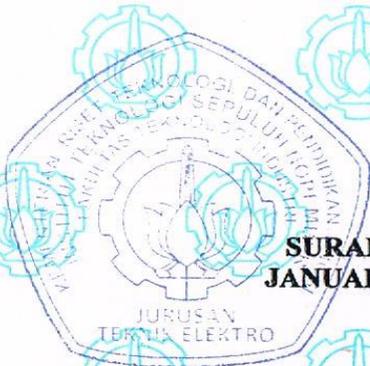
**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing

Rony

**Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
NIP. 198101182003121003**



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

Pengembangan Antena *Tracker* Berbasis Global Positioning System (GPS) untuk Komunikasi Pesawat Tanpa Awak

Nama : Muhammad Hanif Al Banna
Pembimbing : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Pada Tugas Akhir ini membahas tentang Pengembangan Antena *Tracker* Berbasis Global Positioning System (GPS) untuk Komunikasi Pesawat Tanpa Awak yang bertujuan untuk mengetahui posisi dan pergerakan dari sebuah UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Dengan penggunaan GPS pada antena *tracker*, penggunaan sensor kompas dan penggunaan kontrol PID sebagai pengolah data untuk menggerakkan servo sehingga pengembangan ini dilakukan.

Dalam sistem ini, antena *tracker* akan menggunakan sensor GPS untuk mengetahui data koordinat posisi. Data dari GPS yang digunakan yaitu *latitude*, *longitude* dan *altitude*. UAV akan mengirimkan data koordinat posisi melalui radion telemetri TX yang kemudian akan diterima oleh radio telemetri RX pada antena *tracker*. Data koordinat posisi dari antena *tracker* akan dibandingkan dengan data koordinat posisi dari UAV sehingga akan didapatkan data jarak, ketinggian, sudut azimuth dan sudut elevasi. Penggunaan sensor kompas untuk mengetahui sudut *heading* dari antena *tracker*. Data tersebut akan diolah menggunakan kontrol PID oleh Arduino sehingga didapatkan nilai input dari servo. Untuk konfigurasi servo yang digunakan adalah servo *pan 360°* dan servo *tilt 90°*.

Pada pengujian sistem, nilai masukan untuk pergerakan servo pan memiliki batas nilai *input* sebesar 88 – 91, dan pergerakan servo tilt akan mengalami perubahan ketika Δ ketinggian berubah antara 1-3 meter. Dibutuhkan waktu *overshoot* 9 *miliseconds* dan waktu *delay* 2 *miliseconds*

Kata Kunci – Antena *Tracker*, GPS (*Global Positioning System*), Sensor kompas, Arduino, Motor Servo, Radio Telemetri, PID.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

Development of Antenna Tracker Based on Global Positioning System (GPS) for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Communication

Name : Muhammad Hanif Al Banna
Supervisor : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

This Final Project discusses Development-Based Antenna Tracker Global Positioning System (GPS) for Unmanned Aircraft Communication that aims to determine the position and movement of an UAV (Unmanned Aerial Vehicle). By means of GPS, compass sensor and use PID controller as processing data to drive the servo that the development is done.

In this system, the antenna tracker will use GPS sensors to determine the position coordinate data. Data from the GPS were used to determine latitude, longitude and altitude. UAV will transmit data via radio position coordinates telemetry TX which will then be received by radio telemetry RX to the antenna tracker. Data tracker coordinates the position of the antenna will be compared with data from the UAV position coordinates so that we will get the distance data, altitude, angle of azimuth and elevation angles. The use of compass sensor to determine the heading angle of the antenna tracker. The data will be processed using PID controller by the Arduino to as the input value of the servo. For servo configuration used is servo 360 ° pan and 90 ° tilt servo.

On the test system, the value of input to pan servo movement has a limit between 88-91, and movement of tilt servo will be change when Δ altitude changes between 1 – 3 meters. Takes overshoot times 9 milliseconds and delay time 2 milliseconds.

Keywords – Antenna Tracker, GPS (Global Positioning System), compass Sensor, Arduino, Servo Motor, Telemetry Radio, PID.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih ini kami sampaikan kepada:

1. Kepada Ibu kami, Ibu Yunita Riadina, Adek Ratih Firdhausi dan keluarga, Istri Vicki Rahma Kartika dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat, perhatian dan kasih sayangnya.
2. Bapak Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, ilmu dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen bidang studi Elektronika Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
4. Teman-teman bimbingan Bapak Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D. di laboratorium A-206 Erwan A., Kresna Tri, M. Fajar, David C. dan Ali yang sudah membantu selama pengerjaan dan pengujian Tugas Akhir ini.
5. Dan seluruh teman-teman LJ Teknik Elektro 2014 serta banyak pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Akhir kata semoga melalui tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat berbagi ilmu bagi pembacanya. Amin.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Antena.....	5
2.1.1 Antena <i>Directional</i>	7
2.1.2 Antena <i>Omnidirectional</i>	9
2.1.3 Antena <i>Tracker</i>	10
2.2 Arduino Mega.....	12
2.3 ATMega 2560.....	13
2.4 UBEC.....	15
2.5 Motor Servo.....	15
2.6 Radio Telemetry	17
2.1.1 <i>MAVLink</i>	19
2.7 Sensor Kompas HMC5883L.....	19
2.8 GPS (<i>Global Positioning System</i>).....	19
2.9 Slip Ring.....	21
2.10 Kontrol PID	22

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT	25
3.1 Diagram Blok Sistem	25
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	26
3.2.1 Perancangan <i>Wiring</i> Arduino Mega	26
3.2.2 Perancangan Desain Antena <i>Tracker</i>	28
3.3 Perancangan <i>Software</i>	31
3.3.1 Penerimaan Data GPS	32
3.3.2 Pengolahan Data GPS	33
3.3.3 Servo Pan	34
3.3.4 Servo Tilt	35
3.4 Realisasi Alat	36
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	37
4.1 Pengujian GPS	37
4.2 Pengujian Penerimaan Data dari UAV	38
4.3 Pengujian Sudut <i>Heading</i> Sensor Kompas	38
4.4 Pengujian Gerak Putar Servo Pan	39
4.5 Pengujian Gerak Putar Servo Tilt	40
4.6 Pengujian Antena	40
4.7 Pengujian Terhadap UAV	41
BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN : LISTING PROGRAM	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	57

TABLE OF CONTENTS

TITLE PAGE	
ORIGINAL STATEMENT FINAL PROJECT	
PAGE LEGALIZATION	
<i>ABSTRACT</i>	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
FOREWORD	v
TABLE OF CONTENTS.....	vii
LIST OF FIGURES	ix
LIST OF TABLES	xi
BAB I INTRODUCTION	1
1.1. Background.....	1
1.2 Formulate Of The Problem	2
1.3 Scope Of Problem.....	2
1.4 Aims Of Paper	2
1.5 Methodology.....	3
1.6 Writing Systematics.....	3
1.7 Relevance.....	4
BAB II THEORITICAL STUDY.....	5
2.1 AnteNna.....	5
2.1.1 <i>Directional Antenna</i>	7
2.1.2 <i>Omnidirectional Antenna</i>	9
2.1.3 <i>Antenna Tracker</i>	10
2.2 Arduino Mega.....	12
2.3 ATmega 2560.....	13
2.4 UBEC.....	15
2.5 Servo Motor.....	15
2.6 Radio Telemetry	17
2.1.1 <i>MAVLink</i>	19
2.7 Compass Sensor HMC5883L	19
2.8 GPS (<i>Global Positioning System</i>).....	19
2.9 Slip Ring.....	21
2.10PID Controller	22

BAB III DESIGN AND DEVICE REALIZATION	25
3.1 System Block Diagram	25
3.2 <i>Hardware Design</i>	26
3.2.1 <i>Wiring Design</i> Arduino Mega.....	26
3.2.2 <i>Desaign Of Antena Tracker</i>	28
3.3 <i>Software Design</i>	31
3.3.1 Take of GPS ata	32
3.3.2 Processing of GPS Data	33
3.3.3 Servo Pan.....	34
3.3.4 Servo Tilt	35
3.4 Device Realization.....	36
BAB IV EXAMINATION AND SYSTEM ANALYSIS	37
4.1 Examination GPS Data	37
4.2 Examination Data Receiving From UAV	38
4.3 Examination Compass Heading	38
4.4 Examination Servo Pan Movement.....	39
4.5 Examination Servo Tilt Movement.....	40
4.6 Examination Antenna.....	40
4.7 Examination Againts UAV	41
BAB V CLOSING	45
5.1 Conclusions	45
5.2 Suggestions	45
BIBLIOGRAPHY	47
ATTACHMENT : LIST OF CODE	49
CURRICULUM VITAE	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola radiasi antena <i>directional</i>	7
Gambar 2.2	Bagian antena Yagi.....	7
Gambar 2.3	Antena grid.....	8
Gambar 2.4	Antena parabola.....	9
Gambar 2.5	Wajan bolic.....	9
Gambar 2.6	Pola radiasi antena <i>omnidirectional</i>	10
Gambar 2.7	Antena <i>tracker</i> berbasis kekuatan sinyal frekuensi	11
Gambar 2.8	Antena <i>tracker</i> berbasis GPS.....	11
Gambar 2.9	Arduino mega	13
Gambar 2.10	Pinout ATmega 2560	14
Gambar 2.11	UBEC	15
Gambar 2.12	Bagian motor servo.....	15
Gambar 2.13	Pengaturan PWM servo	16
Gambar 2.14	RFD 900	17
Gambar 2.15	3DR radio telemetry	18
Gambar 2.16	Xbee pro	18
Gambar 2.17	HMC5883L.....	19
Gambar 2.18	Cara kerja GPS	21
Gambar 2.19	Bagian slip ring.....	21
Gambar 2.20	Diagram blok kontrol PID	22
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem.....	25
Gambar 3.2	<i>Wiring Arduino Mega</i>	27
Gambar 3.3	Bagian dalam antena <i>tracker</i>	28
Gambar 3.4	Desain bagian atas	29
Gambar 3.5	Desain gear	29
Gambar 3.6	Desain Bracket.....	30
Gambar 3.7	Letak sensor kompas	30
Gambar 3.8	Flow Chart Program Arduino	31
Gambar 3.9	Flow Chart Penerimaan Data GPS	32
Gambar 3.10	Flow Chart Pada Servo Pan	34
Gambar 3.11	Flow Chart Pada Servo Tilt	35
Gambar 3.12	Antena <i>Tracker</i>	36
Gambar 4.1	Data GPS Sebelum dan Sesudah <i>Parsing</i>	37
Gambar 4.2	Pengujian data GPS dari UAV	38

Gambar 4.3	Data Sudut <i>Heading</i> Kompas	39
Gambar 4.4	Pengujian Servo Pan	39
Gambar 4.5	Pengujian Servo Tilt	40
Gambar 4.8	Peralatan di UAV	42
Gambar 4.7	Grafik pencapaian Antena ke UAV	42
Gambar 4.9	Grafik Gerak Servo Pan.....	43
Gambar 4.10	Grafik Error Servo Pan	43
Gambar 4.11	Grafik Jarak dan Δ Tinggi	44
Gambar 4.12	Grafik Sudut Elevasi da Error Elevasi	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum elektromagnetik.....	5
Tabel 4.1	Pengujian jarak jangkauan antena	41

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi saat ini tidak bisa dilepaskan dari kehidupan manusia, sehingga segala bentuk kegiatan manusia menjadi mudah. Teknologi informasi adalah segala hal yang berkaitan dengan proses, penggunaan sebagai alat bantu, manipulasi dan pengolahan informasi. Sedangkan teknologi komunikasi adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan penggunaan alat bantu untuk memproses dan mentransfer data dari perangkat yang satu ke lainnya. Oleh karena itu, teknologi informasi dan komunikasi mengandung pengertian segala kegiatan yang terkait dengan pemrosesan, manipulasi, pengelolaan, pemindahan informasi antar media. Dalam bidang ilmu elektro, teknologi informasi dan komunikasi sangat bermanfaat dalam proses kerja sebuah sistem. Salah satunya adalah antena yang memiliki pengertian suatu alat listrik yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkan ke ruang bebas atau sebaliknya. Salah satu penggunaan antena adalah pada antena *tracker*.

Antena *tracker* merupakan salah satu bagian dari *Ground Control Station* (GCS) yang memiliki fungsi melacak keberadaan sebuah benda terbang. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengikuti pergerakan sebuah benda yang sedang dilacak. Berdasarkan fungsinya, penggunaan antena *tracker* semakin banyak. Diantaranya bidang militer dan bidang *Radio Control* (RC). Pada bidang militer, antena *tracker* digunakan sebagai salah satu bagian pertahanan udara yang bertujuan untuk melacak bila ada sebuah serangan dari luar berupa peluru kendali (rudal). Kemudian pada bidang RC, para penghobi RC menggunakan antena *Tracker* untuk melacak keberadaan obyek dan untuk mendapatkan video yang dikirimkan oleh obyek. Untuk mendukung para penghobi RC, saat ini sudah banyak sekali tutorial cara bagaimana membuat Antena *tracker* dengan menggunakan *Ardu Pilot Mega* (APM). Akan tetapi dengan melihat harga jual APM yang sangat mahal, maka tidak semua orang dapat membelinya.

Oleh sebab itu dalam pengembangan Antena *tracker* ini akan dibuat sebuah Antena *tracker* yang dengan biaya tidak sebanyak jika menggunakan APM, akan tetapi memiliki kemampuan dan fungsi yang hampir sama. Dengan menggunakan Arduino sebagai pengolah data, penggunaan radio telemetri sebagai komunikasi data, penggunaan servo sebagai penggerakannya dan penggunaan formula kontrol PID sebagai pengolah data untuk mengontrol pergerakan servo.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan antara lain:

1. Bagaimana data dari AUV diterima Antena *tracker*.
2. Bagaimana cara mengolah data dari UAV untuk menjadi nilai *input* servo.
3. Bagaimana sistem kontrol untuk servo.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari pengembangan antena tracker ini adalah:

1. Konfigurasi servo pan 360° dan servo tilt 90°.
2. Penggunaan Arduino Mega sebagai pengolah data.
3. Penggunaan kontrol PID sebagai sistem kontrol servo.
4. Penggunaan antena jenis *omnidirectional*.
5. Penggunaan slip ring agar kabel tidak membelit.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan merealisasikan pengembangan Antena *tracker* agar memiliki kemampuan dan fungsi yang sama dengan Antena *tracker* yang sudah ada.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Studi literatur
Studi literatur tugas akhir ini bersumber pada jurnal-jurnal, buku referensi dan datasheet komponen yang digunakan. Selain itu, mengidentifikasi masalah yang akan dibahas dan mempelajari buku pedoman dari beberapa sumber yang menunjang teori atau prinsip dasar rangkaian, baik software maupun hardware dalam pembuatan sistem tersebut. Dalam kegiatan ini juga dilakukan beberapa survei dari sistem yang sudah ada sekarang ini.
2. Perancangan dan realisasi alat
Perancangan alat pada tugas akhir ini dimulai dari pembuatan desain alat kemudian servo, sensor dan telemetri yang akan digunakan. Perancangan desain kontrol yang sesuai dengan *output* yang diharapkan.
3. Tahap pengujian sistem dan analisa
Pengujian alat dimulai dengan tahap pengujian respon tiap komponen. Apabila respon tiap komponen sudah sesuai maka dilakukan penyusunan dan uji fungsi alat. Dari pengujian ini juga dilakukan penggabungan dan uji fungsi alat. Dari pengujian ini juga dilakukan analisa sistem untuk memperoleh data-data sistem.
4. Pembuatan laporan
Penyusunan laporan dilakukan mengacu pada perancangan dan realisasi alat dan pengujian alat. Sehingga hasil yang diperoleh dari pembuatan alat dapat dijelaskan secara rinci dan spesifik sesuai data-data yang diperoleh.

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab dengan rincian:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat yang berkaitan dengan pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dikemukakan berbagai macam dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori tentang arduino mega, motor servo, dan sensor-sensor yang digunakan.

BAB III : PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Berisi tentang tahap-tahap perancangan desain bodi, mekanik dan elektrik yang didasarkan sistem kerja yang telah dirancang untuk setiap bagian proses.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Bab ini membahas mengenai pengujian dari sistem yang telah diimplementasikan pada alat yang telah dibuat dan analisa data berdasarkan parameter yang telah ditetapkan berdasarkan datasheet.

BAB V : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dalam tugas akhir ini.

1.7 Relevansi

Manfaat dari tugas akhir ini dapat membantu penulis untuk belajar mengaplikasikan ilmu perkuliahan dalam membantu menyelesaikan permasalahan dilapangan dan membantu memenuhi kebutuhan administrasi terhadap teknologi khususnya bagi instansi yang bersangkutan agar proses pekerjaannya bisa menjadi lebih efektif dan efisien.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Antena

Dalam bidang elektronika, definisi antena adalah struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya yang juga tergolong sebagai *tranduser* karena mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Antena merupakan salah satu komponen atau elemen penting dalam suatu rangkaian dan perangkat elektronika yang berkaitan dengan frekuensi radio ataupun gelombang elektromagnetik. Perangkat elektronika tersebut diantaranya adalah perangkat komunikasi yang sifatnya tanpa kabel atau *wireless* seperti radio, televisi, radar, ponsel, Wi-Fi, GPS dan juga *bluetooth*. Antena diperlukan baik bagi perangkat yang menerima sinyal maupun perangkat yang memancarkan sinyal.[1]

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik[1]

No	Nama Band	Frekuensi	Panjang Gelombang	Contoh
1	Extremely Low Frequency (ELF)	3 - 30 Hz	100 – 10 Mm	
2	Super Low Frequency (SLF)	30 – 300 Hz	10 – 1 Mm	Saluran Listrik
3	Ultra Low Frequency (ULF)	300 – 3 KHz	1 Mm – 100 Km	
4	Very Low Frequency (VLF)	3 – 30 KHz	100 - 10 Km	Kapal Selam Komunikasi
5	Low Frequency (LF)	30 – 300 KHz	10 – 1 Km	RFID
6	Medium Frequency (MF)	300 KHz – 3 MHz	1 Km – 100 m	Siaran AM
7	High Frequency (HF)	3 – 30 MHz	100 – 10 m	Siaran Gelombang pendek
8	Very High Frequency (VHF)	30 – 300 MHz	10 – 1 m	Siaran TV dan FM
9	Ultra High Frequency (UHF)	300 Mhz – 3 GHz	1 m – 10 cm	TV, WLAN, GPS
10	Super High Frequency (SHF)	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	Radar, Komunikasi Satelit
11	Extremely High Frequency (EHF)	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	Radar, Radio Astronomy
12	Microwave	1 – 300 GHz	30 cm – 1 mm	
13	milimeter wave	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	
14	Submilimeter waves	>300 GHz	< 1 mm	

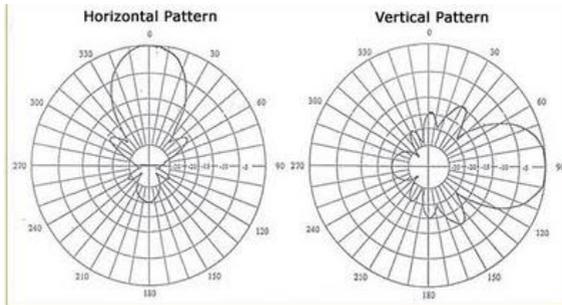
Pada umumnya antena terdiri dari elemen atau susunan bahan logam yang terhubung dengan saluran transmisi dari pemancar maupun penerima yang berkaitan dengan gelombang elektromagnetik. Cara kerja dari antena adalah ketika logam dialiri dengan muatan listrik yang berbeda dan berubah-ubah (sinyal sinus), sehingga akan muncul gelombang elektromagnet yang akan merambat ke arah tertentu. Dengan gelombang elektromagnet dapat menumpangkan sinyal informasi seperti suara, text, sms, data dan sebagainya. Ketika gelombang elektromagnet tersebut bertemu dengan logam lain, maka gelombang tersebut akan mengakibatkan perubahan muatan pada logam tujuan yang nantinya bisa diterjemahkan menjadi sinyal listrik dan bisa diolah informasi yang dikirimkan. Pada antena terdapat karakter yang harus diperhatikan dalam memilih jenis antena, yaitu:

1. Pola radiasi adalah penggambaran radiasi berkaitan dengan kekuatan gelombang radio yang dipancarkan oleh antena ataupun tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh antena pada sudut yang berbeda. Pada umumnya pola radiasi ini digambarkan dalam bentuk plot 3 dimensi. Pola radiasi antena 3 dimensi ini dibentuk oleh dua pola radiasi yaitu pola elevasi dan pola azimuth. Bentuk radiasi dan pola *directive* yang membentuk bola berkas yang sempit dengan radiasi yang tinggi.[1]
2. Gain sebuah parameter antena yang mengukur kemampuan antena dalam mengarahkan radiasi sinyalnya atau penerimaan sinyalnya dari arah tertentu. Dengan kata lain, Gain digunakan untuk mengukur efisiensi sebuah antena. Gain diukur dalam bentuk satuan decibel.[1]
3. Polarisasi 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. [1]

Secara umum antena dibagi menjadi dua jenis yaitu antena *directional* dan *omnidirectional*. Antena *directional* merupakan jenis antena *narrow beam width* yang hanya memiliki sudut pancaran yang kecil namun terarah.

2.1.1 Antena Directional

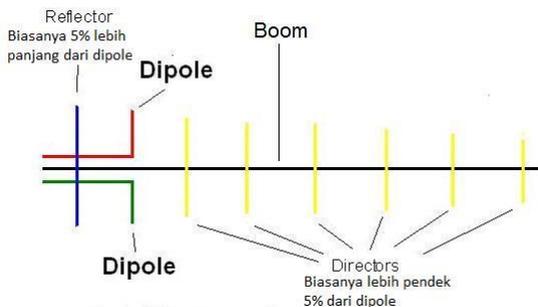
Antena *directional* merupakan jenis antena dengan *narrow beamwidth*, yaitu punya sudut pemancar yang kecil dengan daya yang lebih terarah, jarak yang jauh dan tidak bisa menjangkau area yang luas. Antena *directional* mengirimkan dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah. Umumnya pada fokus yang sangat sempit dan biasanya digunakan untuk koneksi *point to point* atau *multiple point*. [2]



Gambar 2.1 Pola radiasi antena *directional*

Contoh antena jenis ini adalah:

1. Antena Yagi adalah jenis antena radio yang diciptakan oleh Hidetsugu Yagi. Antena ini bekerja dengan cara menambahkan *gain* hanya pada salah satu arahnya. Sisi antena yang berada dibelakang reflektor memiliki *gain* yang lebih kecil dari pada di depan direktor. Antena ini terdiri dari tiga bagian, yaitu *reflektor*, *director* dan *boom* seperti pada gambar 2.2. [1]



Gambar 2.2 Bagian antena Yagi

Reflektor adalah bagian belakang antenna yang berfungsi sebagai pemantul sinyal yang biasanya memiliki panjang gelombang $0,55 \lambda$. Kemudian *director* adalah bagian pengarah antenna. penambahan batang *director* akan menambahkan *gain* antenna, namun membuat pola pengarah antenna menjadi sempit. Semakin banyak *director*, maka semakin sempit arahnya. Sedangkan *Boom* adalah bagian ditempatkannya *reflektor* dan *director*. *Boom* berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antenna tersebut.

2. Antena Grid adalah alat yang dipakai untuk mengirim, menerima, memperkuat sinyal *wireless* untuk melakukan koneksi *point to point* atau *point to multipoint* dalam bentuk antenna. Sudut pola pancaran antenna ini lebih fokus pada titik tertentu sesuai dengan pemasangannya



Gambar 2.3 Antena grid

3. Antena parabola adalah sebuah antenna berdaya jangkauan menengah dan jauh yang digunakan untuk komunikasi radio, televisi dan data. Bentuk antenna yang seperti piringan memantulkan sinyal ke titik fokus piringan tersebut. Di titik fokus tersebut ditempatkan sebuah alat yang disebut *feedhorn*. Alat ini menjadi titik pusat untuk pemandu gelombang yang mengumpulkan sinyal di titik fokus dan dekat titik fokus dan mengubahnya menjadi *Low-noise Blok Downconverter* (LNB). LNB mengubah sinyal dari gelombang elektromagnetik menjadi sinyal listrik.



Gambar 2.4 Antena parabola

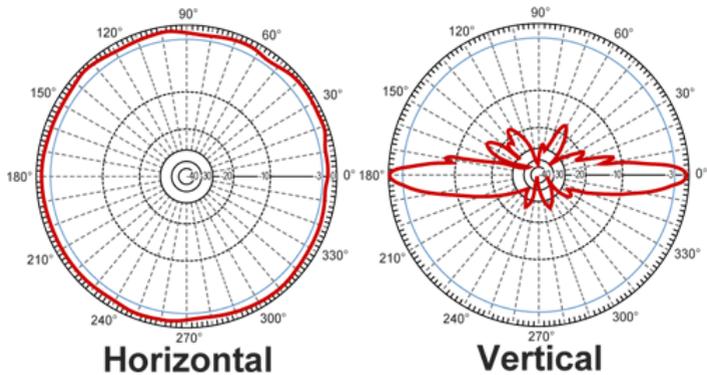
4. Wajan Bolic adalah sebuah antena yang terbuat dari wajan dan paralon untuk memperkuat sinyal radio yang diciptakan oleh Gunadi. Prinsip kerja antena ini yaitu menempatkan bagian sensitif antena pada titik fokus wajan (sebagai *reflektor*), sehingga semua gelombang elektromagnetik yang mengenai wajan akan terkumpul dan diterima oleh bagian sensitif tersebut.



Gambar 2.5 Wajan bolic

2.1.2 Antena Omnidirectional

Antena *omnidirectional* adalah antena yang memiliki kemampuan mengirimkan gelombang radio sebesar 360^0 ke seluruh penjuru. Antena ini umumnya memiliki daya tangkap dan pancar yang lebih rendah daripada antena *directional*.



Gambar 2.6 Pola radiasi antenna *omnidirectional*

Antena *omnidirectional* adalah jenis antenna yang memiliki pola pancaran sinyal ke segala arah dengan daya sama. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, *gain* dari antenna ini harus difokuskan dayanya secara horizontal dengan mengabaikan pola pancaran ke atas dan ke bawah, sehingga antenna dapat di letakkan di tengah-tengah *base station*. Dengan demikian keuntungan dari antenna jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Namun kesulitannya adalah pada pengalokasian frekuensi untuk setiap sel agar tidak terjadi interferensi. Contohnya seperti antenna untuk pemancar *hotspot*, Antena HP, Dipole dan sebagainya.

2.1.3 Antena Tracker

Antena *tracker* merupakan salah satu bagian dari *Ground Control Station* (GCS) yang memiliki fungsi melacak keberadaan sebuah benda bergerak. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengikuti pergerakan sebuah benda yang sedang dilacak. Antena *tracker* mampu melacak keberadaan sebuah benda berdasarkan informasi yang dikirimkan benda kepada antenna.[4] Ada beberapa macam jenis informasi yang digunakan, diantaranya:

1. Berbasis kekuatan sinyal frekuensi. Antena *tracker* jenis ini bekerja berdasarkan kekuatan sinyal frekuensi yang diterima dari benda yang mengirimkan sinyal frekuensi untuk melacak keberadaan benda tersebut. Penggunaan antenna jenis *directional* wajib digunakan.

Pada gambar 2.7 merupakan contoh jenis antena *tracker* berdasarkan kekuatan sinyal frekuensi.



Gambar 2.7 Antena *tracker* berbasis kekuatan sinyal frekuensi

Antena *tracker* ini akan berputar horizontal ke kiri bila kekuatan sinyal frekuensi yang di terima pada antena di bagian kiri lebih besar dari pada antena yang di bagian tengah dan kanan, begitupun sebaliknya. Begitupun dengan ketika bergerak vertikal ke atas bila kekuatan sinyal frekuensi yang diterima lebih besar dari antena di bagian tengah dan bawah, begitupun sebaliknya.

2. Berbasis GPS. Antena *tracker* jenis ini bekerja berdasarkan informasi data koordinat posisi yang di dapatkan dari GPS. Pada gambar 2.8 merupakan contoh jenis antena *tracker* berdasarkan data koordinat GPS.



Gambar 2.8 Antena *tracker* berbasis GPS

Jadi benda yang dilacak akan mengirimkan data koordinat GPS kepada antena sehingga antena dapat mengetahui data koordinat posisi benda tersebut sehingga antena dapat berputar sesuai dengan koordinat posisi dari benda tersebut.

2.2 Arduino Mega

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATMega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*. [5]

Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui bootloader meskipun ada opsi untuk mem-*bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP (*In System Programming*). Arduino mega ini menggunakan chip ATMega 2560, memiliki Pin I/O digital, pin *input* Analog yang lebih banyak dan komunikasi serial lebih banyak dari pada Uno.

Arduino mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berhasil baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui *header* pin Gnd dan Vin pada konektor *power*. Arduino ini dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 volt sampai 20 volt. Terdapat 54 digital pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal sebesar 20-50 K Ω .

Beberapa pin memiliki fungsi khusus, diantaranya serial, eksternal interupsi, SPI, LED dan TWI. Sedangkan untuk *analog input* terdapat 16 pin yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit.

Arduino ini juga memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan arduino lain atau dengan mikrokontroler lainnya. Arduino menyediakan 4 *hardware* komunikasi serial. Sebuah *chip* Atmega 16U2 yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai *COM Port Virtual* untuk berkomunikasi dengan *software* pada komputer. Perangkat lunas arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan pengiriman data dari atau ke arduino.



Gambar 2.9 Arduino Mega

2.3 ATmega 2560

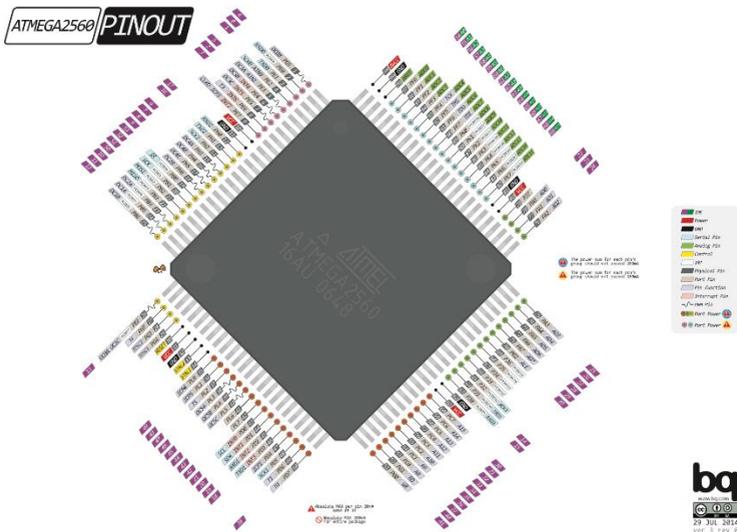
Atmega 2560 adalah sebuah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). ATmega 2560 memiliki beberapa fitur antara lain:

1. 256KB *flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 8 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
2. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 4 KB sebagai tempat penyimpanan data semi *permanent* karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
3. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 8 KB.
4. Memiliki pin I/O digital sebanyak 54 pin yang 15 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.

5. Memiliki pin analog sebanyak 16 pin.

6. Memiliki *clock speed* 16 MHz

Arsitektur AVR ini menggabungkan perintah secara efektif dengan 32 register umum. Semua register tersebut secara langsung terhubung dengan Arithmetic Logic Unit (ALU) yang memungkinkan 2 register terpisah diproses dengan satu perintah tunggal dalam satu *clock cycle*. Hal ini menghasilkan kode yang efektif dan kecepatan proses 10 kali lebih cepat dari pada mikrokontroler CISC biasa.



Gambar 2.10 Pinout ATMega 2560

2.4 UBEC (Universal Battery Elimination Circuit)

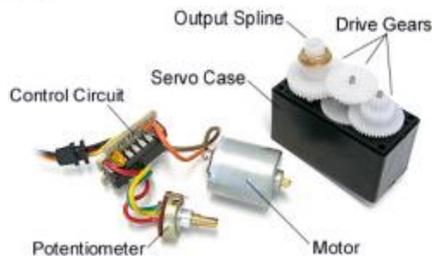
Ubec adalah sebuah rangkaian elektronik yang mengambil daya dari sebuah sumber DC dan menurunkan tegangannya yang dibutuhkan. UBEC yang digunakan memiliki pilihan tegangan *output* 5V / 3A dan 6V / 3A dan memiliki kemampuan tegangan *input* 5.5V – 26V.[6]



Gambar 2.11 UBEC

2.5 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator motor yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup, sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, rangkaian gear, rangkain kontrol dan potensiometer. Rangkaian gear yang terdapat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirimkan melalui kaki sinyal dari kabel motor.

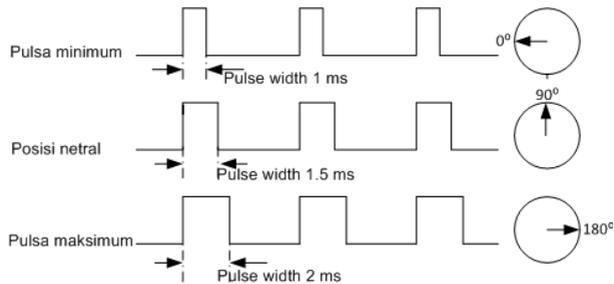


Gambar 2.12 Bagian Motor Servo

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan motor servo DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi dan beban yang berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yaitu:

1. Motor servo standard (servo rotation 180°) adalah jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros outputnya terbatas hanya 90° ke arah kanan dan 90° ke arah kiri.
2. Motor servo rotation continuous merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis motor servo standard, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus baik ke arah kiri maupun kanan.

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° dan sebaliknya bila pulsa yang diberikan lebih dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° .



Gambar 2.13 Pengaturan PWM Servo

Ketika lebar pulsa kendali sudah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan dan berhenti pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau menggerakkan posisi tersebut, maka motor servo akan menahan atau melawan sesuai besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya.

2.6 Radio Telemetri

Radio telemetri adalah sebuah perangkat komunikasi yang menggunakan gelombang radio untuk mengirimkan sebuah informasi dengan jarak yang jauh.[7] Macam-macam radio telemetri diantaranya:

1. RFD900 adalah modem radio *high-power* dengan frekuensi 900Mhz yang didesain untuk komunikasi serial jarak jauh. Jangkauan yang bisa dihasilkan lebih dari 15 km. Beberapa fitur yang terdapat pada radio telemetri ini adalah:
 - a. Kemampuan *transmit* (mengirim) +30 dBm
 - b. *Transmit* dengan filter *low pass*
 - c. Firmware yang *open source*
 - d. Cocok digunakan dengan 3DR



Gambar 2.14 RFD 900 radio telemetri

2. 3dr Radio telemetri adalah modem radio jarak menengah. Radio ini memiliki dua tipe berdasarkan frekuensi yaitu 915 MHz dan 433MHz yang mempunyai kisaran jarak 1 mil. Terdapat dua modul yaitu modul *transmitter* (TX) dan *receiver* (RX). Alat bekerja pada catu daya 5V. Dengan menggunakan 3DR *Radio Config*, alat dapat diatur berdasarkan kebutuhan pemakai, seperti merubah *baud rate*, *air speed*, *TX power*. Beberapa fitur yang terdapat di radio telemetri ini yaitu:
 - a. Kemampuan *receiver* (menerima) -121 dBm.
 - b. Kemampuan *transmit* (mengirim) +20 dBm.
 - c. Kemampuan data di udara 250 kbps.
 - d. *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS)
 - e. Kemampuan adaptif *Time Division Multiplexing* (TDM)

- f. Menggunakan protokol komunikasi *MAVLink*



Gambar 2.15 3DR radio telemetri

3. Xbee Pro adalah sebuah modem radio jarak menengah yang menggunakan komunikasi serial dengan modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK) dengan frekuensi 2,4 GHz. Memiliki jangkauan sekitar 1 mil di ruang bebas. Xbee dapat berfungsi sebagai TX dan RX sekaligus atau dapat melakukan komunikasi dua arah. Beberapa fitur yang terdapat di radio telemetri ini yaitu:
- Memiliki *output* 60 mW (+18 dBm)
 - 128-bit encryption
 - AT atau API command set
 - Memiliki kecepatan data 250 kbps



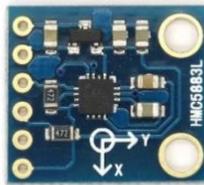
Gambar 2.16 Xbee Pro radio telemetri

2.6.1 *Micro Air Vehicle Link (MAVLink)*

Micro Air Vehicle Link (MAVLink) adalah sebuah protokol untuk berkomunikasi dengan kendaraan tanpa awak berdimensi kecil. *MAVLink* pertama kali diperkenalkan pada tahun 2009 oleh Lorenz Meier dibawah lisensi LGPL. Kebanyakan digunakan untuk komunikasi antara *Ground Control Station (GCS)* dan kendaraan tanpa awak untuk mengirimkan arah, posisi dan kecepatan dari sebuah kendaraan tanpa awak. Sampai saat ini *MAVLink* digunakan sebagai protokol komunikasi dalam berbagai proyek, diantaranya *Autopilots, Long Rang Transmitter* dan *Software*.

2.7 **Sensor Kompas HMC5883L**

HMC5883L adalah sebuah sensor kompas yang memungkinkan untuk dapat mengukur baik arah dan besarnya medan magnet bumi. Sensor ini memiliki 3 sumbu tegak lurus (x, y dan z). Sensor ini memerlukan tegangan sebesar 5 Vdc dengan konsumsi arus 15mA dan berkomunikasi menggunakan I2C.



Gambar 2.17 HMC5883L

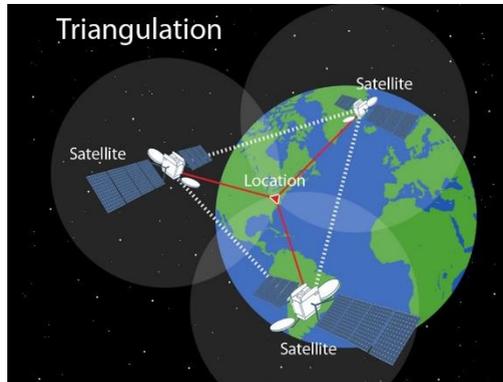
2.8 **Global Positioning System (GPS)**

Global positioning system atau disingkat GPS adalah sistem untuk meletakkan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat dipermukaan dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah dan waktu. Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sistem ini menggunakan satelit yang berada di orbit bumi, yang memancarkan sinyalnya ke bumi dan ditangkap oleh sebuah alat penerima. Akurasi atau ketepatan perlu mendapatkan perhatian bagi penentuan koordinat lokasi. Koordinat posisi ini akan selalu mempunyai faktor kesalahan.

Misalnya alat tersebut menunjukkan sebuah titik koordinat dengan akurasi 3 meter, artinya posisi sebenarnya bisa berada dimana saja dalam radius 3 meter dari lokasi tersebut. Makin kecil angka akurasi, maka posisi alat akan menjadi semakin tepat. Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan akan semakin tinggi. Cara kerja GPS secara logika ada lima langkah yaitu:

1. Memakai perhitungan triangulation dari satelit
2. Untuk perhitungan triangulation, GPS mengukur jarak menggunakan waktu pengiriman sinyal radio.
3. Untuk mengukur waktu pengiriman, GPS memerlukan akurasi waktu yang tinggi
4. Untuk perhitungan jarak, harus diketahui dengan pasti posisi satelit dan ketinggian pada orbitnya.
5. Mengoreksi delay sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima oleh *receiver*.

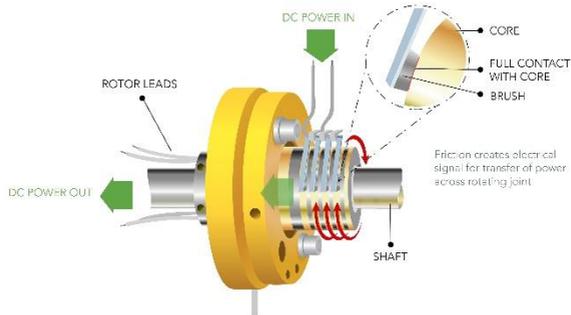
Satelit GPS berputar mengelilingi bumi selama 12 jam di dalam orbit yang akurat dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. GPS *receiver* mengambil informasi dan dengan menggunakan perhitungan triangulation untuk menghitung lokasi pemakai yang tepat. GPS akan membandingkan waktu sinyal dikirim dengan waktu sinyal diterima, maka akan diketahui berapa jarak satelit. Sebuah GPS *receiver* harus mendapatkan minimal tiga satelit agar dapat menghitung posisi 2D (*Latitude* dan *longitude*) dan *track* pergerakan. Jika dapat menerima empat atau lebih satelit, maka dapat menghitung posisi 3D (*Latitude*, *longitude* dan *altitude*). Selanjutnya GPS dapat menghitung informasi lain, seperti kecepatan, arah, jarak tujuan dan masih banyak lagi. Ketelitian koordinat GPS bergantung beberapa faktor diantaranya akurasi data, geometri satelit, metode penentuan posisi dan pemrosesan data.[8]



Gambar 2.18 Cara kerja GPS

2.9 Slip Ring

Slip ring adalah sebuah perangkat elektromekanik yang dapat menyalurkan daya dan sinyal listrik dari stasioneri ke struktur yang berputar. Sebuah slip ring dapat digunakan dalam sistem elektromekanik yang membutuhkan putaran selama transmisi daya atau sinyal. Hal ini dapat meningkatkan kinerja mekanik, menyederhanakan operasi sistem dan menghilangkan kerusakan pada kabel dari bagian yang bergerak. Pada bagian yang bergerak terdapat sikat yang akan menekan pada cincin logam. Sikat dan tersebut akan terhubung dengan sebuah kabel yang akan digunakan untuk menghubungkan jalur listrik.[9]

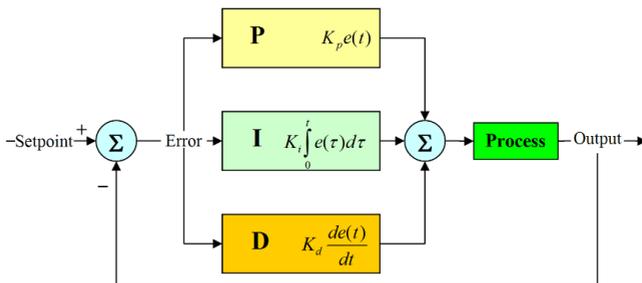


Gambar 2.19 Bagian slip ring

2.10 Kontrol PID

Kontrol PID adalah singkatan dari *Proportional-Integral-Derivative* yang berfungsi untuk sistem pengendali yang bekerja dengan sistem umpan balik untuk mendeteksi nilai *error* sehingga sistem yang menggunakan PID dengan nilai masing-masing P-I-D yang tepat akan memperoleh hasil kendali yang stabil meskipun dalam kondisi dinamis. Dalam aplikasinya, ketiga parameter P, I dan D dapat digunakan secara bersamaan.[10] Ada beberapa parameter penting dalam kontrol PID yaitu:

1. *Input* atau *Setpoint* yang merupakan suatu nilai referensi atau patokan sistem untuk mengendalikan *output* berdasarkan *setpoint* tersebut. PID berperan untuk meredam *error* terhadap *output* agar tidak melebihi *sepoint* ataupun kurang dari *setpoint* berdasarkan umpan balik yang diperoleh.
2. Umpan balik atau *feedback* yang biasanya digunakan adalah umpan balik tertutup. Umpan balik berfungsi untuk mengambil *error* terhadap *setpoint* yang nantinya nilai-nilai yang akan digunakan dalam perhitungan PID.
3. *Output* merupakan hasil akhir dari proses yang akan terus menerus diukur atau diambil nilainya kembali untuk umpan balik sehingga sistem dapat bekerja secara stabil terus menerus.



Gambar 2.20 Diagram Blok Kontrol PID

Penjelasan komponen pada kontrol PID:

1. Kontrol *Propotional*. Kontrol P jika $G(s) = k_p$ dengan k adalah konstanta. Jika $u = G(s) \cdot e$ maka $u = K_p \cdot e$ dengan K_p adalah konstanta *Propotional*, K_p berlaku sebagai *Gain* (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana, kontrol P ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya *rise time* dan *settling time*. Pengontrol *Propotional* memiliki keluaran yang sebanding dengan besarnya nilai *error*. Ciri-ciri dari pengontrol ini adalah:
 - ✓ Jika nilai K_p kecil, pengontrol *propotional* hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat (menambah *rise time*).
 - ✓ Jika nilai K_p dinaikkan, respon sistem akan semakin cepat mencapai keadaan yang ideal (mengurangi *rise time*).
 - ✓ Namun jika nilai K_p diperbesar yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau respon sistem akan berisolasi.
 - ✓ Nilai K_p dapat di atur sedemikian sehingga mengurangi *steady state error*, tetapi tidak menghilangkan.
2. Kontrol *Integral* berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol (*error steady state* = 0). Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur interogator, pengontrol *propotional* tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Jika $G(s)$ adalah kontrol I maka u dapat dinyatakan sebagai $u(t) = [\int e(t)dt]K_i$ dengan K_i adalah konstanta *Integral*. Jika $e(t)$ mendekati konstan (bukan nol) maka $u(t)$ akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki *error*. Jika $e(t)$ mendekati nol maka efek kontrol ini semakin kecil. Kontrol *Integral* dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respon *steady state*, namun pemilihan K_i yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Ciri-ciri dari pengontrol ini adalah:

- ✓ Keluaran pengontrol *integral* membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga pengontrol ini cenderung memperlambat respon.
 - ✓ Ketika sinyal *error* berharga nol, keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya.
 - ✓ Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i .
 - ✓ Konstanta *integral* K_i yang bernilai besar akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran pengontrol
3. Kontrol *Derivative* memiliki sifat bila terjadi perubahan mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Sinyal kontrol u yang dihasilkan oleh kontrol D dapat dinyatakan sebagai $G(s) = s \cdot K_d$. dari persamaan tersebut sifat dari kontrol D ini dalam konteks kecepatan dari *error*. Dengan sifat ini dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi *error* sehingga *error* yang akan terjadi. Kontrol *Derivative* hanya berubah saat ada perubahan *error* sehingga saat *error* statis, kontrol ini tidak akan bereaksi. Hal ini pula yang menyebabkan kontrol ini tidak dapat dipakai sendiri. Ciri-ciri dari pengontrol ini adalah:
- ✓ Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan pengontrol tergantung pada nilai K_d dan laju perubahan sinyal kesalahan.
 - ✓ Pengontrol ini mempunyai karakter untuk mendahului, sehingga kontrol ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar.
 - ✓ Dengan meningkatkan nilai K_d , dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi *overshoot*.

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

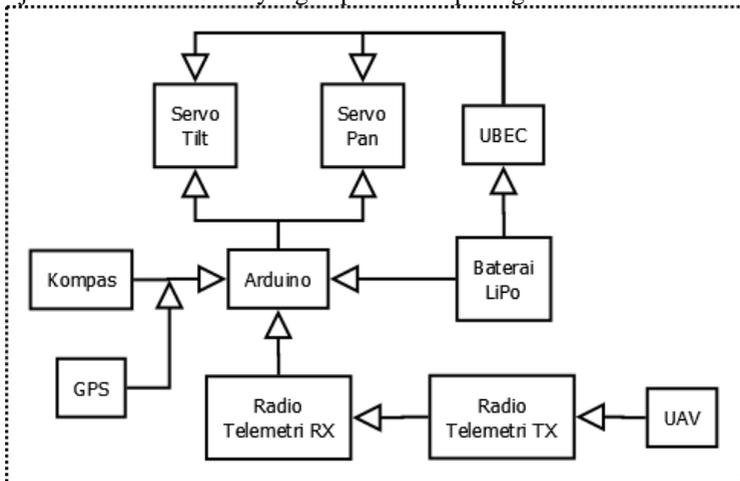
Bab ini membahas mengenai perancangan keseluruhan bagian dan realisasi alat berdasarkan antenna tracker yang sudah ada yang meliputi diagram blok, perencanaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* alat akan dibahas perbagian. Sedangkan penjelasan *software* akan dijelaskan mengenai pembuatan program untuk menggerakkan servo dan pengiriman data koordinat posisi dengan menggunakan program arduino.

Pada pembahasan bab ini akan dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. Diagram blok sistem sebagai alur dari cara kerja sistem.
2. Perancangan *hardware* dengan membuat desain dari antena tracker mengacu dari antena tracker yang sudah ada.
3. Perancangan *software* meliputi *flowchart* program arduino, mencari nilai sudut azimuth dan elevasi, nilai masukan untuk servo.

3.1 Diagram Blok Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan diagram blok dari cara kerja keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

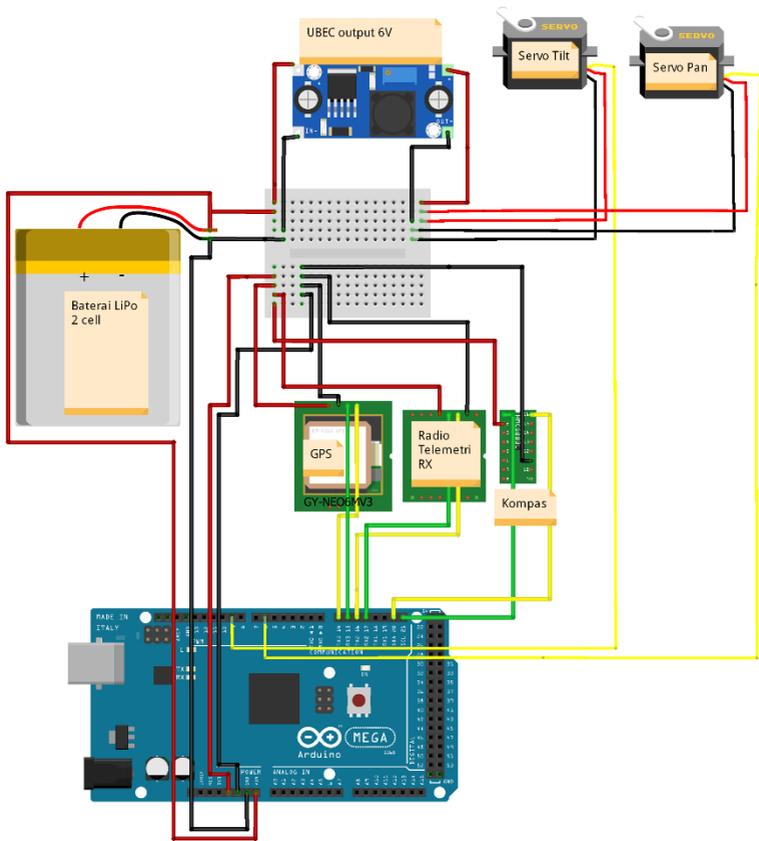
Cara kerja dari sistem ini menggunakan mikrokontroler untuk sebagai kontrol dari beberapa komponen yang digunakan. Sistem ini baterai diparalel untuk mendukung bagian servo dan arduino mega. Karena servo membutuhkan tegangan maksimum adalah 6V, maka sebelum servo diberikan sebuah ubec sebagai regulator tegangan untuk mendapatkan tegangan sebesar 6V dan arus 3A. Sedangkan tegangan yang menuju ke arduino tidak membutuhkan regulator karena di arduino sudah terdapat rangkaian regulator yang memiliki keluaran sebesar 5V. Terdapat sensor GPS yang akan memberikan data koordinat posisi dari antena tracker dan sensor kompas yang akan memberikan data arah dari posisi antena tracker. Selain data koordinat posisi dari antena tracker, alat ini juga akan mendapatkan informasi data koordinat posisi UAV yang dikirimkan menggunakan komunikasi serial lewat radio telemetry TX kemudian akan diterima radio telemetry RX di antena tracker. Perbandingan data koordinat posisi antara antena tracker dan UAV yang nantinya akan dikonversi untuk mendapatkan nilai sudut untuk menggerak servo.

3.2 Perancangan *Hardware*.

Perancangan *hardware* akan dilakukan dengan pembuatan desain antena tracker untuk penggabungan komponen agar bisa diletakkan pada satu tempat yang sama serta desain konfigurasi dari masing-masing servo.

3.2.1 Perancangan *Wiring* Arduino Mega

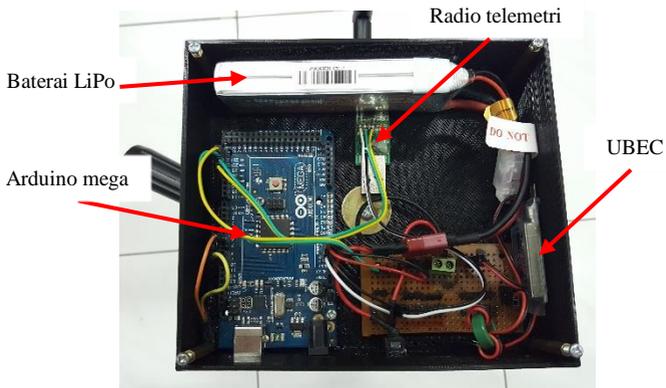
Pada arduino mega dilakukan perancangan perkabelan dari beberapa kompone yang digunakan ke arduino mega agar dapat mengambil data. Di arduino mega terdapat pin komunikasi serial sebanyak tiga. Untuk sersor GPS akan menggunakan pin serial 3 sedangkan radio telemetry penerima akan menggunakan serial 2. Sedangkan sensor kompas akan menggunakan pin SDA (Data Line) dan SCL (Clock Line). Sedangkan servo masing-masing akan menggunakan pin digital 6 dan 9.



Gambar 3.2 *Wiring* Arduino Mega

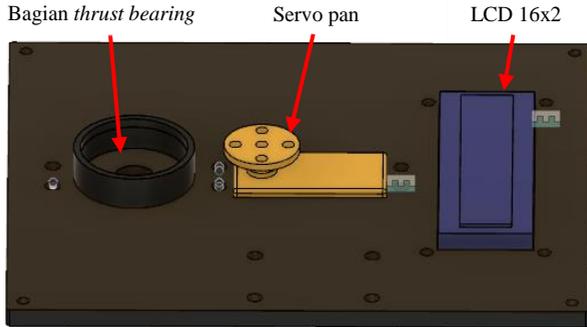
3.2.2 Perancangan Desain Antena Tracker

Pada perancangan desain ini penulis menggunakan desain antena *tracker* yang sudah ada sebagai referensi. Akan tetapi desain juga disesuaikan dengan bentuk dan ukuran komponen yang digunakan. Desain akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian yang berputar dan bagian yang tidak berputar. Pada bagian tidak berputar akan dibuat sebuah tempat berbentuk kotak yang dapat menampung beberapa komponen seperti arduino mega, sensor GPS, radio telemetri penerima, UBEC, baterai dan satu servo.



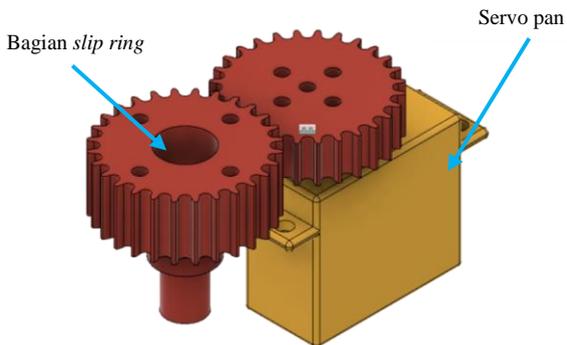
Gambar 3.3 Bagian dalam antena *tracker*

Pada bagian atas memerlukan ketelitian dalam mendesain agar komponen dapat dirangkai dengan mudah. Servo yang digunakan adalah Towerpro MG995 yang memiliki ukuran dimensi 54 mm (panjang) x 20 mm (lebar) x 42,7 mm (tinggi). Kemudian sebuah LCD 16x2 yang memiliki ukuran dimensi 84 mm (panjang) x 44 mm (lebar) x 13 mm (tinggi). Pada *horn* servo dibuat sebuah *gear* dengan ukuran diameter 35 mm dan ketebalan 10 mm. *Gear* ini akan menjadi penghubung untuk menggerakkan bagian yang berputar. Karena bagian ini akan terhubung dengan bagian yang berputar, maka akan digunakan sebuah *thrust bearing* yang memiliki diameter dalam 15 mm dan diameter luar 28 mm, agar bagian yang berputar dapat berputar dengan baik. Gambar 3.3 adalah desain bagian atas pada bagian yang tidak berputar.

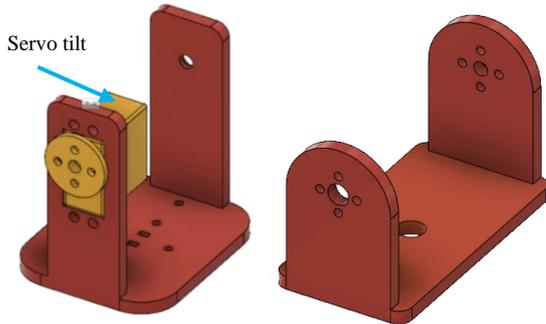


Gambar 3.4 Desain Bagian Atas

Pada bagian yang berputar, pertama kali dibuat sebuah *gear* yang memiliki perbandingan ukuran 1:1 dengan *gear* pada *horn* servo pan seperti gambar 3.4. Desain *gear* sedikit berbeda dikarenakan pemberian lubang pada tengah *gear* yang bertujuan sebagai tempat untuk *slip ring* dan juga dibuat panjang pada bagian lubang yang bertujuan menahan *gear* agar tidak berubah posisi. *Gear* ini akan ditempatkan diatas *thrust bearing*. Diatas *gear* ini dibuat sebuah *bracket* sebagai tempat untuk servo tilt seperti pada gambar 3.5. Servo yang digunakan adalah hitec HS-5245MG yang memiliki ukuran 32 mm (panjang) x 17 mm (lebar) x 31 mm (tinggi). Kemudian juga dibuat sebuah *bracket* yang akan dihubungkan dengan *horn* servo tilt yang akan berputar secara vertikal dengan sudut sebesar 90° .



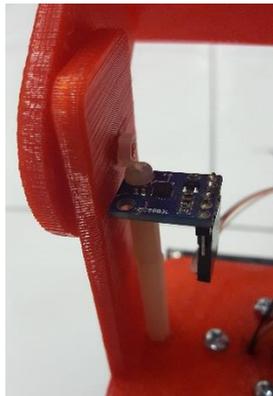
Gambar 3.5 Desain Gear



Gambar 3.6 Desain *Bracket*

Desain dari *bracket* harus benar-benar teliti dalam melaksanakan pengukuran, terutama ketika mengukur panjang *bracket*. Panjang *bracket* ini dihitung dari posisi *horn* servo tilt sampai dengan bagian terluar dari *bracket* servo tilt dan diberikan jarak 2 mm agar terdapat jarak ketika *bracket* melaksanakan pergerakan secara vertikal.

Kemudian adalah letak pemasangan sensor kompas. Sensor kompas diletakkan menjadi satu tempat dengan *bracket* servo tilt. Karena sensor kompas sangat terpengaruh dengan benda yang berbahan besi, maka pemasangan sensor menggunakan baut dan *spacer* dari bahan plastik.



Gambar 3.7 Letak sensor kompas

3.3 Perancangan software

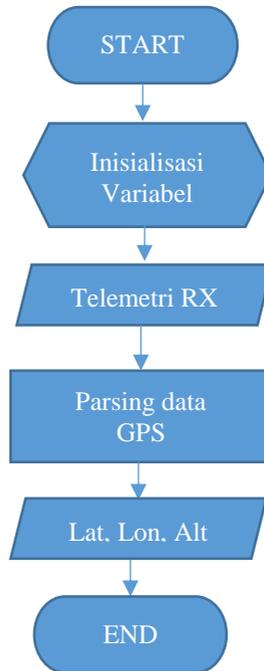
Pada tahap perancangan *software* ini, arduino mega akan mendapatkan data dari beberapa komponen yang kemudian akan dikonversi oleh arduino untuk sebagai nilai *input* dari kedua servo. Untuk mengetahui cara kerja program yang digunakan pada sistem ini berikut *flow chart* dari program utama dari alat ini.



Gambar 3.8 Flow Chart Arduino

3.3.1 Penerimaan Data GPS

Pada tahapan ini, semua data GPS dari antena *tracker* dan UAV diolah di dalam arduino. GPS yang digunakan mempunyai banyak data ketika dikirimkan. Di dalam arduino ini data GPS tersebut di *parsing* atau pemecah sesuai data yang dibutuhkan. Data yang dibutuhkan yaitu *latitude*, *longitude* dan *altitude*. Berikut adalah flow chart programnya.



Gambar 3.9 Flow Chart Penerimaan Data GPS

3.3.2 Pengolahan data GPS

Data yang diterima dari sensor GPS sangat banyak, maka dilakukan *parsing data* atau pemecah data, karena data yang dibutuhkan berupa data *latitude, longitude dan altitude*. Setelah data GPS dari antena tracker dan UAV didapatkan maka akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan sudut azimuth dan sudut elevasi antara keduanya.

Sudut azimuth dan sudut elevasi didapatkan dengan menggunakan teori pythagoras. Sebelumnya data jarak kedua koordinat didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}dLat &= LatUAV - LatANT \\dLon &= LonUAV - LonANT \\a &= \left(\sin\left(\frac{dLat}{2}\right)\right)^2 + \cos(LatANT) * \cos(LatUAV) * \left(\sin\left(\frac{dLon}{2}\right)\right)^2\end{aligned}$$

Dimana R adalah radius bumi yang memiliki nilai 63.72795 meter. Distance adalah nilai jarak antara antena tracker dan UAV berdasarkan data koordinat posisi dalam satuan meter.

Setelah data jarak kedua koordinat didapatkan, sudut azimuth didapatkan menggunakan persamaan. Sudut azimuth ini adalah nilai sudut antara posisi antena dengan UAV dalam derajat secara garis horizontal. Persamaannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}a &= \sin(dLat) * \cos(LatUAV) \\b &= (\cos(LatANT) * \sin(LatUAV)) - (\sin(LatANT) * \cos(LatUAV) \\&\quad * \cos(dLon)) \\sudut\ azimuth &= (atan2(a, b) * \left(\frac{180}{\pi}\right))\end{aligned}$$

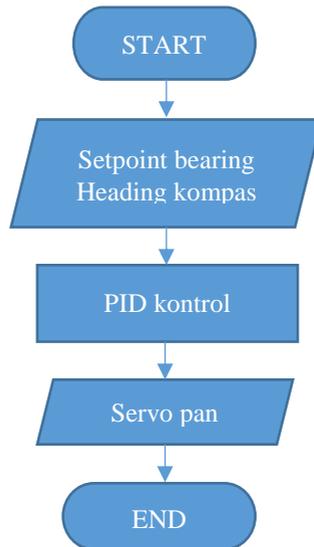
Sudut elevasi adalah sudut yang berdasarakan garis vertikal. Persamaan untuk mendapatkan nilai sudut elevasi Dimana radian memiliki nilai 57,324840. Berikut persamaannya:

$$\begin{aligned}dAlt &= AltUAV - AltANT \\a &= atan2(dAlt, Distance) \\sudut\ elevasi &= a * Radian\end{aligned}$$

Setelah jarak, sudut azimuth dan sudut elevasi didapatkan, maka data ini akan digunakan untuk menggerakkan servo.

3.3.3 Servo Pan

Pada tahap ini, arduino akan memberikan nilai inputan terhadap servo pan berdasarkan hasil pengolahan data GPS dari antenna tracker dan UAV. Berdasarkan konfigurasi servo yang sudah direncanakan, servo pan dapat berputar 360°. Karena servo yang digunakan adalah servo tipe *continous rotation* maka nilai *input* servo berbeda dengan servo standart. Servo ini dapat berputar *clockwise* (searah jarum jam) dan *counter clockwise* (berlawanan jarum jam). Berikut flow chart program untuk kontrol servo pan.



Gambar 3.10 Flow Chart Pada Servo Pan

Untuk mengetahui posisi dari servo pan, digunakan sensor kompas. Data arah posisi servo pan yang berasal dari kompas akan dibandingkan dengan nilai sudut azimuth. Sehingga akan didapatkan nilai selisih (*error*) dari arah posisi antenna tracker dan UAV, agar dapat diketahui berapa besar putaran sudut servo pan supaya antenna tracker ke arah posisi dari UAV. Nilai *error* yang sudah didapatkan kemudian diolah dengan formula kontrol PID sehingga diharapkan dapat menghasilkan nilai *input* servo yang optimal dengan cara mentuning nilai dari K_p , K_i dan K_d pada formula PID.

3.3.4 Servo Tilt

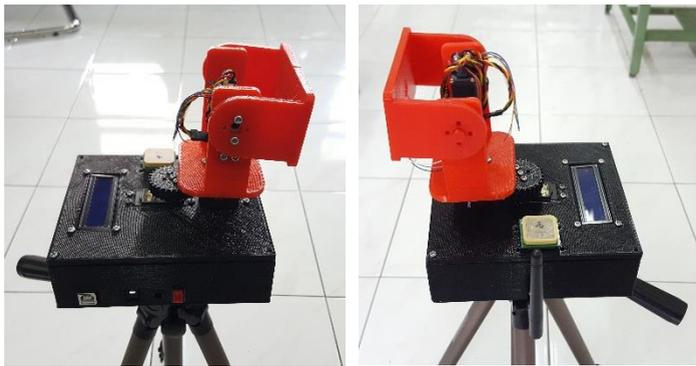
Sedangkan untuk servo tilt digunakan servo tipe standart yang memiliki nilai *input* servo berupa nilai PWM (*Pulse width Modulation*). Servo tilt akan memiliki konfigurasi putaran 90° , sehingga putaran servo akan diberikan batas berputar sebesar 90° . Berdasarkan dari persamaan sudut elevasi yang didapatkan akan dijadikan nilai pengurangan dengan nilai 90 , yang akan menghasilkan selisih sudut (*error*). Nilai *error* tersebut yang digunakan sebagai nilai *input* servo ini yang bergerak berdasarkan garis vertikal dari posisi dari UAV. Berikut flow chart program untuk kontrol servo tilt:



Gambar 3.11 Flow Chart Pada Servo Tilt

3.4 Realisasi Alat

Pada tahap ini akan merealisasikan sistem sesuai dengan hasil perancangan *hardware* dan *software* yang telah dijelaskan sebelumnya. Antena yang sudah didesain sebelumnya kemudian dicetak menggunakan *printer 3D*. Kemudian bagian-bagian yang sudah selesai dicetak, dilakukan perakitan terhadap komponen yang akan digunakan. Setelah selesai dirakit, antena *tracker* ditempatkan pada sebuah *tripod* yang berfungsi sebagai penyangga dari antena *tracker* ini. Berikut pada gambar 3.12 merupakan bentuk Antena *Tracker*.



Gambar 3.12 Antena *Tracker*

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian dan analisa dari sistem perancangan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan dalam beberapa langkah yang akan dijelaskan sebagai berikut:

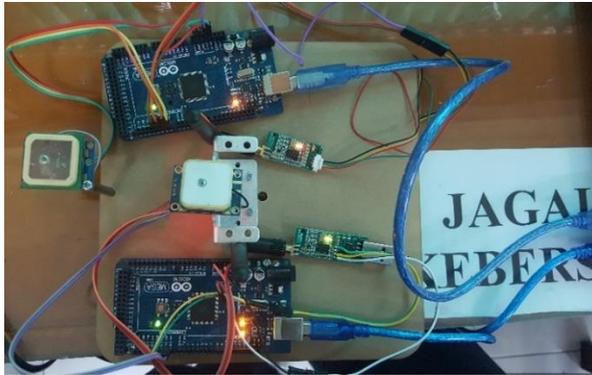
4.1 Pengujian GPS

Pada tahap ini, data GPS yang diterima oleh arduino masih berupa data mentah. Oleh sebab itu data dari GPS harus dilakukan *parsing* atau memecah data agar data yang dibutuhkan bisa didapatkan. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, data dari GPS yang di butuhkan adalah data *latitude*, *longitude* dan *altitude* baik dari antena tracker maupun UAV. Berikut pada gambar 4.1 hasil data GPS yang masih berupa data mentah dan sesudah di lakukan *parsing*.

Gambar 4.1 Data GPS Sebelum dan Sesudah *Parsing*

4.2 Pengujian Penerimaan Data dari UAV

Data GPS dari UAV akan dikirimkan ke antena tracker menggunakan komunikasi serial dengan bantuan radio telemetri. Data yang dikirimkan tersebut akan diterima arduino melalui radio telemetri di antena tracker, kemudian dijadikan sebagai data koordinat posisi dari UAV. Pengujian ini dilakukan agar data GPS dari UAV bisa dikirim dan diterima dengan baik, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam proses ini. Pada gambar 4.2 diperlihatkan pengujian dilakukan dengan arduino 1 (bawah) sebagai antena *tracker* dan arduino 2 (atas) sebagai UAV.



Gambar 4.2 Pengujian data GPS dari UAV

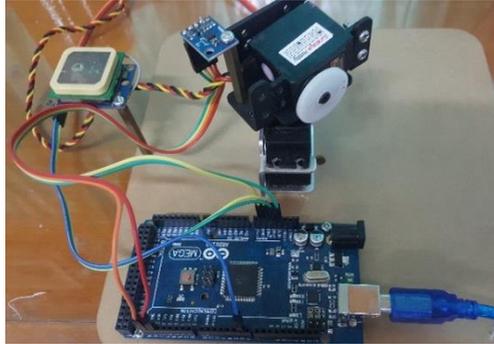
4.3 Pengujian Sudut *Heading* Sensor Kompas

Dengan bantuan sensor kompas, antenna tracker dapat mengetahui sudut *heading*. Nilai sudut *heading* yang didapatkan mengalami perubahan. Setiap 20 ms terjadi perubahan nilai sudut sebesar $\pm 1^\circ$. kemudian dilakukan sampling pada nilai kompas sebanyak lima kali. Hasilnya nilai yang didapatkan lebih baik ketika sebelum dilakukan sampling. Sampling data dilakukan agar nilai kompas stabil, sehingga tidak mengurangi ketidakakuratan dari sudut *heading* dari antenna tracker. Berikut pada gambar 4.3 hasil dari perbandingan kedua nilai sudut kompas sebelum di sampling (kompas 1) dan sesudah di sampling (kompas 2).

Gambar 4.3 Data Sudut *Heading* Kompas

4.4 Pengujian Gerak Putar Servo Pan.

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk memberikan nilai *input* pada servo pan agar mampu berputar sesuai dengan data koordinat posisi dari UAV. Pengujian dilakukan dengan cara menentukan sudut (*setpoint*) yang akan menjadi tujuan sudut *heading* antenna tracker. Dengan persamaan hasil pengurangan dari sudut (*setpoint*) dengan arah (*heading*) dari antenna tracker yang berdasarkan nilai dari sensor kompas akan dihasilkan sudut *heading*. Hasil pengurangan tersebut akan dijadikan nilai *error*, sehingga nilai *error* tersebut akan dijadikan nilai *input* putaran servo pan. Berikut gambar 4.4 pengujian terhadap gerak putar servo pan terhadap *setpoint* yang sudah ditentukan.



Gambar 4.4 Pengujian Servo Pan

4.5 Pengujian Gerak Putar Servo Tilt

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap nilai *input* untuk servo tilt dari persamaan yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan membawa obyek ketempat yang semakin tinggi dari posisi antenna tracker. Terjadi perubahan ketinggian sehingga nilai *input* servo tilt juga mengalami perubahan. Perubahan nilai *input* servo tilt terjadi ketika ketinggian berubah 1-3 meter seperti pada gambar 4.5

Gambar 4.5 Pengujian Servo Tilt

4.6 Pengujian Antena

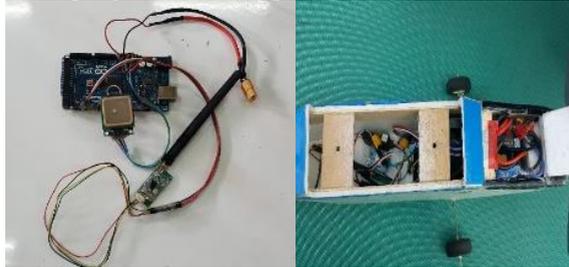
Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap kemampuan antena dalam menerima data berdasarkan jarak jangkauan. Ada dua jenis antena yang digunakan dalam percobaan ini, yaitu antena *Omnidirectional* dan antena *directional*. Pengujian dilakukan di luar ruangan sehingga tanpa halangan. Dari hasil percobaan terdapat perbedaan jarak jangkauan antara menggunakan antena *Omnidirectional* dan antena *directional*.

Tabel 4.1 Pengujian Jarak Jangkauan Antena

Data ini didapatkan dari data *Received Signal Streght Indicator* (RSSI) yang ada pada *3DR Config*. Dari data tersebut akan dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak antara antena penerima dan pengirim, maka data yang diterima akan semakin hilang.

4.7 Pengujian Terhadap UAV

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem alat secara keseluruhan dengan menggunakan UAV sebagai obyek. Pada UAV dipasang sensor GPS, radio telemetri *TX* yang di hubungkan dengan sebuah arduino mega sebagai kontrol pengiriman data seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.6 Peralatan di UAV

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui apakah masing-masing sistem yang telah dilakukan pengujian dapat berjalan dengan baik ketika sistem disatukan. Pada gambar 4.7 adalah hasil dari respon pencapaian antena *tracker* ke UAV berdasarkan waktu. Sumbu Y pada grafik adalah nilai *input* servo pan yang dihasilkan agar mencapai target pergerakan antena *tracker* berdasarkan formula PID yang telah dibuat dengan nilai $K_p = 0.4$, $K_i = 0.00005$ dan $K_d = 0.1$. Pemberian nilai K_p , K_i dan K_d dengan cara *trial* dan *error*.

Gambar 4.7 Grafik pencapaian Antena ke UAV

Dari hasil grafik respon Antena ke UAV, dapat diketahui bahwa pada saat *overshoot* dibutuhkan waktu selama 9 *miliseconds*. Sedangkan *delay time* dibutuhkan selama 2 *miliseconds*.

Pada gambar 4.8 dan 4.9 hasil monitoring dari pergerakan servo pan. Hasil pengurangan (*error*) dari sudut azimuth yang dihasilkan (*setpoint*) dengan sudut *heading* yang dihasilkan oleh sensor kompas.

Gambar 4.8 Grafik Gerak Servo Pan

Gambar 4.9 Grafik *Error* Servo Pan

Sedangkan pada gambar 4.10 dan 4.11 adalah hasil monitoring terhadap pergerakan servo tilt. Pada grafik sudut elevasi dan *error* elevasi, ketika sudut elevasi mengalami penurunan nilai maka error elevasi akan mengalami kenaikan berdasarkan persamaan yang sudah dibuat.

Gambar 4.10 Grafik Jarak dan Δ Tinggi

Gambar 4.11 Grafik Sudut Elevasi dan Error Elevasi

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini akan disimpulkan dari yang telah didapatkan selama proses pembuatan *hardware* dan *software* selama Tugas Akhir ini. Ada beberapa kesimpulan dan saran yang dapat dilakukan perbaikan dan pengembangan agar nantinya bisa lebih bermanfaat.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil yang telah diperoleh, didapatkan kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dalam pengembangan antena *tracker* ini digunakan sensor kompas agar dalam memberikan nilai *input* untuk servo pan lebih dapat lebih presisi.
2. Dalam pengujian servo pan, dapat diketahui bahwa batas *input* servo pan ketika tidak berputar adalah 88 – 91.
3. Dalam pengujian servo tilt, dapat diketahui bahwa pergerakan servo akan mengalami perubahan ketika Δ ketinggian berubah antara 1-3 meter.
4. Dibutuhkan waktu *overshoot* 9 *miliseconds* dan waktu *delay* 2 *miliseconds*.
5. Berdasarkan pengujian, terdapat perbedaan jarak jangkauan antena ketika menggunakan antena *omnidirectional* dan *directional*.
6. Dengan bantuan komponen *slip ring*, tidak perlu dikhawatirkan akan terjadi permasalahan *wiring* pada bagian yang berputar.
7. Kondisi cuaca sangat mempengaruhi tingkat akurasi data GPS.

5.2 Saran

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini ada beberapa hal yang dapat disarankan penulis terkait pengembangan selanjutnya. Antara lain sebagai berikut:

1. Penggabungan dengan sebuah *On Screen Display* (OSD) agar dapat ditampilkan parameter dari UAV
2. Penambahan sebuah kamera sehingga dapat menampilkan obyek yang di *tracker* dalam sebuah layar monitor.

Demikian saran yang dapat penulis sampaikan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat kedepannya.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stutzman, W.L., dan Thiele, G.A., “*Antenna Theory and Design*”, Third Edition, 2012
- [2] Sivaram C., “Performance of TCP with Directional Antennas”, Massachusetts Institute of Technology, 2006
- [3] Ardupilot.org, “Antenna Tracker”, diakses pada tanggal 20 September 2016, <http://ardupilot.org/copter/docs/common-antenna-tracking.html>
- [4] *Antenna Tracking*, diakses pada tanggal 16 September 2016, ardupilot.org/copter/docs/common-antenna-tracking.html
- [5] Arduino Founder, Introduction of Arduino, diakses pada tanggal 10 Oktober 2016, <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [6] Henry J. Zhang, “*Basic Concepts of Linier Regulator and Switching Mode Power Supplies*”, 2013
- [7] Ardupilot.org, “Telemetry”, diakses pada tanggal 30 Oktober 2013, <http://ardupilot.org/copter/docs/common-telemetry-landingpage.html>
- [8] Patrick Bertagna, “*How does a GPS tracking system work?*”, www.eetimes.com, 2010.
- [9] Proxy, “Slip Ring”, diakses pada tanggal 25 Oktober 2016 <https://powerbyproxi.com/slip-ring/>
- [10] Astrom J, Karl. dan Hangglund, Tore., “*PID Controllers: Theory, Design and Tuning*”, 1995

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

LAMPIRAN

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri - ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Muhammad Hanif Al Banna
NRP : 2214 105 003
Bidang Studi : Elektronika
Tugas Diberikan : Semester Gasal Th. 2016/2017
Dosen Pembimbing : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D
Judul : Pengembangan Antena Tracker berbasis Global Positioning System (GPS) untuk Komunikasi Pesawat Tanpa Awak
(*Development of Antenna Tracker based on Global Positioning System (GPS) for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Communication*)

15 SEP 2016

Uraian Tugas Akhir :

Antena tracker adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pelacak sebuah *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Alat ini dapat melacak pergerakan pesawat dengan menggunakan prinsip gerak sudut *azimuth* dan sudut *elevasi* dengan menggunakan data koordinat posisi dari *Global Positioning System (GPS)*.

Antena tracker ini merupakan jenis antena *directional*. Jenis antena ini memungkinkan untuk meningkatkan kemampuan pada saat mengirim dan menerima serta mengurangi gangguan dari sumber-sumber yang tidak diinginkan. Oleh sebab itu jenis antena *directional* sangat direkomendasikan dari pada antena *omnidirectional*, karena memiliki pancaran ke segala arah sehingga kesulitan untuk melakukan komunikasi data secara baik.

Antena tracker ini terdapat dua buah servo, yaitu servo pan (*azimuth*) dan servo tilt (*elevasi*). Kedua servo tersebut digerakkan oleh alat pengontrol yaitu arduino nano yang terpasang pada antena. Pergerakan kedua servo diakibatkan oleh data koordinat posisi yang berasal dari GPS yang terpasang pada UAV. GPS mengirimkan data ke antena tracker menggunakan sistem telemetri yang dapat berfungsi sebagai pengirim dan penerima. Data dari GPS yang diterima antena kemudian diubah menjadi *Pulse Width Modulation (PWM)* sebagai inputan untuk menggerakkan servo.

Tujuan dari antena tracker agar dapat mengetahui koordinat posisi UAV. Selain menerima data GPS dari UAV, antena tracker juga dapat mengirimkan data koordinat posisi ke UAV agar koordinat posisi antena tracker dapat diketahui UAV.

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri – ITS

Dosen Pembimbing,


Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
NIP. 198101182003121003

Menyetujui,
Kepala Laboratorium AJ-304


Ir. Tasripan, MT.
NIP. 196204181990031004



Mengetahui,
Koordinator Program Studi S1

Dede Chandra Riawan, ST. M.Eng. Ph. D
NIP. 197311192000031001

Listing Program Arduino Antena Tracker

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//LCD I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);

Servo bearing_servo;
Servo elevation_servo;
TinyGPSPlus gps,gps2;

//uav location
double uav_lat, uav_lon, uav_alt;

//ant location
double home_lat, home_lon, home_alt;

//antenna to uav
double distanceTouav, courseTouav;

//Elevation variable
double rel_alt, angle_elev, error_out_elevation;
int out_elevation;

//PID_bearing
double error, last_error;
unsigned long now, last_time;
double Dt, Setpoint, out_bearing;
double P_bearing, I_bearing, D_bearing;
double Kp, Ki, Kd;
//i2C Compass HMC 5883L
```

```

#define address 0x1E //0011110b, I2C 7bit address of HMC5883
int x, y, z; //triple axis data
float heading;

//Sampling heading compass
int hasil;
int a[5];

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial1.begin(9600);
  Serial2.begin(9600);
  Wire.begin();
  bearing_servo.attach(6);
  elevation_servo.attach(9);
  Init_compas();
  for (int i=0;i<5;i++)
  {
    a[i] = 0;
  }
  //active LCD module
  lcd.begin(16, 2); // for 16 x 2 LCD module
  delay(100);
  lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE);
  lcd.setBacklight(HIGH);
  delay(100);

  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print("Antena");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("Tracker");
}
void loop()
{

```

```

gps_uav();
gps_home();
get_compas();
ant_to_uav();
calc_bearing();
calc_elevation();
bearing_servo.write(out_bearing);
elevation_servo.writeMicroseconds(out_elevation);
}

```

//Get GPS Antenna

```

void gps_home()
{
  while (Serial2.available()>0)
  {
    gps.encode(Serial2.read());
  }
  if (gps.location.isUpdated())
  {
    home_lat = gps.location.lat();
    home_lon = gps.location.lng();
    home_alt = gps.altitude.meters();
  }
}

```

//Get GPS UAV

```

void gps_uav()
{
  while (Serial1.available()>0)
  {

```

```

    gps2.encode(Serial1.read());
}
if (gps2.location.isUpdated())
{
    uav_lat = gps2.location.lat();
    uav_lon = gps2.location.lng();
    uav_alt = gps2.altitude.meters();
}
}

//Get heading and distance from Antenna to UAV
void ant_to_uav()
{
    distanceTouav = TinyGPSPlus::distanceBetween (home_lat,
home_lon, uav_lat, uav_lon);
    courseTouav = TinyGPSPlus::courseTo(home_lat, home_lon, uav_lat,
uav_lon);
}

void Init_compas()
{
    //Put the HMC5883 IC into the correct operating mode
    Wire.beginTransmission(address); //open communication with
HMC5883
    Wire.write(0x02); //select mode register
    Wire.write(0x00); //continuous measurement mode
    Wire.endTransmission();
}

void get_compas()
{
    //HMC5883 begin reading data
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.write(0x03);
    Wire.endTransmission();
    Wire.requestFrom(address, 6);
}

```

```

if (6 <= Wire.available()) {
    x = Wire.read() << 8; //X msb
    x |= Wire.read(); //X lsb
    z = Wire.read() << 8; //Z msb
    z |= Wire.read(); //Z lsb
    y = Wire.read() << 8; //Y msb
    y |= Wire.read(); //Y lsb
}
}

float get_heading_compass()
{
float headingCompass = atan2(y, x);
// Set declination angle on your location and fix heading
// You can find your declination on: http://magnetic-declination.com/
// (+) Positive or (-) for negative
// For Bytom / Poland declination angle is 4'26E (positive)
// Formula: (deg + (min / 60.0)) / (180 / M_PI);
float declinationAngle = (1.0 + (4.0 / 60.0)) / (180 / M_PI);
headingCompass += declinationAngle;

// Correct for when signs are reversed.
if (headingCompass < 0)
    headingCompass += 2 * PI;

// Check for wrap due to addition of declination.
if (headingCompass > 2 * PI)
    headingCompass -= 2 * PI;

// Convert radians to degrees for readability.
int headingDegrees = headingCompass * 180 / M_PI;
heading = headingDegrees;

a[4] = a[3];

```

```

a[3] = a[2];
a[2] = a[1];
a[1] = a[0];
a[0] = heading;
hasil = 0;
for(int i=0;i<5;i++)
{
    hasil = hasil + a[i];
    //Serial.println(a[i]);
}
hasil = hasil / 5;
return hasil;
}

```

```

void calc_bearing()
{
    now = millis();
    Dt = (double)(now - last_time);
    last_error = error;
    last_time = millis();
    Setpoint = courseTouav;
    error = Setpoint - hasil;

    if (error > 180)
    {
        error = -1 * (360.00 - (Setpoint - hasil));
    }
    else if (error < -180)
    {
        error = (360.00 + (Setpoint - hasil));
    }
    Kp = 0.35;
    Ki = 0.0004;
    Kd = 0.4;
}

```

```

P_bearing = (error * Kp);
I_bearing = (((error * Dt) + I_bearing) * Ki);
D_bearing = (((error - last_error) * Kd) / Dt);
out_bearing = (90.00 + (P_bearing + I_bearing + D_bearing));
}

void calc_elevation()
{
    rel_alt = uav_alt - home_alt; //set error
    float alt = atan2(rel_alt, distanceTouav);
    alt = alt * 57,324840;
    float elev = round(alt);
    angle_elev = elev;
    error_out_elevation = 90 - angle_elev;
    error_out_elevation = (error_out_elevation / 45) *(2240-1500);
    out_elevation = 745 + error_out_elevation;
    if(out_elevation<=1350)out_elevation=1350;
    if(out_elevation>=2240)out_elevation=2240;
}

```

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Muhammad Hanif Al Banna. Dilahirkan di Magelang, pada tanggal 1 Juni 1986 merupakan putra dari dua bersaudara pasangan Bapak Muhammad Dzulkifli Iqbal. Penulis menamatkan sekolah di SD Muhammadiyah Payaman tahun 1998. Kemudian masuk ke SMPN 2 Magelang, tamat tahun 2001, dan melanjutkan di SMAN 5 Magelang dan tamat pada tahun 2004. Pada tahun 2005, penulis melanjutkan pendidikan di AAU (Akademi Angkatan Udara) Yogyakarta dan tamat pada tahun 2008. Selanjutnya penulis mendapatkan kesempatan dari TNI AU untuk melaksanakan pendidikan S1 program Lintas Jalur di Jurusan Teknik Elektro, FTI – ITS Surabaya pada pertengahan tahun 2014. Penulis memilih bidang studi Elektronika dan mengambil topik Tugas Akhir di Laboratorium Mikrokontroler dan Mikroprosesor.

E-mail : moeh552@gmail.com

--Halaman ini sengaja dikosongkan--