

## PENGEMBANGAN MODEL DAN SMULASI UAV (UNMANNED AREA VEHICLE) ANTENA PENJEJAK DRONE PADA PALTFORM BERGERAK

\*Majenta Hendi Pratama<sup>1</sup>, M. Tauviquirrahman<sup>2</sup>, Paryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: majentahendipratama@students.undip.ac.id

### Abstrak

Perkembangan teknologi angkasa yang sangat cepat dan dinamis sehingga membuat berbagai negara berlomba-lomba untuk membuat teknologi kendaraan luar angkasa (Spacecraft). Teknologi satelit merupakan teknologi yang sangat penting, karena begitu banyaknya fungsi satelit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan informasi manusia seperti satelit penginderaan jarak jauh, satelit pemantau cuaca pamanatau cuaca, satelit komunikasi, satelit komunikasi, satelit navigasi, dan satelit militer. Satelit buatan berdasarkan ketinggian atau altitude dapat dibedakan menjadi satelit GEO (geostasionery Earth Orbit) dengan altitude kurang lebih 36.000 km, MEO (Medium Earh Orbit) dengan altitude 3.000 – 35.000 km, dan LEO (Low Earth Orbit) dengan ketinggian kurang dari 3.000 km dan dapat mengelilingi bumi sebanyak 12-16 kali dalam sehari.

Dengan demikian kita bisa memanfaatkan teknologi satelit yang sudah mengorbit dengan cara mentracking dengan harapan bisa mengambil data dar staelit yang ditracking. Dalam penelitian ini kami membuat alat demo kit yang bisa menjejak satelit otomatis dengan system inputan berupa posisi GPS GCS, NORAD ID satelit dengan data tersebut kita sudah bisa mentrackng satelit yang melintas di atas kita mulai dari AOS time hingga LOS time. Dalam proses perancangannya kami instalasi demo kit dari pembuatan skema wiring porese perangkaian perkabelan. Setelah system demo kit jadi kami melakukan uji coba padad alat demo kit dengan uji statis pada platform dengan mentracking satelit LAPAN A-2, untuk mereprentasikan satelit yang kita tuju kami menggunakan dua konfigurasi sudut azimuth dan sudut elevasi. Pada kenyataan uji di lapangan pada alat demo kit terdapat error pada Gerakan azimuth sebesar 5 derajat dan elevasi maksimal sebesar 3 derajat

**Kata kunci:** antenna penjejak; gcs (ground control system); satellite; sudut azimuth dan elevas satelit

### Abstract

*The development of space technology is very fast and dynamic, making various countries compete to make space vehicle technology. Satellite technology is a very important technology, because so many satellite functions are used to meet human information needs such as remote sensing satellites, weather monitoring satellites, satellite communications, satellite communications, satellite navigation, and military satellites. Artificial satellites based on altitude or altitude can be divided into GEO (Geostationery Earth Orbit) satellites with an altitude of approximately 36,000 km, MEO (Medium Earh Orbit) with an altitude of 3,000 – 35,000 km, and LEO (Low Earth Orbit) with an altitude of less than 3,000 km and It can circle the earth 12-16 times a day.*

*That way we can take advantage of satellite technology that is already in orbit by tracking in the hope of being able to retrieve data from the satellite being tracked. In this research we made a demo kit tool that can track satellites automatically with system input in the form of GPS GCS position, NORAD ID satellites. With this data, we can track satellites that pass above us from AOS time to LOS time. In the design process, we installed a demo kit from making a wiringporee wiring diagram. After the system demo kit was finished, we conducted trials on the demo kit tool with static tests on the platform by tracking the LAPAN A-2 satellite, to represent the satellite we were aiming for, we used two configurations of azimuth angles and elevation angles. In fact, in the field test on the demo kit there is an error in the azimuth movement of 5 degrees and a maximum elevation of 3 degrees.*

**Keywords:** gcs (ground control system); satellite; satellite azimuth and elevation angles; tracking antennas

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi angkasa yang sangat cepat dan dinamis sehingga membuat berbagai negara berlomba-lomba untuk membuat teknologi kendaraan luar angkasa (Spacecraft). Sputnik-1 adalah satelit pertama dari bumi yang meluncur ke ruang angkasa pada tahun 1957 oleh Rusia. Satelit buatan adalah salah satu bukti perkembangan teknologi spacecraft yang sangat maju, satelit sendiri adalah objek luar angkasa yang mengorbit disekitar bumi yang diluncurkan dengan rocket dan ditempatkan pada orbit di sekitar bumi dengan misi tertentu. Teknologi satelit merupakan teknologi yang sangat penting, karena begitu banyaknya fungsi satelit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan informasi manusia seperti satelit penginderaan jarak jauh, satelit pemantau cuaca pamanatau cuaca, satelit komunikasi, satelit komunikasi, satelit navigasi, dan satelit militer. Satelit buatan berdasarkan ketinggian atau altitude dapat dibedakan menjadi satelit GEO (geostasionery Earth Orbit) dengan altitude kurang lebih 36.000 km, MEO (Medium Earh Orbit) dengan altitude 3.000 – 35.000 km, dan LEO (Low Earth Orbit) dengan ketinggian kurang dari 3.000 km dan dapat mengelilingi bumi sebanyak 12-16 kali dalam sehari.

Negara Indonesia sebagai negara berkembang sangat membutuhkan peranan dan perkembangan teknologi satelit ini. Indonesia yang memiliki wilayah negara yang sangat luas berbentuk kepulauan (archipelago state) yang artinya terhubung oleh lautan, dan sebagaian besar berbatasan dengan negara lain adalah lautan. Sehingga akan lebih optimal jika dibantu dengan teknologi satelit. LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) sebagai salah satu lembaga yang melakukan penelitian tentang satelit telah meluncurkan satelit LEO diantaranya LAPAN-TUBSAT, LAPAN A-2, LAPAN A-3, dengan melibatkan pihak akademisi seperti dosen dan mahasiswa diharapkan Indonesia nantinya mampu menjadi bangsa yang mandiri dari teknologi satelit. Dalam teknologi satelit, tidak cukup jika hanya melakukan peluncuran saja dan membangun stasiun di bumi saja, 2 tetapi juga dapat berkomunikasi antara stasiun bumi bergerak (SBB) berupa antenna penjejak satelit dengan satelit. Komunikasi antara satelit dan SBB perlu teknologi yang bernama antenna, antenna sebagai media penerima gelombang radio. Prinsip dasar antenna harus mampu bergerak (tracking) mengikuti arah gerak dari pergerakan satelit sehingga diharapkan dapat berkomunikasi antara antenna penjejak satelit dengan satelit secara optimal. Oleh sebab itu diperlukan pendukung penggerak antenna berupa rotator agar antenna berfungsi dengan baik. Pada tugas akhir ini adalah mensimulasikan, membuat model, dan menganalisis antenna penjejak satelit yang dapat menjejak satelit LEO (Low Earth Orbit) dengan sistem auto tracking. Dengan menggunakan microcontroller, GPS sebagai input lokasi antenna secara realtime, rotator untuk gerak antenna pada sumbu horizontal (azimuth) dan sumbu vertikal (elevasi) terhadap satelit yang ditracking, serta pendukung untuk stasiun bumi bergerak lainnya agar tetap optimal.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Pengertian Satelit

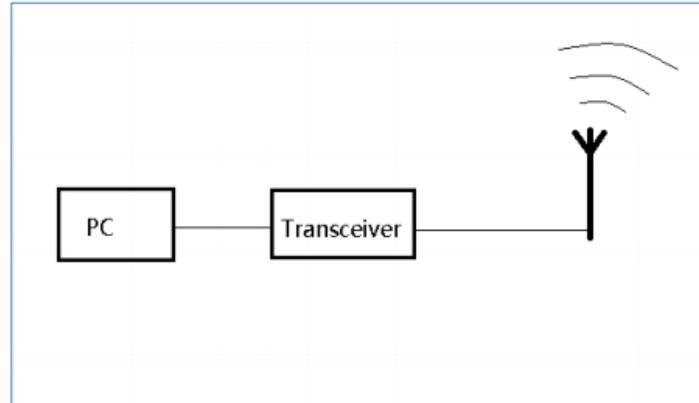
Satelit adalah suatu benda yang mengorbit benda lain yang memiliki volume lebih besar dibanding benda yang mengorbit dengan periode revolusi dan rotasi tertentu. Ada dua jenis satelit yakni satelit alam dan satelit buatan. Satelit alami adalah benda-benda luar angkasa bukan buatan manusia yang mengorbit sebuah planet atau benda lain yang lebih besar daripada ukuran planet tersebut, sebagai contoh misalnya Bulan adalah satelit alami Bumi yang mana Bulan memiliki diameter lebih kecil dibanding Bumi dan Bulan berevolusi mengitari Bumi. Begitu juga dengan Bumi merupakan satelit dari Matahari karena Bumi memiliki diameter lebih kecil dibanding dengan Matahari serta Bumi juga mengorbit mengitari Matahari. Sedangkan satelit buatan merupakan salah satu bukti perkembangan teknologi spacecraft yang sangat maju, satelit buatan adalah objek luar angkasa yang mengorbit disekitar bumi pada ketinggian tertentu diluncurkan dengan menggunakan rocket dan ditempatkan pada orbit di sekitar bumi dengan misi tertentu. Satelit memiliki peranan yang sangat penting dalam menyumbang kemajuan teknologi yang dibutuhkan oleh manusia, terutama dalam layanan informasi. Berdasarkan misinya satelit buatan memiliki misi diantaranya misi militer, remote sensing, satelit komunikasi, astronomi, navigasi, pengamatan cuaca, dan mitigasi bencana [1]. Sebegitu pentingnya satelit buatan jika dilihat dari misinya, di Negara Indonesia yang merupakan kepulauan (Archipelago State) seperti yang disebutkan satelit buatan merupakan teknologi informasi yang hampir disetiap negara membutuhkannya, mulai dari manfaatnya dalam hal informasi seperti komunikasi, cuaca dan lingkungan, keamanan dan batas wilayah hingga bencana alam [2].

### 2.2 Satelit LAPAN A-2

Satelit LAPAN-A2/LAPAN-ORARI adalah satelit generasi kedua buatan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Satelit ini merupakan lanjutan dari satelit pertama, yaitu satelit LAPAN-A1/LAPAN-TUBSAT. Satelit LAPAN-A2/LAPAN-ORARI tujuan penggunaan utama dari satelit ini adalah untuk mitigasi bencana. Satelit LAPAN-A2/LAPAN-ORARI diluncurkan pada 28 13 September 2015 dari Sriharikota, India. Satelit LAPAN A-2 yang memiliki orbit eqyatorial ini dilengkapi dengan aplikasi VR (voice repeater). Yang mana VR ini memiliki fungsi untuk transmisi repeater, di mana gelombang sinyal radioakan Kembali ditransmisikan dalam mode amatir radio komunikasi (Darsono & dkk, 2019).

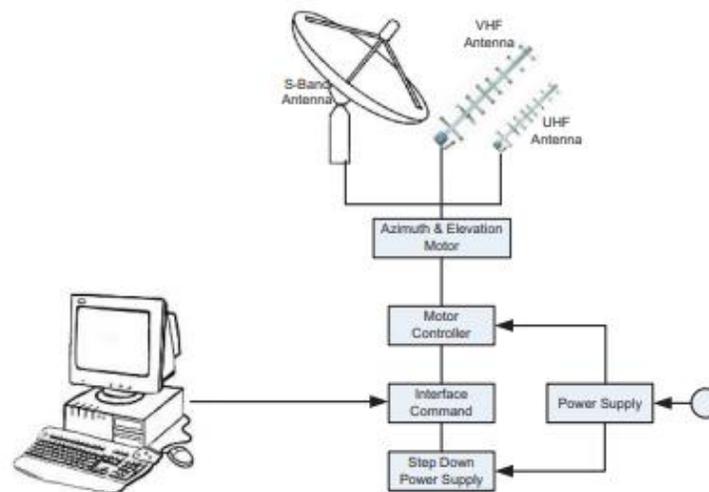
### 2.3 Antena Penjejak Satelit

Antena penjejak satelit merupakan hal yang terpenting guna untuk mengakses file atau data dari satelit. Selain untuk itu juga untuk berkomunikasi dengan satelit. Berikut penerangan komponen mendasar pada antena penjejak satelit.



**Gambar 1.** GS (*Ground Station*) secara umum [3]

Antena penjejak yang akan digunakan pada stasiun mobil bergerak memiliki beberapa komponen elektronika yang sangat penting yang mana komponen tersebut media untuk mengimplementasikan antena penjejak. Terdapat elektronika seperti antena, dc motor, sensor IMU, GPS, micro controller, raspberry pi 4 untuk local display dan mengakses data satelite melalui internet, serta battery sebagai power supply semua komponen elektronika. Selain itu juga harus mempertimbangkan visibility region yang mana hal ini dapat diketahui dari elevasi 0 derajat sampai 180 derajat, selebihnya merupakan blind region untuk berkomunikasi dengan satelit [4]. Selain itu untuk terdapat juga yang memodelkan untuk antena penjejak sebagai berikut yaitu terdiri dari antena, rotatort azimuth dan elevasi, motor controller, power supply, interface, dan PC.

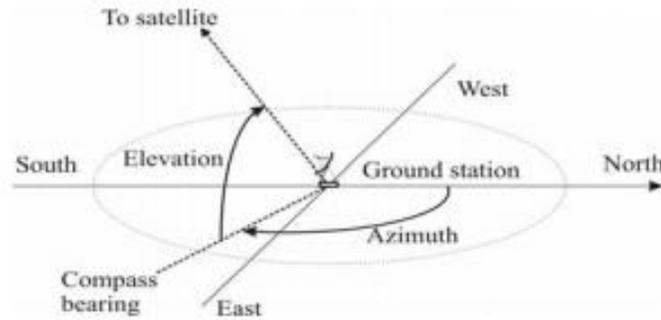


**Gambar 2.** Pemodelan Antena Penjejak Satelit [5]

Untuk melakukan tracking terhadap satelit juga terdapat hal yang harus diperhatikan, sebab jika dibandingkan dengan satelit GEO system, tracking terhadap satelit MEO bahkan LEO harus mempertimbangkan untuk short transmission delay mengingat LEO memiliki kecepatan yang tinggi agar komunikasi dengan satelit tetap berjalan optimal [6].

### 2.4 Persamaan Azimuth dan Elevasi

Antena penjejak satelit memerlukan arah terhadap posisi satelit yang sedang diamatai dan diikuti. Untuk hal itu perlu dengan mengetahui sudut antena terhadap posisi satelit yang sedang berjalan. Sudut untuk merepresentasikan hal tersebut adalah sudut azimuth dan elevasi, sudut azimuth merupakan sudut horizontal satelit terhadap antena sedangkan elevasi merupakan visibility antena vertical terhadap satelit. Untuk lebih jelas bisa melihat hambar sebagai berikut.



**Gambar 3.** Sudut azimuth dan elevasi [4].

Untuk memplot nilai *azimuth* dan *elevasi* kami memerlukan persamaan matematikanya yang nantinya akan digunakan sebagai *coding live script* pada *micro controller*. Persamaan elevasi yang ada merupakan untuk satelit GEO namun juga bisa untuk satelit yang lain [7].

$$\text{Elevasi} = \tan^{-1} \left[ \frac{\cos L \cos \phi - \left( \frac{re}{rsat} \right)}{\sqrt{1 - \cos^2 L \cos^2 \phi}} \right]$$

Keterangan:

- Elevasi = Sudut simpangan ketinggian antenna terhadap satelit (derajat)
- re = Jari-jari bumi (km)
- rsat = jari-jari geosentric satelit (km)
- $\Phi$  = latitude antenna penjejak (derajat)
- L = selisih antara longitude antenna dengan satelit (derajat)

Di atas merupakan persamaan elevasi yang akan digunakan dengan beranggapan bahwa bumi itu bulat, selebihnya persamaan azimuth yang akan digunakan juga mengasumsikan bahwa bumi memiliki bentuk bulat atau persamaan ini merupakan turunan dari persamaan haversine [8].

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\sin \Delta \lambda \cos \phi_2}{\cos \phi_1 \sin \phi_2 - \sin \phi_1 \cos \phi_2 \cos \Delta \lambda} \right]$$

Keterangan :

- $\Theta$  = Sudut azimuth (derajat)
- $\Delta \lambda$  = Selisih longitude antara satelit dengan antenna ( $\Delta \lambda = \lambda_{\text{satelit}} - \lambda_{\text{satelit}}$ )
- $\Phi_1$  = Latitude antenna (derajat)
- $\Phi_2$  = Latitude satelit/objek (derajat)

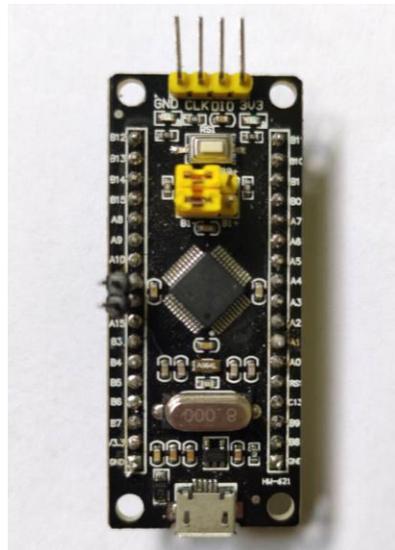
Persamaan tersebut yang akan digunakan pada *live script coding* yang nantinya akan diterapkan pada koding, sebagai catatan pada software yang digunakan jangan lupa untuk merubah dari input satuan derajat dirubah ke radian kemudian setelah mendapatkan hasilnya dirubah lagi ke satuan derajat.

## 2.5 Mikro Kontroller

Mikrokontroler merupakan sebuah device kontroler atau yang berukuran mikro yang didalamnya terdapat inti prosesor, memori (memori RAM dan memori program) atau disebut juga dengan chip, dan komponen untuk port input serta output. Secara garis besar disimpulkan mikrokontroler ialah suatu alat elektronika digital yang mempunyai input dan output serta kendali dengan program yang dapat dimodifikasi yang telah tertanam di dalamnya. Mikrokontroler pada hakikatnya merupakan computer berukuran mini, yang tertanam di dalamnya terdapat memori, jalur port untuk Input/Output (I/O), mikroprosesor, dan perangkat pendukung lainnya. Jika dibandingkan kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler dengan PC maka mikrokontroler jauh lebih rendah daripada PC. Pada perangkat PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini bisa mencapai angka GHz, sedangkan kecepatan pada mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM yang terpasang pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Untuk saat ini mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini adalah arduino. Arduino merupakan salah satu dari sekian banyak produk edukasi mikrokontroler sebagai proyek rintisan *open-source* yang fleksibel dan mudah digunakan baik

dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) dan mampu difungsikan sebagai produk akhir. Struktur serta antarmuka arduino yang sederhana memberi kemudahan pengguna dalam memahami parameter seperti konsep sensor atau penerapan sensor elektronik yang tidak selalu bisa diamati secara langsung. Dengan system yang open-source dan mudah digunakan membuat Arduino memiliki jumlah pemakai yang sangat banyak sehingga tersedia pustaka kode program (*code library*) maupun modul elektronika pendukung (*hardware support modules*) dalam jumlah yang sangat banyak dan bisa dikatakan lengkap. Hal ini memudahkan para pemula untuk mengenal dunia mikrokontroler. Namun dalam tugas akhir ini, penelitian kali ini menggunakan mikrokontroler STM32 yang mana memiliki spec di atas Arduino dengan transfer data mencapai 32 bps (*Bit Per Second*) dan masih banyak lainnya keunggulan dibanding dengan Arduino, selain kecepatan data harga dari mikrokontroler STM32 lebih murah, *clockspeed* yang lebih tinggi dibanding Arduino yaitu memiliki 72 MHz. Namun untuk mikrokontroler yang satu ini harus ada beberapa langkah yang harus dikerjakan untuk mengakses lewat software Arduino Idle. Untuk koding programnya bisa menggunakan instalasi software Arduino Idle dengan menambahkan library ke dalam software tersebut atau dengan software kyle. Untuk pertama kalinya, STM32 perlu penghubung untuk mengupload koding dengan menggunakan ST-link atau USB to TTL Converter kedua device tersebut merupakan perangkat yang harus tersedia karena untuk pertama upload harus menggunakan salah satu dari kedua perangkat tersebut. Setelah terhubung dengan software Arduino Idle kita bisa mengupload koding namun belum bisa melakukan serial monitor, agar bisa melakukan serial monitor perlu instal *bootloader* pada STM32 menggunakan software Kyle. Berikut merupakan gambar hardware dari STM32F103C8T6 *Black Pill* yang digunakan dalam penelitian ini.



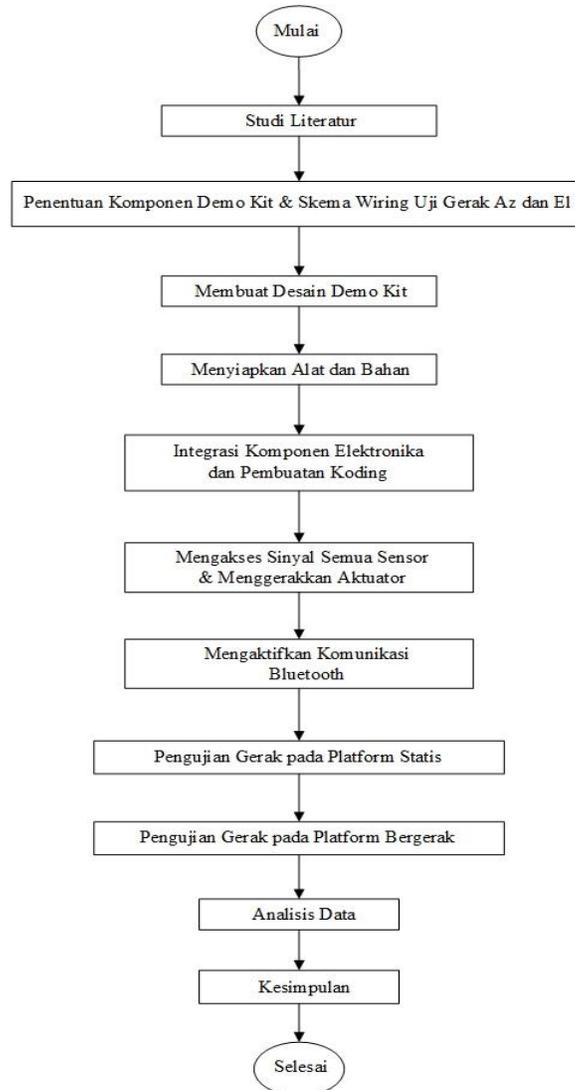
**Gambar 4.** STM32F103C8T6 Black Pill

STM32F103C8T6 *blackpill* sebagai mikrokontroler utama dalam penelitian ini memiliki keunggulan dibanding dengan mikrokontroler lain dikelasnya, salah satunya adalah memiliki kecepatan transfer data yang tinggi

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Flow Chart Penelitian

Diagram alir merupakan bagian terpenting dalam suatu penelitian ilmiah pengerjaan tugas akhir. Dengan adanya diagram alir atau disebut juga dengan *flowchart* pada sebuah penelitian, maka akan memudahkan pembaca untuk mempermudah dalam memahami alur dari proses penelitian tersebut. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 5 merupakan proses yang dilaksanakan penelitian tugas akhir ini.



Gambar 5 Diagram alir penelitian

### 3.2 Pemodelan

Konsep pemodelan demo kit penjejak satelit, terdapat beberapa prinsip-prinsip dasar yang harus diperhatikan sehingga model yang kita desain sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang diinginkan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pemodelan demo kit penjejak satelit untuk satelit orbit rendah. Demo kit yang dirancang dalam tugas akhir ini adalah sebuah alat yang berguna untuk menjejak atau mengikuti pergerakan satelit yang sedang melintas, agar arah antena selalu menghadap ke arah satelit mengingat yang diikuti merupakan satelit orbit rendah yang memiliki kecepatan tinggi. Untuk kedepannya demo kit secara system akan digunakan untuk menjejak satelit, sehingga actuator azimuth dan elevasi akan diterapkan pada model antenna penjejak satelit. Untuk dasar pemahaman pembaca, terlebih dahulu akan dijelaskan bagaimana karakteristik satelit yang melintas di atas kita yang akan dituju.

#### 3.2.1 Satelit yang melintas

Satelit merupakan sebuah objek yang dibuat oleh manusia kemudian diterbangkan dan mengorbit pada ketinggian tertentu. Satelit LEO merupakan yang terpopuler saat ini. Bagaimana menghubungkan komunikasi dengan nano satelit yang mengorbit pada ketinggian tertentu dari bumi, untuk itu perlu dan membutuhkan adanya *ground station* yang akurat untuk menjelaskannya [9]. Selebihnya kualitas atau performa komunikasi tergantung pada *ground station*, dalam hal ini terhadap satelit [10]. Merujuk pada hal tersebut *ground station* maka perlu sebuah perangkat yang bernama antenna penjejak satelit. Dengan adanya perangkat ini komunikasi dengan satelit dapat berjalan dengan lancar, namun untuk mencapai performa yang bagus terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan. Satelit LEO yang mengorbit sama dengan arah bumi disebut *direct orbit*

yang mana jika kita berada di dekat garis equatorial satelit akan terbit dari timur dan terbenam di barat. Sedangkan orbit yang berlawanan arah dengan rotasi bumi disebut dengan *retrograde orbit* yang pada orbit ini satelit akan terlihat dan memiliki AOS time *Acquisition of the satellite (time)* atau waktu muncul satelit dari arah barat dan memiliki LOS time *Loss of the satellite (time)* arah terbenam di bagian timur. Dari sini antenna penjejak satelit harus mampu bergerak pada sudut azimuth dan elevasi, sudut azimuth memiliki rentang 0-360 derajat dari utara, sedangkan sudut elevasi memiliki rentang dari 0-180 derajat. Terdapat sedikit masalah jika suatu satelit yang ditracking mencapai titik zenith atau elevasi tepat pada 90 derajat serta jika azimuth akan pada suatu satelit bisa ditracking namun untuk periode berikutnya apakah bisa mentracking lagi mengingat terdapat komponen yang berputar melebihi 360 derajat, tentu akan muncul masalah terhadap perkabelan atau keterbatasan dalam putaran azimuth. Untuk itu kami mencoba mendesain demo kit yang nantinya akan diterapkan pada antenna penjejak satelit untuk sudut elevasi kami memberikan limit dengan memasang switching, setelah itu kami mencoba menggunakan slip cable rotating yang mana alat ini akan tetap mensupport daya menuju ke bagian atas, dan transmisi data menggunakan perangkat dua buah bluetooth untuk transmitter dan receiver sebagai komunikasi serialnya.

Pergerakan satelit LEO atau orbit rendah yang sangat cepat, di mana dalam sehari satelit LEO memiliki dua belas hingga empat belas berevolusi dalam satu hari untuk satelit yang mengorbit equatorial atau pada garis khatulistiwa. Dengan memiliki ketinggian di bawah 3.000 km, tentunya timbul pertanyaan satelit tersebut meskipun memiliki *escape velocity* yang sangat tinggi jika dibanding dengan orbit MEO dan GEO. Semakin rendah suatu satelit terhadap permukaan bumi maka akan memiliki *escape velocity* yang lebih tinggi guna mempertahankan kesetimbangan satelit tersebut pada jalur orbitnya untuk melawan gaya gravitasi dari bumi. Pada sebuah percobaan mentracking satelit LAPAN A-2 yang mana memiliki *view visibility time* berkisar 12 menit. Jika dikalkulasi secara kasarnya 12 menit dirubah menjadi detik yaitu setara dengan 720 detik melintas di atas kita. Lalu jumlah detik sebagai pembagi dalam satu berevolusi, satelit memiliki *view visibility* diasumsikan tidak ada bangunan yang menghadang sama dengan rentang sudut elevasi yaitu 0-180 derajat. Jadi antenna penjejak satelit harus mampu mengikuti pergerakan satelit LAPAN A-2 dengan bergerak 0,25 derajat/detik dengan asumsi yang dipakai adalah *fix station* atau diam.

### 3.2.2 Prinsip kerja alat

Prinsip kerja alat demo kit ini berkerja dengan menjejak satelit yang dituju ketika melintas di atas sesuai dengan NORAD ID yang dimasukan pada aplikasi. Demo kit memiliki dua motor untuk bergerak pada arah azimuth dan elevasi dengan sumber daya 12 V dari power supply. Langkah awalnya dengan mangambil data azimuth dan elevasi dari website [n2yo.com](http://n2yo.com) karena web tersebut yang menyediakan dua data tersebut terhadap satelit secara *real time* dan beruntungnya website tersebut menyediakan data API sehingga bisa diakses data yang kita inginkan. Namun terbatas satu jam maksimal 3000 data, sehingga data terupdate setiap empat detik. Setelah kita membuat akun diweb tersebut, selanjutnya membuat aplikasi dengan *software visual studio code* dengan bahasa python untuk mengakses kode JASON (*Java Script Object Notation*). Aplikasi yang dibuat dengan visual studio code memiliki inputan data posisi latitude dan longitude atau lintang bujur kita atau data GPS (*Global Positioning System*), NORAD ID yang mana setiap satelit memiliki data satelit memiliki nomor tersebut, dengan dua inputan tersebut aplikasi sudah mendapatkan data azimuth dan elevasi dari demo kit terhadap satelit. Setelah dijalankan aplikasi akan merekap data azimuth dan elevasi satelit terhadap kita, setelah kita cukup sesuai waktu yang kita inginkan selanjutnya disave data tersebut, format data yang dibuat aplikasi berupa csv (*comma separated vision*).

Data csv yang telah disave selanjutnya dirubah menjadi data yang sesuai dengan format excel. Setelah dirubah, kedua data mencoba diplot terhadap waktu baik azimuth dan elevasi untuk melihat grafik sudah sesuai atau belum serta mengecek data apakah ada yang kurang. Setelah itu untuk plot azimuth diolah agar setelah 360 derajat bisa lanjut ke derajat berikutnya agar gerakannya lancar tanpa ada loncatan dari 360 menuju satu derajat, sehingga berbeda data azimuth untuk azimuth sebelum diolah dengan setelah diolah sebagai input gerakan motor. Semua data yang telah diolah diexcel selanjutnya akan diolah dimasukan ke matlab simulink, sebelumnya disimulink sudah dibuat animasi dengan menggunakan *simscape*. *Simscape* merupakan tool yang sama dengan *Simulink* namun dengan tool ini kita dapat mengatur parameter yang kita inginkan tanpa mengetahui persamaan yang ada di dalamnya. Dari kedua data dari simulink selanjutnya akan dikirim ke STM32F104C8T6 A secara serial dengan kabel USB, namun sebelumnya COM dan *baudrate* disesuaikan dengan blok *serial configuration* yang teredia di library. Data azimuth pada mikro kontroler A akan bergerak sesuai perintah yang diberikan oleh simulink, data elevasi akan diteruskan dari mikro kontroler A menuju B dengan komunikasi serial *bluetooth* HM-10. Mikro kontroler B akan menerjemahkan data elevasi yang dikirim dari mikro kontroler A selanjutnya akan dirubah menjadi gerakan elevasi pada motor, tidak lupa mikro B mendapat daya dari laptop melalui USB selain itu untuk daya juga untuk mengecek data yang diterima oleh mikro kontroler B dengan menggunakan serial monitor yang tersedia pada *software Arduino IDE*.

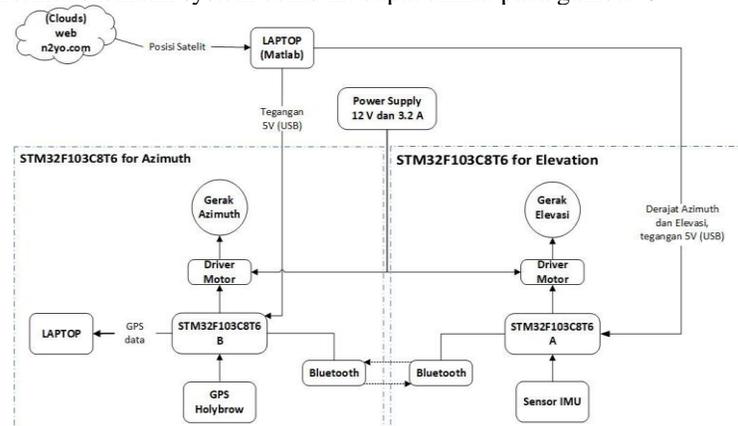
Keperluan sumber daya demo kit secara keseluruhan memerlukan dua sumber yang berbeda, pertama 5V untuk mikro kontroler dan elektronika aktif bersumber dari laptop/pc. Kedua menggunakan tegangan 12V yang digunakan untuk menggerakkan kedua motor, untuk itu digunakan power supply merubah dari AC 110-220V menjadi DC 12V dengan arus 3,2A. Tegangan 12V dari power supply masuk ke driver motor DM 556 yang berguna untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor NEMA 23HS5628.

### 3.3 Komponen Demo Kit dan Pembuatan Diagram Skematik *Wiring*

Pembuatan diagram skematik & *wiring* komponen bertujuan untuk mempermudah dalam proses perangkaian komponen elektrik yang akan digunakan untuk demo kit. Pembuatan diagram skematik & *wiring* komponen ini disesuaikan dengan prinsip kerja alat dari sistem demo kit. Untuk menunjang berjalannya system demo kit terdapat komponen mekanik dan elektrik, sebagai berikut komponen yang digunakan:

- Papan dasar (dari acrylic)
- Mikro kontroler STM32F104C8T6 (dua buah)
- Bluetooth HM-10 (dua buah)
- Sensor IMU
- GPS (*Global Positioning System*)
- Driver Motor 556 (dua buah)
- Motor NEMA 23HS5628
- Power Supply

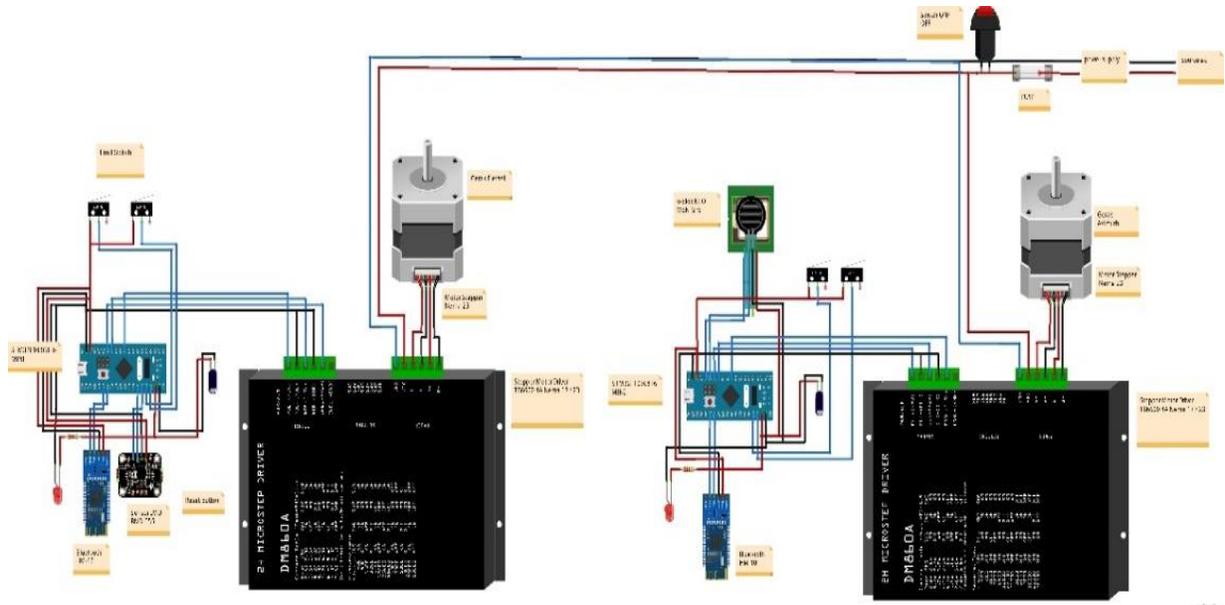
Komponen elektrik dan mekanik tersebut yang digunakan untuk membuat sistem demo kit. Setelah mengetahui karakteristik masing-masing komponen, dilanjutkan membuat skematik sistem demo kit dari hulu ke hilir serta dilanjutkan dengan membuat *wiring* diagram. Skematik demo kit merupakan hal yang terpenting karena aktualisasi dari konsep teori ke lapangan atau hardware, pada skematik komponen memuat informasi dari hulu ke hilir hingga mencapai fungsi sebuah system yang telah ditentukan diawal. Dari skematik tersebut juga sebagai dasar untuk membuat *wiring* komponen dan membuat papan PCB jika diperlukan. Berikut skematik system demo kit dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram Skematik Sistem Demo Kit

Pada diagram tersebut, terdapat dua bagian utama yaitu bagian mikro kontroler untuk azimuth dan elevasi. Langkah awalnya dengan mengambil data azimuth dan elevasi dari website n2yo.com karena web tersebut yang menyediakan dua data tersebut terhadap satelit secara *real time* dan beruntungnya website tersebut menyediakan data API sehingga bisa diakses data yang kita inginkan. Namun terbatas satu jam maksimal 3000 data, sehingga data terupdate setiap empat detik. Setelah kita membuat akun diweb tersebut, selanjutnya membuat aplikasi dengan *software visual studio code* dengan bahasa python untuk mengakses kode JASON (*Java Script Object Notation*). Aplikasi yang dibuat dengan visual studio code memiliki inputan data posisi latitude dan longitude atau lintang bujur kita atau data GPS (*Global Positioning System*), NORAD ID yang mana setiap satelit memiliki data satelit memiliki nomor tersebut, dengan dua inputan tersebut aplikasi sudah mendapatkan data azimuth dan elevasi dari demo kit terhadap satelit. Setelah dijalankan aplikasi akan merekap data azimuth dan elevasi satelit terhadap kita, setelah kita cukup sesuai waktu yang kita inginkan selanjutnya disave data tersebut, format data yang dibuat aplikasi berupa csv (*comma separated vision*).

Setelah dilakukan proses pembuatan diagram skematik komponen elektrik dari demo kit serta penjelasannya, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan diagram *wiring* komponen dengan menggunakan *software Fritzing*. Dengan *wiring* komponen akan mempermudah karena sebagai panduan dalam integrasi komponen elektrik, serta jika diperlukan akan dibuat panduan membuat jalur PCB. Proses pembuatan *wiring* ini akan disesuaikan dengan spesifikasi dari masing-masing komponen sensor IMU, GPS, *driver motor*, dan bluetooth untuk menentukan alokasi pin-pin yang digunakan pada mikro kontroler. Berikut *wiring* diagram sistem demo kit.

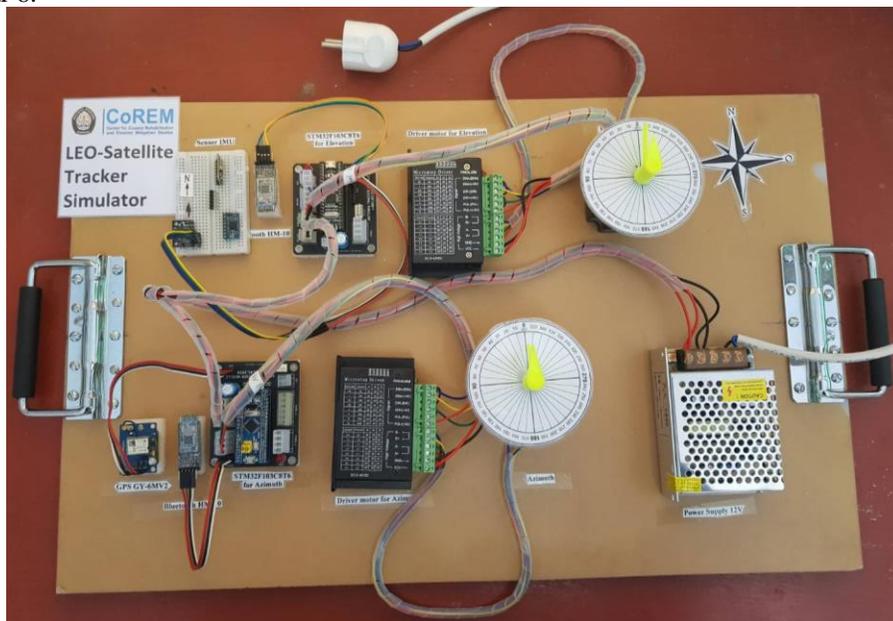


**Gambar 7.** Assembly Wiring Diagram Komponen Elektrik untuk Gerak Elevasi Azimuth (STM32F103C8T6 A dan B)

Setelah dilakukan proses pembuatan diagram skematik dan diagram wiring komponen elektrik, maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu membuat desain serta pengumpulan alat dan bahan.

### 3.4 Instalasi Demo Kit

Tahap selanjutnya adalah penginstalasian komponen pada demo kit. Tahap instalasi ini dilakukan dengan merangkai perkabelan, penempatan kapasitor, dan menentukan penempatan komponen elektronika. Agar memudahkan dalam melakukan proses peletakan komponen ini, maka dibuat sebuah design 3D yang memuat desain dari sebelumnya beserta peletakan komponen-komponennya. Setelah demo kit selesai dirangkai selanjutnya dilakukan pelabelan dan penamaan, bisa dilihat pada Gambar 8.

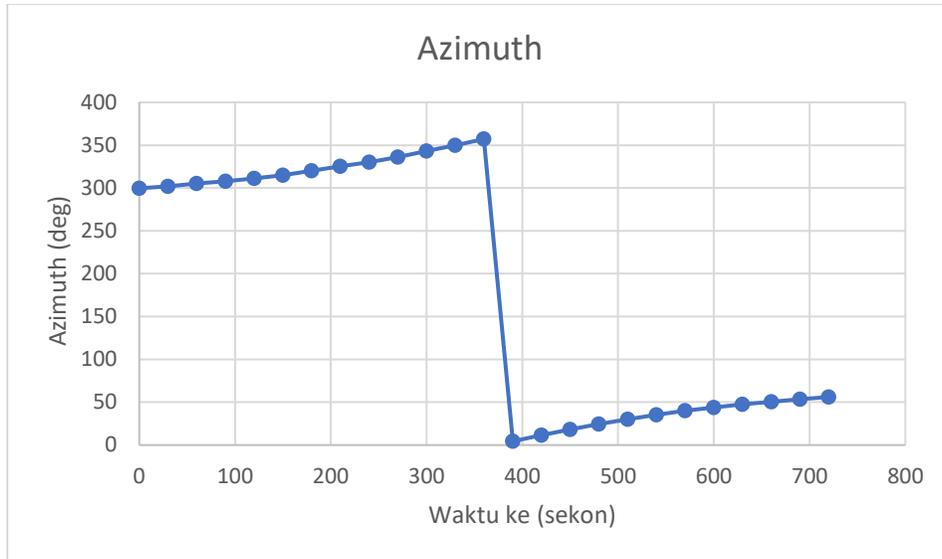


**Gambar 8.** Tampilan Instalasi Demo Kit

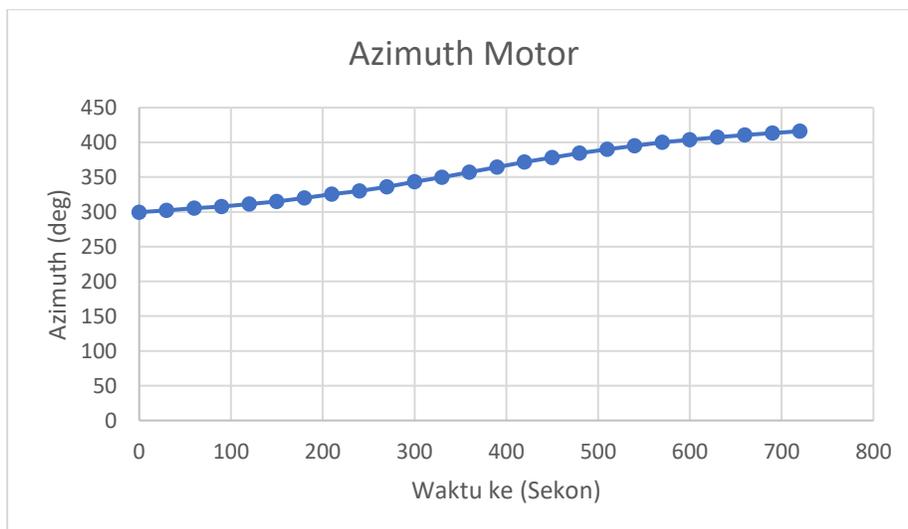
## 4. Hasil dan Simulasi

### 4.1 Plot Sudut Azimuth dan Elevasi GCS Lab UPT Undip Terhadap Satelit LAPAN A2

Berikut adalah hasil tracking satelit LAPAN A2 dari data *n2yo.com* dengan GCS adalah lab UPT Undip yang terkini yang dapat ditunjukkan pada Gambar 9 merupakan tracking plot azimuth. Kemudian diolah menjadi Gambar 10.



**Gambar 9.** Plot tracking satelit LAPAN A2 sudut azimuth terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 8 November 2022 (waktu - azimuth).

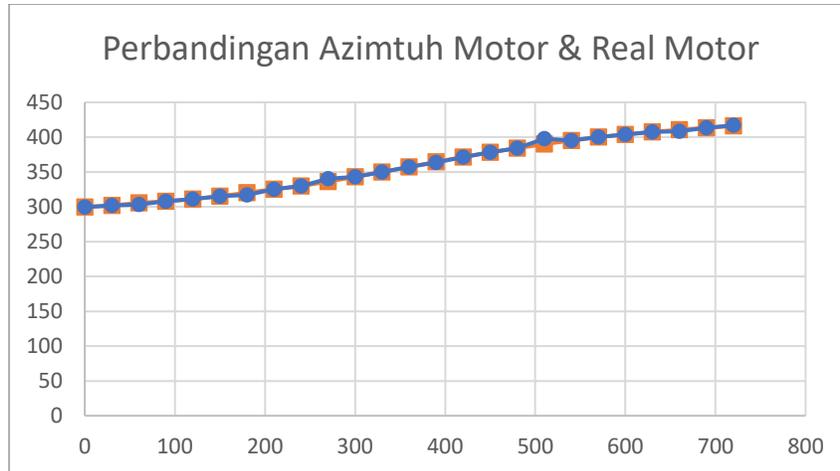


**Gambar 10.** Plot tracking satelit LAPAN A2 sudut azimuth terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 8 November 2022 (waktu - azimuth).

Dari data tersebut ada yang perlu diubah karena saat derajat azimuth melewati 360 derajat lanjut menjadi 0 derajat dan berlanjut hingga mendekati 60 derajat maka dengan demikian akan menimbulkan permasalahan bagi gerakan motor di sudut azimuth. Sehingga untuk mengakali masalah tersebut perlu menambahkan 360 derajat pada azimuth diatas 0 derajat.

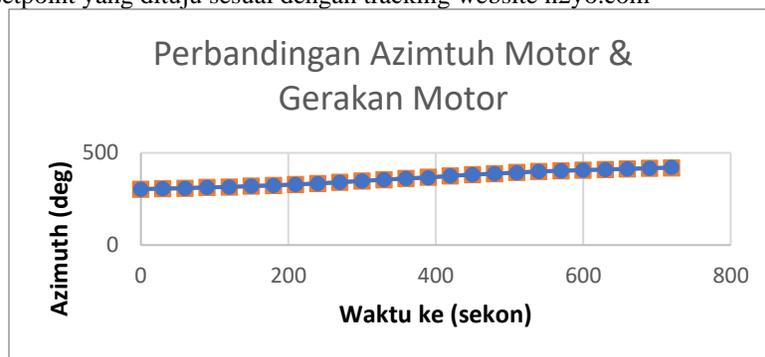
#### 4.2 Perbandingan Gerakan Motor Azimuth Real dengan Sudut Azimuth n2yo.com GCS Lab UPT Undip Terhadap Satelit LAPAN A2

Dari grafik gambar 11 menunjukkan perbandingan antara gerakan motor DC yang menggerakkan azimuth dengan hasil tracking dari website n2yo.com



**Gambar 11.** Perbandingan Azimuth Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 8 November 2022 (waktu - azimuth).

Dari data gambar 11. didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 720 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan error sebesar 4 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com



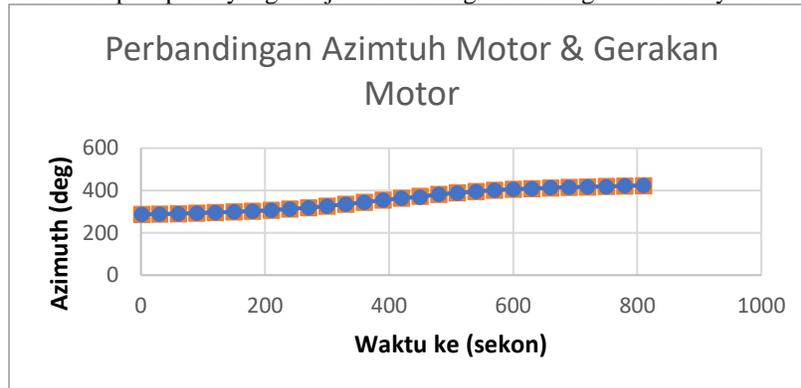
**Gambar 12.** Perbandingan Azimuth Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 10 November 2022 (waktu - azimuth).

Dari data gambar 4.5 didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 720 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan error sebesar 3 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com



**Gambar 13.** Perbandingan Azimuth Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 15 November 2022 (waktu - azimuth).

Dari data gambar 4.6 didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 840 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan maksimal error sebesar 5 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com

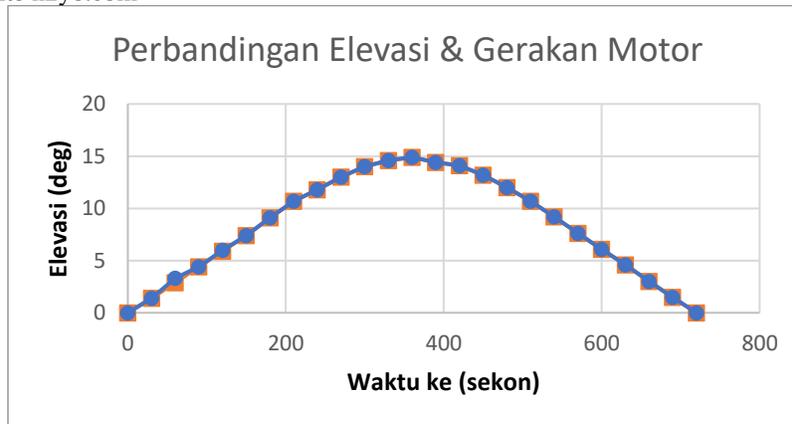


**Gambar 14.** Perbandingan Azimuth Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 16 Januari 2023 (waktu - azimuth).

Dari data gambar 4.7 didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 810 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan maksimal error sebesar 3,5 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com

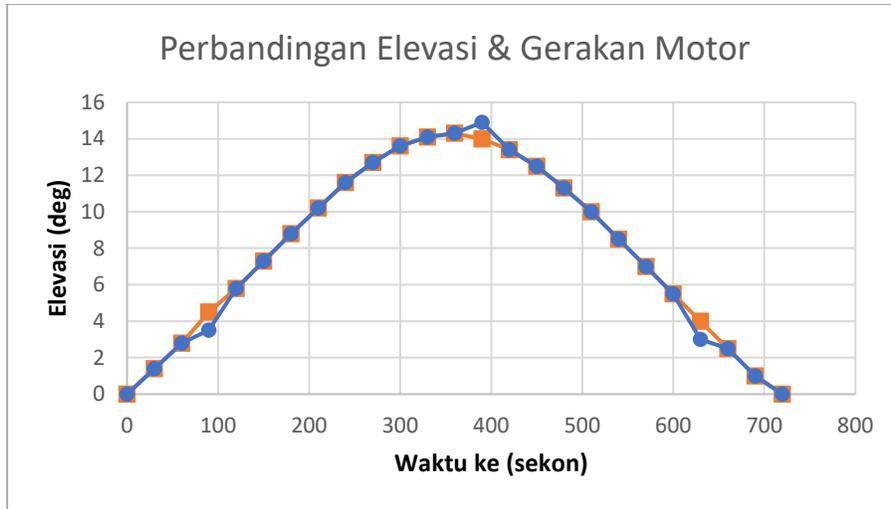
#### 4.3 Perbandingan Gerakan Motor Elevasi Real dengan Sudut Elevasi n2yo.com GCS Lab UPT Undip Terhadap Satelit LAPAN A2

Dari grafik gambar 4.4 menunjukkan perbandingan antara gerakan motor DC yang menggerakkan elevasi dengan hasil tracking dari website n2yo.com



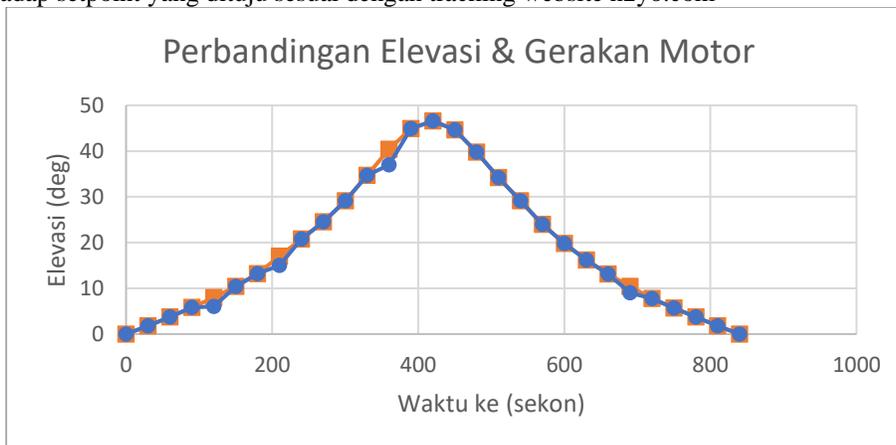
**Gambar 15.** Perbandingan Elevasi Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 8 November 2022 (waktu - Elevasi).

Dari data gambar 4.7 didapatkan perbedaan hasil dari Elevasi motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 810 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan maksimal error sebesar 1,5 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com



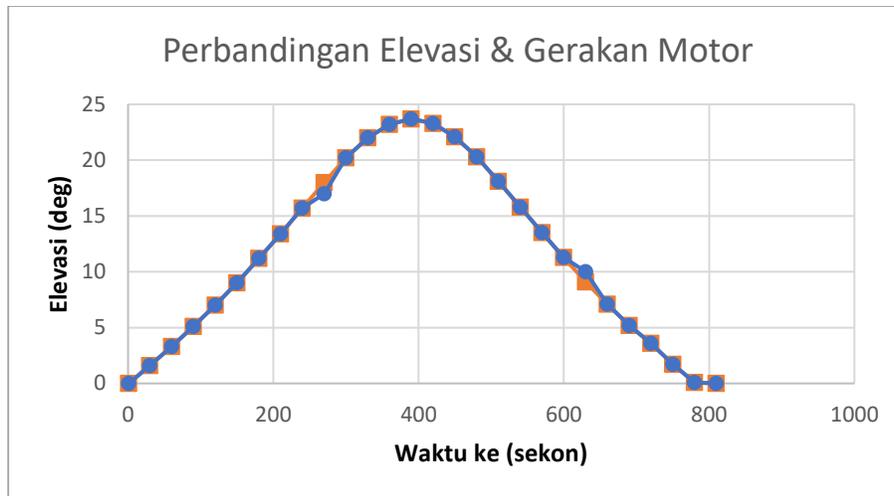
**Gambar 16.** Perbandingan Elevasi Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 10 November 2022 (waktu - elevasi).

Dari data gambar 4.5 didapatkan perbedaan hasil dari elevasi motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 720 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan error sebesar 2 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com



**Gambar 17.** Perbandingan Elevasi Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 15 November 2022 (waktu - elevasi).

Dari data gambar 4.6 didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 840 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan maksimal error sebesar 3 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com



**Gambar 18.** Perbandingan Elevasi Motor DC dengan tracking n2yo.com satelit LAPAN A2 terhadap Lab UPT Undip pada tanggal 16 Januari 2023 (waktu - elevasi).

Dari data gambar 4.7 didapatkan perbedaan hasil dari azimuth motor DC dengan dengan tracking yang dilakukan pada n2yo.com selama 810 detik berdasarkan pengamatan visual data gerakan motor didapatkan maksimal error sebesar 3 derajat dari gerakan motor terhadap setpoint yang dituju sesuai dengan tracking website n2yo.com

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut, telah dibuat model simulasi dari GCS (Ground Control System) terhadap objek yang dituju dengan demo kit. Pada penelitian ini telah dibuat instalasi demo kit dari GCS penjejka drone yang bisa bekerja dengan baik dan masih menggunakan *open loop* sistem. Dalam mentracking satelit LAPAN 2 perbandingan hasil gerakan motor DC dengan website n2yo.com pada hasil pengujian terdapat error maksimal pada azimuth sebesar 5 derajat dan elevasi sebesar 3 derajat.

## Daftar Pustaka

- [1] Velayudhan, S. (2017). *A Low, Cost Portable Ground Station to Track and Communicate with Satellites in VHF Band*. Rochester, NY: Rochester Institute of Technology.
- [2] Krisnabayu, M. Y., & Nurhadi, H. (2012). RANCANG BANGUN ROTATOR ELEVASI SATELIT NANO UNTUK PORTABLE GROUND STATION. *TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN FTI ITS*, 1.
- [3] Huang, Y. (2012). *Cubesat Ground Station Implementation and Demonstration*. CRANFIELD UNIVERSITY.
- [4] Cakaj, S. (2009). Practical Horizon Plane and Communication Duration for Low Earth Orbiting (LEO) Satellite Ground Stations. *WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS*, 373-383.
- [5] Anggara, R. S., Wijanto, H., & Dkk. (2014). Automated Ground Station with Customized Rotator for Antenna Pointing using Compass Sensor. *IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science*, 59-64.
- [6] Papatthaniassiou, A., & P.T., M. (2000). Antenna Pointing Algorithms for Non-Geostationary Satellite based UMTS Systems. *IEEE*, 849-853.
- [7] Didactic, F. (2011). *Introduction Satellite Orbits, Coverage and Antenna Alignment*. Cannada.
- [8] Sidharta, H. (2009). RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK SISTEM AUTO TRACKING SATELLITE ANTENA MOBILE. DEPOK: UNIVERSITAS INDONESIA.
- [9] Winter, E., Dahl, J., Nordling, K., Praks, J., Kiviluoma, P., & Kuosmanen, P. (2012). DEVELOPMENT OF TRACKING SYSTEM FOR SATELLITE GROUND STATION. *8th International DAAAM Baltic Conference*. Tallinn, Estonia: INDUSTRIAL ENGINEERING.
- [10] Cakaj, S. (2009). *Rain Attenuation Impact on Performance of Satellite Ground Stations for Low Earth Orbiting (LEO) Satellites in Europe*.
- [11] Nugroho, G., & Dectaviansyah, D. (31 July 2018). Design, Manufacture and performance analysis of an automatic antenna tracker for an unmanned aerial vehicle (UAV). *MEV Journal*, 32-40.