

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penggunaan *tracking* objek merupakan sebuah proses pelacakan dan pendeteksian objek tertentu. *Tracking* objek telah diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya *tracking* objek pada antenna untuk muatan bergerak. Dimana antenna bergerak mengikuti arah pergerakan atau penjejakan posisi muatan berdasarkan data yang telah dikirimkan. Bab ini berisi penelitian yang terkait dengan perkembangan penelitian mengenai sistem *tracking* untuk objek bergerak. Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu ini, masih relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Afdila & Sani (2015) melakukan perancangan dan pengimplementasian sistem *autotracking* untuk antenna *undirectional* frekuensi 2.4 GHz dengan menggunakan mikrokontroler arduino. Pengamatan ini bertujuan agar stasiun penerima selalu terarah ke muatan yang diterbangkan agar komunikasi antara muatan (*payload*) dengan stasiun penerima dapat terjalin dengan baik. Penelitian ini menggunakan model sistem *autotracking* dimana data dari muatan dikirimkan dan kemudian diterima oleh *receiver* Xbee Pro S2B yang terhubung langsung dengan antenna Yagi 2.4 GHz. Nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dari Xbee akan diukur oleh Arduino. Apabila RSSI dibawah nilai *threshold* yang ditetapkan, maka Arduino akan memerintahkan motor servo untuk bergerak sebaliknya jika nilai RSSI yang didapatkan melewati nilai *threshold*, maka Arduino akan memerintahkan motor servo untuk tetap diam hingga nilai RSSI berada dibawah nilai *threshold*. Dari pengujian langsung di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio, diperoleh nilai RSSI rata-rata adalah 156.8, 157, dan 156.6 untuk sudut hadap antenna 40°, 90° dan 140° terhadap muatan dan kesalahan pengarahannya rata-rata dari sistem *autotracking* yang dirancang adalah $< 9^\circ$.

Asvial dkk (2010) melakukan rancang bangun perangkat lunak sistem *auto tracking satellite antenna mobile* menggunakan metode azimuth-elevasi dan koreksi modem. Sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol, GPS sebagai input lokasi dari antena, kompas digital sebagai input arah *pointing* awal antena, rotari enkoder sebagai sensor pergerakan azimuth dan elevasi, serta modem untuk melihat besar Eb/No sinyal. Kontroler ini menggunakan dua tahapan dalam proses *tracking* satelit. Tahapan awal ialah metode azimuth-elevasi dengan menggunakan masukan dari GPS, kompas digital, serta posisi satelit (baik koordinat, maupun ketinggiannya) yang tersimpan dalam mikrokontroler. Kontroler menghitung besar sudut azimuth dan elevasi antena terhadap satelit, kemudian menggerakkan antena sesuai dengan sudut azimuth dan elevasinya. Tahapan selanjutnya ialah koreksi modem dimana pada tahapan ini pergerakan antena diatur hingga didapat nilai Eb/No sinyal yang terbesar. Percobaan tersebut memiliki nilai koreksi data sebesar $1,4^\circ$ untuk sudut elevasi dan $0,4^\circ$ untuk sudut azimuth.

Nugraha dan Sumiharto (2015) melakukan penelitian tentang purwarupa sistem kendali antena pendeteksi bergerak terhadap posisi koordinat posisi pesawat udara tanpa awak, dimana sistem pada antena pendeteksi bergerak berdasarkan koordinat posisi pesawat udara tanpa awak menggunakan kendali PID dan sikap koreksinya. Nilai acuan yang digunakan untuk kendali PID baik vertikal maupun horizontal didapat dari metode azimuth antara 2 buah titik koordinat dari GPS dan sudut elevasi didapat dari metode *haversine formula* dan sinus trigonometri antara jarak 2 titik koordinat terhadap ketinggian UAV. Sedangkan koreksi sikap yang digunakan untuk mengadaptasi orientasi dari medium pembawa sistem antena pendeteksi agar tetap pada acuan azimuth dan elevasi adalah metode *tunning* dengan penggunaan metode *Ziegler-Nichols*. Penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan penelaan parameter PID azimuth dan elevasi sistem antena pendeteksi, sistem memberikan respon kendali terbaik untuk kedua gerakannya.

Nurbaqin (2016) melakukan penelitian dan merancang pengarah antena untuk stasiun bumi UGM. Penelitian ini dibangun dengan mengandalkan hasil perhitungan data *two line elemen* (TLE) untuk mengarahkan antena ke satelit,

Pengendali pengarah antenna memperoleh sudut dari *software tracking* satelit yaitu orbitron dengan tambahan *myDDE* sebagai penghubung ke pengendali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi rancang bangun pengarah antenna bekerja dengan baik dengan sudut kerja azimut 0° - 360° dan elevasi 0° - 95° . Kesalahan pengarah rata-rata azimut 1.41° , elevasi 0.42° dan kecepatan pengarah rata-rata 2.82% dan elevasi 0.84%. *Noise* RF dari lingkungan sekitar mempengaruhi penerimaan sinyal selama dilakukan uji coba.

Wicaksono (2013) melakukan penelitian yang menghasilkan purwarupa sistem kendali gerak antenna pendeteksi terhadap koordinat posisi pesawat udara tanpa awak. Penelitian tersebut mampu menggerakkan antenna pendeteksi melalui data koordinat posisi dan ketinggian UAV. Metode yang digunakan adalah metode azimut dan metode *haversine formula* dan sinus trigonometri. Gerak antenna dikendalikan oleh sudut azimut untuk kendali secara horizontal dan sudut elevasi untuk kendali secara vertikal. Sudut-sudut tersebut didapat dari kalkulasi data koordinat posisi UAV dan antenna. Didapat hasil pengujian performa pada sudut elevasi kecepatan rata-rata 0,453 s terhadap titik terjauh 90° dan pada sudut azimut kecepatan rata-rata 1,304 s terhadap titik terjauh 360° . Antenna mampu mengikuti pesawat sesuai dengan perubahan koordinat posisi dan ketinggian.

2.2. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Sistem Kendali

Sistem adalah susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga bertindak sebagai seluruh unit dalam satu kesatuan. Sedangkan kata kendali biasanya diartikan mengatur, mengarahkan, atau perintah. Dari kedua makna tersebut dapat disimpulkan, sistem kendali adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain. Didalam dunia *engineering* dan *science* sistem kendali cenderung dimaksudkan untuk sistem kendali dinamis.

Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses yang disusun untuk mendapatkan keluaran dan kinerja yang diinginkan dari input yang diberikan.

(Agustian, 2013). Gambar 2.1. di bawah ini menunjukkan blok diagram untuk sistem kendali paling sederhana, sistem kendali membuat sistem dengan input yang diberikan menghasilkan output yang diharapkan.

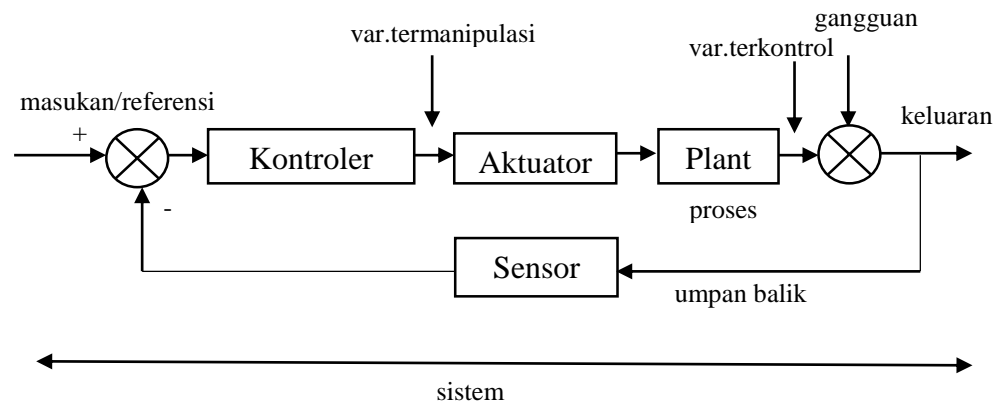


Gambar 2.1. Deskripsi Sederhana Sistem Kontrol

Definisi istilah yang biasa digunakan pada sistem kendali :

- Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama untuk membentuk suatu obyek tertentu.
- Variabel terkontrol adalah suatu besaran atau kondisi yang terukur.
- Variabel termanipulasi adalah suatu besaran atau kondisi yang divariasikan oleh kontroler sehingga mempengaruhi nilai dari variabel terkontrol.
- Kontrol artinya mengukur nilai dari variabel terkontrol dari sistem dan mengaplikasikan variabel termanipulasi pada sistem untuk mengoreksi atau mengurangi deviasi yang terjadi terhadap nilai keluaran yang dituju.
- *Plant* adalah sesuatu obyek fisik yang dikendalikan.
- Proses adalah sesuatu operasi yang dikendalikan.
- Gangguan adalah sinyal yang mempengaruhi terhadap nilai keluaran sistem.
- Kontrol umpan balik adalah operasi untuk mengurangi perbedaan antara keluaran sistem dengan referensi masukan.
- Kontroler adalah suatu alat atau cara untuk modifikasi sehingga karakteristik sistem dinamik yang dihasilkan sesuai dengan yang kita kehendaki.
- Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur keluaran sistem dan disetarakan dengan sinyal masukan sehingga bisa dilakukan suatu operasi hitung antara keluaran dan masukan.
- Aksi kontrol adalah besaran atau nilai yang dihasilkan oleh perhitungan kontroler untuk diberikan pada *plant* (pada kondisi normal merupakan variabel termanipulasi).

- Aktuator adalah suatu peralatan atau kumpulan komponen yang menggerakkan plant. . (Triwiyanto, 2012)

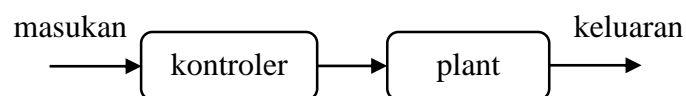


Gambar 2.2. Sistem Kontrol Secara Lengkap

Gambar 2.2. memberikan penjelasan terhadap definisi istilah di atas. Terdapat 2 kategori pada sistem kendali yaitu sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup.

2.2.1.1. Sistem Kontrol Loop Terbuka (*Open-Loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* terbuka yaitu suatu sistem yang *output* nya tidak diperhitungkan ulang oleh pengendalinya. Dengan kata lain sistem ini tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan masukan, karena sistem *loop* terbuka biasanya tidak memperhitungkan gangguan yang ada dalam komponen atau suatu sistem. Oleh karena itu setiap masukan acuan berhubungan dengan operasi tertentu, sehingga ketetapan dan sistem tergantung pada kalibrasi. Gambar 2.3 menunjukkan ilustrasi sistem *loop* terbuka. (Anonim, 2008)

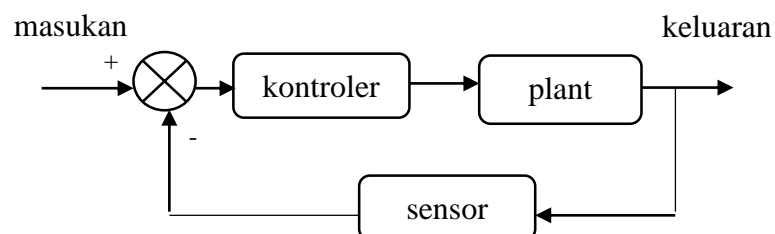


Gambar 2.3. Sistem Kontrol Loop Terbuka

Sistem kontrol *loop* terbuka ini lebih sederhana, murah dan mudah dalam desainnya, akan tetapi akan menjadi tidak stabil dan seringkali memiliki tingkat kesalahan yang besar bila diberikan gangguan dari luar. Sistem kontrol *loop* terbuka ini dapat digunakan hanya jika tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal. Contoh dari sistem *loop* terbuka adalah operasi mesin cuci, dimana perendaman, pencucian dan pembilasan dalam mesin dilakukan atas basis waktu. Mesin tidak mengukur sinyal keluaran, yaitu tingkat kebersihan. (Triwiyanto, 2012)

2.2.1.2. Sistem Kontrol Loop Tertutup (*Close-Loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* tertutup memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem kontrol *loop* terbuka. Sistem kontrol *loop* tertutup merupakan sebuah sistem yang nilai keluarannya memiliki pengaruh terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Pada rangkaian *loop* tertutup terdapat sinyal *error* yang merupakan selisih antara sinyal masukan dengan sinyal umpan balik. Umpan balik ini dilakukan untuk memperbaiki nilai keluaran (*output*) sistem agar semakin mendekati nilai yang diinginkan. Keuntungan dari pemanfaatan nilai umpan balik, dapat membuat respon sistem kurang peka terhadap gangguan *eksternal* dan perubahan *internal* pada parameter sistem. Ilustrasi mengenai sistem kontrol *loop* tertutup dan beberapa elemennya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Sistem Kontrol Loop Tertutup

Dibandingkan dengan sistem kontrol loop terbuka, sistem kontrol loop tertutup memang lebih rumit, mahal, dan sulit dalam desain. Akan tetapi tingkat kestabilannya yang relatif konstan dan tingkat kesalahannya yang kecil bila terdapat gangguan dari luar karena penggunaan aksi kendali umpan balik dimana untuk mengurangi kesalahan sistem, membuat sistem kontrol ini lebih banyak menjadi pilihan para perancang sistem kontrol. Contoh dari sistem ini yaitu pendingin udara (AC). (Triwiyanto, 2012)

2.2.2. Sistem Penjejak

Sistem penjejak diperlukan pada situasi dimana sebuah jaringan komunikasi mengharuskan level sinyal yang diterima dan yang dikirimkan berada didalam batas tertentu. Sistem penjejak akan mencari arah sinyal terkuat yang dikirimkan oleh muatan sehingga memungkinkan antena stasiun bumi untuk *pointing* ke muatan. Secara umum, sistem penjejak terbagi menjadi 3, yaitu penjejak manual, penjejak program dan penjejak otomatis. Sistem penjejak manual adalah sistem yang membutuhkan seorang operator atau dimana faktor manusia sangat dominan terhadap aksi pengendalian dalam menggerakkan antena sampai didapat sinyal yang maksimal. Penjejak program adalah sistem dimana antena digerakkan berdasarkan data-data prediksi lintasan muatan. Data ini bisa berupa data hasil perhitungan komputer maupun data rekaman lintasan muatan dari waktu-waktu sebelumnya. Sistem penjejak otomatis adalah suatu sistem yang memungkinkan antena stasiun bumi untuk mendeteksi dan bergerak ke arah sinyal terkuat secara otomatis dimana peran manusia digantikan dengan menggunakan sistem kontrol dan motor penggerak. (Afdila dan Sani, 2015)

2.2.3. Antena

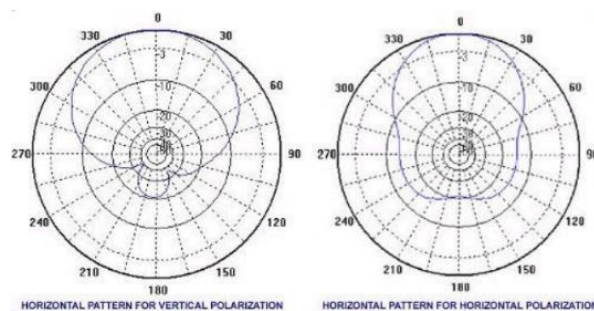
Antena merupakan suatu perangkat yang dapat memancarkan dan menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dengan menggunakan energi listrik. Antena juga dapat digolongkan sebagai perangkat *transduser*, mengingat kemampuannya yang dapat mengubah suatu bentuk

energi ke bentuk energi lainnya. Secara umum terdapat dua jenis antenna yaitu antenna *directional* dan *omnidirectional*.

- Antena *directional* merupakan jenis antena *narrow beam width*, yang artinya antena memiliki sudut pancaran yang kecil namun lebih terarah ke satu arah. Contoh antena *directional* adalah antena parabola, *sectoral*, yagi dan lain-lain.
- Antena *omnidirectional* merupakan jenis antena *wide beam width*, yang artinya antena memiliki sudut pancaran yang lebih lebar, namun jaraknya lebih pendek karena pancaran radiasi bergerak ke segala arah. Contoh antena *omnidirectional* antara lain antena *dipole*, pemancar *hotspot*, *handphone* dan lain-lain. (Rahmatia dkk, 2016)

2.2.3.1. Pola Radiasi Antena

Pola radiasi antena didefinisikan sebagai perlambangan grafis yang menggambarkan sifat-sifat radiasi (medan jauh) suatu antena sebagai fungsi koordinat-koordinat ruang. Di sebagian besar kasus, pola radiasi ditentukan di luasan wilayah dan direpresentasikan sebagai fungsi dari koordinat *directional*. Pola radiasi antena adalah plot 3-dimensi distribusi sinyal yang dipancarkan atau tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh sebuah antena. Pola radiasi antena menjelaskan tentang bagaimana antena meradiasikan energi ke ruang bebas dan bagaimana antena menerima energi. Setiap antena memiliki pola radiasi yang berbeda-beda. Berikut Gambar 2.5 menunjukkan pola radiasi pada antena Yagi :

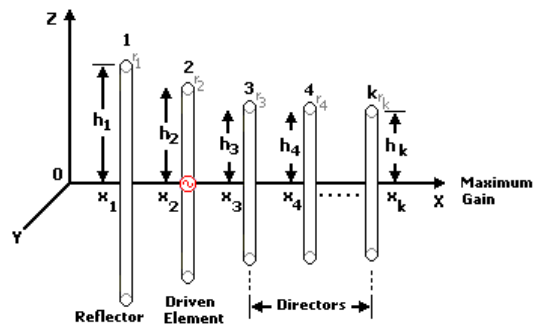


Gambar 2.5. Pola Radiasi Antena Yagi
(Sumber : Hakim, 2014)

2.2.3.2. Antena Yagi

Antena Yagi terbuat dari antena *dipole* yang disusun menjadi *array*. Antena *dipole* merupakan salah satu antena yang paling sederhana yang memiliki *pattern* radiasi yang *circular*. Dengan menggunakan teori antena, maka *dipole* ini dapat disusun ke dalam satu *array* dan menciptakan *pattern* radiasi yang diinginkan. Konsep inilah yang menghasilkan antena Yagi.

Bagian-Bagian Dari Antena Yagi



Gambar 2.6. Bagian Antena Yagi
(Sumber : yagi-uda.com)

Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi antena Yagi terdiri dari 2 bagian utama yaitu pemantul (*reflector*), penggerak (*driver*), dan pengarah (*director*). Namun pada praktiknya ada antena yang memiliki dua dari tiga elemen. Pada gambar 4 ditunjukkan urutan setiap elemen. Hal penting, untuk mengatur setiap elemen-elemen ini pada urutan yang benar, *driver* harus diletakkan diantara *reflector* dan *director*. Umumnya, antena Yagi memiliki elemen berkisar antar 3 hingga 11 elemen. Namun hal ini sangat bergantung pada penggunaan antena.

Fungsi setiap elemen adalah sebagai berikut :

- *Driver* (penggerak)

Driver selalu berada tepat dibelakang *reflector* yang berada pada ujung antena. *Driver* merupakan elemen utama, karena elemen inilah

satu-satunya elemen yang akan diberikan arus listrik. Dikatakan sebagai *driver*, karena elemen ini merupakan satu-satunya sumber radiasi.

- *Reflector* (pemantuan)

Reflector merupakan elemen terakhir dalam susunan *array* antena yagi. Panjangnya selalu lebih panjang daripada *driver*. Fungsinya, sesuai dengan namanya yaitu untuk merefleksikan atau memantulkan radiasi yang datang menuju kepadanya dan kemudian meneruskannya ke arah dua elemen selanjutnya.

- *Director* (pengarah)

Fungsi dari *director* adalah mengarahkan energi ke depan. Jumlah *director* dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan antena. Panjang *director* lebih pendek daripada *driver*. Semakin ke depan, ukuran panjang elemen-elemen *director* akan semakin pendek. (Thalib dan Marganda, 2010)

2.2.4. Pointing Antena

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

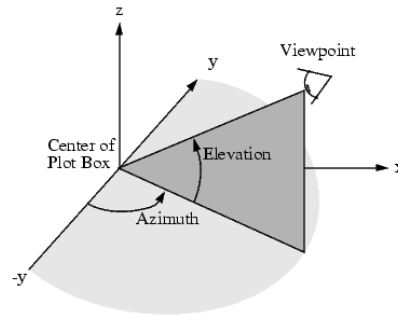
2.2.4.1. Azimuth

Azimuth adalah sudut antara sasaran terhadap kutub magnetik bumi atau sudut kompas. Prinsip pengukuran untuk mendapatkan sudut azimuth dari 2 buah titik koordinat yang diketahui dapat menggunakan algoritma azimuth pada persamaan itu rumus :

$$\Theta = \arctan \left\{ \frac{\sin(\Delta \text{long}) \cdot \cos(\text{lat } 2) \cdot \cos(\text{lat } 1) - \sin(\text{lat } 2) \cdot \sin(\text{lat } 1)}{\cos(\text{lat } 2) \cdot \cos(\Delta \text{long})} \right\}$$

Pada persamaan algoritma diatas diketahui *latitude* 1 dan *longitude* 1 (lat1, long1) merupakan koordinat posisi GPS pada antena pendeteksi, *latitude* 2 dan *longitude* 2 (lat 2, long 2) merupakan koordinat posisi yang ada pada muatan. Sudut azimuth Θ adalah sudut yang

dibentuk dari posisi muatan terhadap arah utara bumi dengan posisi koordinat antena sebagai titik pusatnya. (Nugraha. 2014)



Gambar 2.7. Sudut azimuth dan elevasi
(Sumber : ece.northwestern.edu)

Nilai dari sudut azimuth yang diperoleh, ditransmisikan menuju kontroler agar stasiun penerima dapat menjejak posisi dari pemancar. Dimana sudut azimuth diimplementasikan pada rotator.

2.2.4.2. Haversine Formula

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

Secara umum, *haversine formula* dapat ditulis :

$$c = \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\psi_2 - \psi_1}{2} \right)} \quad (1.1)$$

$$D = 2r \sin^{-1}(c) \quad (1.2)$$

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung *bearing* atau sudut azimuth antara titik pertama dan titik kedua :

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{\cos \phi_2 \sin(\psi_2 - \psi_1)}{\cos \phi_1 \sin \phi_2 - \sin \phi_1 \cos \phi_2 \cos(\psi_2 - \psi_1)} \right) \quad (1.3)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} * \beta_1 \quad (1.4)$$

Pada persamaan 1.1, persamaan 1.2, persamaan 1.3 dan persamaan 1.4 diketahui bahwa :

D = jarak melingkar antara 2 titik

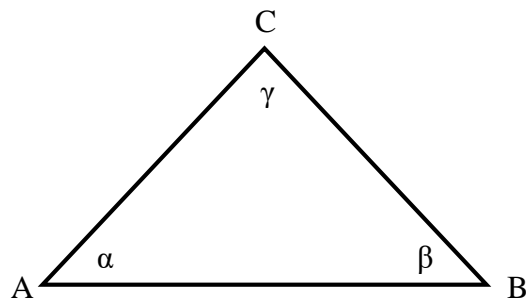
β = sudut azimuth antar titik pertama dan titik kedua

R = jari-jari bumi (6371 km atau 3958.756 mil)

ϕ_1, ϕ_2 = satuan radian posisi lintang atau *latitude* titik pertama dan titik kedua

ψ_2, ψ_1 = satuan radian posisi bujur atau *longitude* titik pertama dan titik kedua (Pamuji, 2015)

2.2.4.3. Aturan Sinus Trigonometri



Gambar 2.8. Segitiga Sinus Trigonometri

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad (1.5)$$

Pada pengukuran sudut elevasi digunakan aturan sinus trigonometri untuk mengolah data yang didapat dari pengolahan sebelumnya untuk didapat sudut elevasi terhadap antena, dimana persamaan yang digunakan dapat dilihat pada persamaan (1.5) dengan melihat aturan yang terdapat pada Gambar 2.8. (Wicaksono, 2013)

2.2.5. Alat Pengendali Antena

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

2.2.5.1 Arduino Mega2560



Gambar 2.9. Arduino Mega 2560
(Sumber : www.robotshop.com)

Gambar 2.9 merupakan Arduino Mega2560. Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega2560 (datasheet)*. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (*Hardware Serial Port*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol reset. Semua ini diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkan ke komputer/leptop melalui USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino *Duemilanove* atau Arduino *Diecimila*. (Majid, 2016)

2.2.5.2. *Global Positioning System (GPS)*



Gambar 2.10. Modul GPS
(Sumber : randomnerdtutorials.com)

GPS adalah *global positioning system* (sistem posisi global) menggunakan teknologi satelit. Prinsip kerja GPS yaitu mengukur jarak antara *receiver* (penerima) dan beberapa satelit pendukung. Posisi dari beberapa satelit tersebut diperkirakan dan dikirim oleh sinyal GPS kepada pengguna. Melalui beberapa posisi (dari satelit) dan jarak dari *receiver* (penerima) terhadap satelit, posisi dari *receiver* (penerima) dapat diketahui. Perubahan posisi juga dapat diketahui, berdasarkan pada kecepatan dari *receiver*. Hal terpenting dari aplikasi GPS adalah posisi dan navigasi. Keluaran sensor *global positioning system* memiliki standar atau enkripsi tersendiri sebagai identitas lokasi terbaca. (Pamuji, 2015)

2.2.5.3. Rotari Enkoder



Gambar 2.11. *Autonics Rotary Encoder*
(Sumber : www.autonics.se)

Rotari enkoder adalah *device* elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder*. *Rotary encoder* tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *phototransistor* diletakkan sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED

dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut. (Hakim dkk, 2017)

2.2.5.4. Sensor Kompas HMC5883L



Gambar 2.12. Sensor Kompas HMC5883L

(Sumber : www.electronicwings.com)

HMC5883L adalah sebuah sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin, atau bisa juga disebut sebagai kompas digital. Sensor ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883L yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki *interface* berupa 2 pin I2C. HMC5883L memiliki sensor magneto-resistive HMC118X series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten *amplification*, *automatic degaussing strap driver*, *offset cancellation* dan 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapai 1 sampai 2 derajat. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, *mobile phone*, netbook dan perangkat navigasi personal. (Putra dkk, 2015)

2.2.5.5. Motor Induksi AC

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi memiliki sebuah sumber energi listrik yaitu di sisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya di induksi-kan melalui celah udara dari

stator dengan media elektromagnet. Hal inilah yang menyebabkannya diberi nama motor induksi.



Gambar 2.13. Motor Induksi
(Sumber : www.theengineeringprojects.com)

Konstruksi motor induksi satu fasa terdiri atas dua komponen yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian dari motor yang tidak bergerak dan rotor adalah bagian yang bergerak yang bertumpu pada bantalan poros terhadap stator. Motor induksi terdiri atas kumparan-kumparan stator dan rotor yang berfungsi membangkitkan gaya gerak listrik akibat dari adanya arus listrik bolak-balik satu fasa yang melewati kumparan-kumparan tersebut sehingga terjadi suatu interaksi induksi medan magnet antara stator dan rotor.

Motor induksi satu fasa dan tiga fasa tidak terjadi medan magnet putar, sehingga diperlukan suatu kumparan bantu untuk mengawali berputar. Motor induksi satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama dan belitan fasa bantu. Belitan rotor yang dipotong oleh medan putar stator, menghasilkan tegangan induksi, interaksi antara medan putar stator dan medan putar rotor menghasilkan torsi putar pada rotor. (Silitonga, 2016)

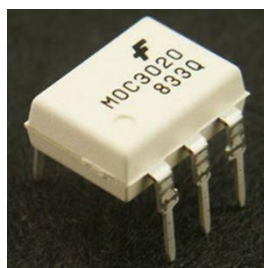
1. Motor *Split* Fasa

Motor jenis ini menggunakan kapasitor di salah satu *stator winding*, dimana besarnya kapasitas dari kapasitor sebisa mungkin dibuat kecil. Misalkan kita memiliki sumber arus 2 fasa dan sumber ini disambungkan pada motor jenis ini, maka arus yang mengalir pada salah satu *winding* akan membesar dan mengalami pergeseran fase.

Akibat 2 hal tersebut, motor akan dapat berputar karena perbedaan *fluks* dari masing-masing *winding*. Torsi yang dihasilkan umumnya dapat mencapai kecepatan maksimum dari motornya. Motor jenis ini sering dipakai pada beban 200W. Peletakan kapasitor sangat berpengaruh pada rangkaian ini karena dapat mengubah arus *fluks* yang dihasilkan dan sebagai akibatnya mengubah arah putaran rotor. (Muhammad.2015)

2.2.5.6. *Optocoupler*

Optocouler adalah suatu piranti yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* bagian cahaya dengan deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang berkerja secara otomatis, *optocoupler* merupakan komponen penggandeng (*coupling*) antara rangkaian *input* dengan menggunakan media cahaya (*opto*) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yang konduktif antara kedua rangkaian tersebut.



Gambar 2.14. *Optocoupler*
(Sumber : compnents101.com)

Optocoupler terdiri dari 2 bagian :

1. Bagian *transmitter* adalah bagian yang terdapat sebuah LED inframerah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED inframerah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak.

2. Bagian *receiver* adalah bagian dasar komponen *photodiode*. *Photodiode* merupakan suatu *transistor* yang peka terhadap energi cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan sumber panas, begitu pula dengan spektrum inframerah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka *photodiode* lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar inframerah.

Optocoupler merupakan gabungan dari LED inframerah dengan *photodiode* yang terbungkus menjadi satu chip. *Photodiode* merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya inframerah. LED inframerah merupakan komponen elektronika yang berfungsi memancarkan cahaya inframerah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi bias maju, LED inframerah yang terdapat pada *optocoupler* akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer.

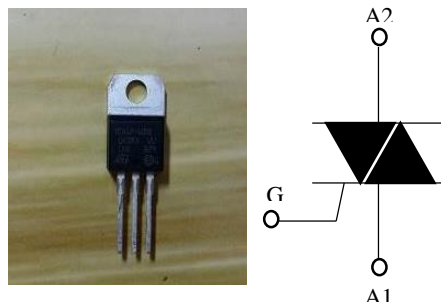
Prinsip kerja *optocoupler* :

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

Dilihat dari penggunaannya, bentuk fisik dari *optocoupler* bermacam-macam. Bila digunakan untuk mengisolasi level tegangan atau data pada sisi *transmitter* dan *receiver* maka *optocoupler* ini dibuat dalam bentuk solid (tidak ada ruang antara LED dan *photodiode*). Sehingga sinyal listrik yang ada pada *input* dan *output* akan terisolasi. (Kuncoro, 2017)

2.2.5.7. Triac

Triac merupakan salah satu dari keluarga *thyristor*, yang terdiri dari terminal A1, terminal A2 dan *Gate* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. *Triac*

Triac banyak digunakan pada rangkaian pengendali, pensaklaran dan pemicu atau *trigger*. Penggunaan *triac* mampu diaplikasikan pada tegangan 100-800 V dengan arus beban 0,5-40 A.

Struktur *triac* dengan komponen semikonduktor tersusun atas dioda 4 lapis berstruktur p-n-p-n dengan 3 p-n *junction*. *Triac* memiliki 3 buah kaki yaitu *gate*, A1 A2. Struktur *triac* dengan rangkaian dasar pemakaian *triac* terlihat pada kaki A1 Dan A2 yang merupakan saklar untuk mengatur aliran arus beban yang berasal dari sumber tegangan bolak balik atau AC. Dalam keadaan normal kaki A1 dan A2 tidak terhubung sehingga tidak ada arus beban yang mengalir. Saat ada arus *gate* mengalir, A1 akan terhubung ke A2 dan mengalir arus beban.

Cara kerja *triac* hampir sama seperti *relay*, arus *gate* hanya diperlukan untuk menghubungkan A1 Dan A2, setelah itu A1 akan tetap terhubung ke A2 meskipun sudah tidak ada arus *gate* lagi. Pemberian arus *gate* sesaat untuk menghubungkan A1 dan A2 yang dikatakan sebagai pemicu atau *trigger triac*. A1 terhubung ke A2 selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus minimum atau *holding current* sesuai dengan karakteristik masing-masing *triac*. Karena sumber daya yang dipakai bersal dari tegangan bolak balik, pada daerah titik 0 atau *zero crossing* dari tegangan bolak balik, arus beban yang mengalir akan mengecil sampai kurang dari arus minimum yang diperlkan, akibatnya hubungan anatara A1 dan A2 akan terputus dengan sendirinya.

Komponen ini banyak digunakan dalam pensaklaran beban AC berdaya besar, yaitu mencapai 600W dengan nilai picu *gate* yang relatif kecil dan untuk tegangan kerjanya adalah 500-800 V dengan arus 40 A. (Nugroho, 2015)

2.2.6. Komunikasi Serial

Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan). Pada prinsipnya komunikasi serial merupakan komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel atau dengan kata lain komunikasi serial merupakan salah satu metode komunikasi data dengan hanya satu bit data yang dikirimkan melalui seuntai kabel pada suatu waktu tertentu. Komunikasi serial dapat digunakan untuk menggunakan komunikasi paralel jalur data 8-bit dengan baik. Komunikasi ini mempunyai suatu kelebihan yaitu hanya membutuhkan satu jalur dan kabel yang sedikit dibandingkan dengan komunikasi paralel. (Vincente, 2017)

2.2.6.1. Komunikasi Serial RS-485

RS485 adalah komunikasi data dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km. Berbeda dengan komunikasi serial RS232 yang mampu berhubungan secara *one to one*, maka komunikasi RS485 selain dapat digunakan untuk komunikasi *multidrop* yaitu berhubungan secara *one to many* dengan jarak yang jauh teknik ini juga dapat digunakan untuk menghubungkan 32 unit beban sekaligus hanya dengan menggunakan dua buah kabel saja tanpa memerlukan referensi *ground* yang sama antara unit yang satu dengan unit lainnya.

Sistem komunikasi dengan menggunakan RS485 ini dapat digunakan untuk komunikasi data antara 32 unit peralatan elektronik hanya dalam dua kabel saja. Selain itu, jarak komunikasi dapat mencapai 1,6 km dengan digunakannya kabel AWG-24 *twisted pair*. (Pradana, 2017)