

# SISTEM PENGENDALIAN DAN PENGARAHAN ANTENA BTS UNTUK SISTEM KOMUNIKASI PEMANTAU SUNGAI CITARUM

## *BTS ANTENNA CONTROL AND DIRECTION SYSTEM FOR CITARUM RIVER MONITORING COMMUNICATION SYSTEMS*

Aldo Alessandro Tukat<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Trasma Yunita<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung  
<sup>1</sup>aldoalessandro@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id,  
<sup>3</sup>trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

---

### Abstrak

Perangkat *monitoring* kualitas air sungai citarum membutuhkan sistem pengiriman data secara *real-time*. Kecocokan arah pancaran antara antena di BTS dengan antena di perangkat *monitoring* sangat perlu diperhatikan, khususnya antena yang memiliki pola pancaran *directional*, karena penyimpangan arah pancaran antara antena TX dengan RX dapat mengakibatkan level daya terima sinyal tidak optimal dan berpengaruh ke kinerja pengiriman data *real-time*.

Untuk mengatasi penyimpangan arah pancaran antara antena di BTS dengan antena di perangkat *monitoring*, maka pada antena penerima dirancang sebuah sistem pengarahan antena secara otomatis. Dengan menentukan koordinat letak objek dan ketinggian yang ingin di *tracking* menggunakan bantuan sensor GPS U-blox NEO-6M dan BMP 180. Kemudian setelah menentukan koordinat objek, proses selanjutnya meneruskan data *latitude*, *longitude* dan *altitude* yang didapat dari sensor GPS dan BMP 180 ke mikrokontroler dan akan diolah, lalu stasiun kontrol menginstruksikan penggerak untuk mencari sudut polarisasi sesuai data yang telah diterima.

Hasil yang didapatkan dari pengujian sistem pengendalian dan pengarahan antena pada BTS ini menunjukkan pengolahan data dari *longitude*, *latitude* dan *altitude* berhasil dikonversi menjadi *output* azimuth. Blok kendali pengarahan antena berhasil melakukan *tracking* setiap blok *Mobile Monitoring Device* berpindah jarak dan koordinat posisi dengan *error* sudut sebesar  $13.8^{\circ}$  atau 7.6% dan jarak maksimal komunikasi antara perangkat *monitoring mobile* dengan kendali pengarahan antena sejauh 70 meter.

**Kata Kunci:** Citarum, Monitoring, *Real-time*, BTS, Antena, *Tracking*

---

### Abstrak

The monitoring instrument for Citarum river water quality requires a real-time data transmission system. It is important to pay attention to the compatibility of the beam direction between BTS antenna and monitoring device antenna, especially antennas with directional beam pattern. It is underlined that the deviation of the beam direction between TX and RX antennas can lead to suboptimal signal reception power levels and affect real-time data transmission performance.

To overcome the deviation of beam direction between BTS antenna and monitoring device antenna, in the receiving antenna an automatic antenna alignment system is designed. It can be done by determining the coordinates of object location and the altitude of tracking using sensors of GPS U-blox NEO-6M and BMP 180. After determining the object coordinates, the next process is to forward the latitude, longitude, and altitude to the microcontroller to be processed. Then, the control station instructs moving system to find the polarization angle based on the available data.

The results obtained from testing done on the control system and direction of BTS antenna showed that data in from longitude, latitude and altitude have been successfully converted into azimuth and distance outputs. The antenna alignment control block successfully tracked every block of Mobile Monitoring Device change in distance and coordinates with an angle error of  $13.8^{\circ}$  or 7.6%. In addition, the maximum communication distance between Mobile Monitoring Device and the antenna alignment control was 70 meters.

**Keyword :** Citarum, Alignment, Monitoring, Real-time, BTS, Antenna, Tracking

## 1. Pendahuluan

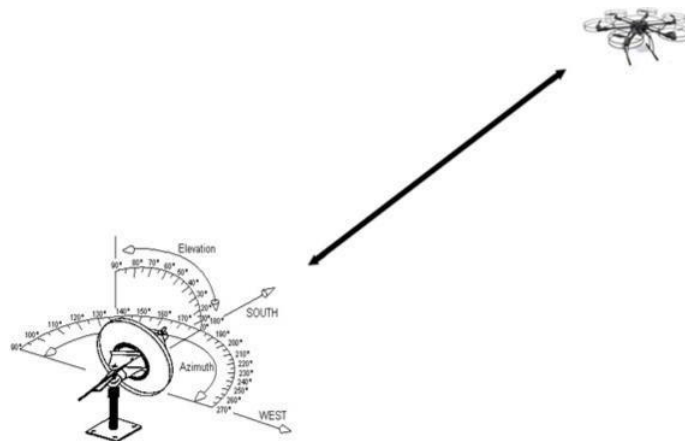
Kebanyakan sungai di Indonesia terutama pada daerah industri dan pemukiman penduduk telah tercemar, salah satu sungai yang paling tercemar di Indonesia bahkan di dunia adalah Sungai Citarum. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018, Sungai Citarum merupakan sungai strategis nasional sebagai kesatuan ekosistem alami yang utuh dari hulu hingga hilir beserta kekayaan sumber daya alam dan sumber daya buatan merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa kepada bangsa Indonesia yang perlu disyukuri, dilindungi, dan diurus dengan sebaik baiknya serta wajib dikembangkan dan didayagunakan secara optimal bagi sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat.

Dengan turunnya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018, tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum, Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi memberikan dukungan dengan memfasilitasi riset dan keikutsertaan akademisi dalam inovasi pengendalian DAS Citarum. Salah satu bentuk pengendalian pencemaran dan kerusakan daerah aliran sungai citarum adalah dengan memantau tingkat kualitas air, menggunakan perangkat *monitoring mobile* yang dibuat dalam bentuk UAV yang akan bergerak melakukan *monitoring* di beberapa sektor kerusakan air dan sudah dilengkapi sensor untuk memantau kualitas air.

Pada implementasinya nanti komunikasi perangkat *monitoring mobile* tersebut akan terhubung dengan *Base Trans-Receiver Station (BTS)* yang nanti akan dilengkapi dengan antena *directional*, mengingat antena *directional* memiliki pola radiasi yang difokuskan pada sudut dan area tertentu[1] dan tidak bisa menjangkau area yang luas, maka dari itu perlu dirancang sebuah penggerak atau kendali otomatis yang akan menggerakkan dan menyelaraskan arah pancaran antena mengikuti ke arah mana perangkat *monitoring mobile* tersebut bergerak dan mengatasi ketidakcocokan arah pancaran antara antena di BTS ke alat *monitoring*, sehingga dapat memperoleh daya terima sinyal yang stabil dan optimal[2].

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1 Antena Tracker



Gambar 1. Antena Tracker

Merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengendalikan arah pancaran antena *directional* khususnya, yang bertujuan untuk mengoptimalkan daya terima yang stabil dan optimal. Alat ini memiliki kemampuan untuk melakukan *tracking* pergerakan sebuah perangkat atau objek yang bergerak[3].

### 2.2 Antena

Antena merupakan perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara begitupun sebaliknya dari udara ke media kabel. Antena memiliki beberapa parameter yaitu gain, pola radiasi, *bandwidth*, *beamwidth*, direktivitas, dan impedansi *input*[4].

### 2.3 Antena Directional

Merupakan antena yang mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah. Antena ini idealnya digunakan sebagai penghubung antar gedung atau untuk daerah (konfigurasi *Point to Point*) yang mempunyai konfigurasi cakupan area yang kecil seperti pada lorong-lorong yang panjang.

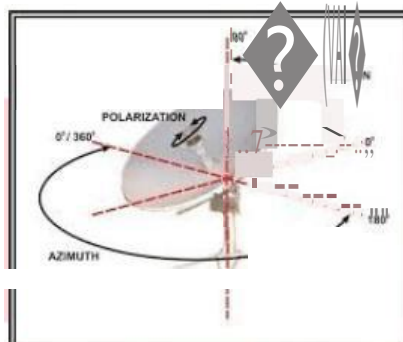
Antena jenis *directional* adalah jenis antena dengan *narrow beamwidth*, yang punya sudut pemancaran yang kecil dengan daya lebih terarah, jaraknya jauh dan tidak bisa menjangkau area yang luas, antena *directional* mengirim dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah, umumnya pada fokus yang sangat sempit, dan biasanya digunakan untuk koneksi *point to point*, atau *multiple point* [5].

**2.4 HPBW dan FNBW**

Half Power Beamwidth (HPBW) adalah daerah sudut yang dibatasi oleh titik-titik 1/2 daya atau -3 dB atau 0.707 dari medan maksimum pada lobe utama. Sedangkan First Null Beamwidth (FNBW) adalah besar sudut bidang diantara dua arah pada main lobe yang intensitas radiasinya nol[6].

**2.5 Azimut dan Elevasi**

Azimut adalah besar sudut searah putaran jarum jam diukur mulai utara bumi sebagai acuan kemana antenna mengarah. Sedangkan elevasi adalah sudut antenna yang terbentuk dari memutar sumbu sejajar dengan bidang horizontal[7].



Gambar 2. Visual Azimut dan Elevasi

**2.6 Rugi-rugi Propagasi**

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

$$L_{total} = 32.45 + 20 \log f + 20 \log R \tag{1}$$

- keterangan: f = frekuensi kerja (MHz)
- R = panjang lintasan propagasi (Km)
- L<sub>total</sub> = redaman transmisi dasar di ruang bebas (dB)

Pada prinsipnya gas-gas di atmosfer akan menyerap sebagian dari energi gelombang radio, dimana pengaruhnya tergantung pada frekuensi gelombang, tekanan udara dan temperature udara. Selain itu pengaruh dari rugi-rugi propagasi adalah tetes-tetes hujan menyebabkan penghamburan dan penyerapan energi gelombang radio yang akan menghasilkan redaman hujan. Parameter yang menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan dari antenna yang memiliki penguatan sendiri. Bila terdapat rugi-rugi feeder, maka akan mengurangi nilai dari EIRP[8].

$$EIRP = P_{trans} + G_{ant} - L_{att} \tag{2}$$

- keterangan: P<sub>trans</sub> = daya pancar sinyal carrier dan feeder antenna pemancar (dBW)
- G<sub>ant</sub> = gain antenna pemancar (dBi)
- L<sub>att</sub> = loss attenuator (dB)

**2.7 Haversine Formula**

Adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik pada permukaan bumi berdasarkan garis bujur (longitude) dan garis lintang (latitude)[9]. Berikut persamaan haversine:

$$d = 2 \cdot R \cdot \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta \phi}{2} \right) + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \sin^2 \left( \frac{\Delta \lambda}{2} \right)} \right) \tag{3}$$

- keterangan: d = jarak antara dua titik

$R$  = jari-jari bumi (6,371km)  
 $\theta$  = kalkulasi perpotongan sumbu  
 $\phi_1, \phi_2$  = *latitude* dari titik 1, *latitude* dari titik 2  
 $\lambda_1, \lambda_2$  = *longitude* dari titik 1, *longitude* dari titik 2

## 2.8 Arduino

Arduino adalah papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdiri dari ATmega328 mikrokontroler yang berdasar pada teknologi AVR 8-, 16- dan 32-bit, atmega328 pada dasarnya avr 8-bit RISC *controller* berdasarkan *Dual Inline Package (DIP) technology*, memiliki osilator *clock* 20 MHz, 32kB *flash*, 1kB SRAM, 23 pin I/O, 6 pin *input* analog dan 6 pin *output* PWM[10].



Gambar 2. Mikrokontroler Arduino

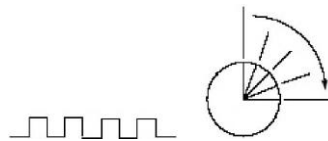
## 2.9 Motor Stepper

Pada dasarnya adalah motor servo yang menggunakan metode motorisasi berbeda. Prinsip kerja motor stepper adalah dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit dimana motor stepper bergerak berdasarkan pulsa yang diberikan kepada motor stepper tersebut. Setiap putaran dari satu elektromagnet ke berikutnya dinamakan *step* dan karena itu motor dapat diaktifkan dengan sudut langkah yang telah ditentukan sebelumnya melalui putaran 360° penuh.



Gambar 3. Motor Stepper

Motor stepper yang pada umumnya menghasilkan perputaran sejauh 1.8 derajat per satu pulsa *input* sehingga untuk mendapatkan satu putaran penuh 360 derajat dibutuhkan 200 *input* pulsa[11].



Gambar 4. Prinsip Kerja Motor Stepper

## 2.10 Modul RF 3DR 433 MHz

Adalah sistem telemetri yang menawarkan sistem komunikasi 2-arah secara *wireless half duplex*, yang bekerja pada frekuensi 433.92 MHz[12].



Gambar 5. Modul RF 3DR 433 MHz

### 2.11 Modul GPS U-blox NEO-6M

NEO-6 merupakan seri modul yang berdiri sendiri pada GPS penerima yang memberikan performa yang tinggi. U-blox 6 mesin posisi menawarkan *Time-To-First-Fix* (TTFF) dibawah 1 detik[13].



Gambar 6. Modul GPS U-blox NEO-6M

### 2.12 Mobile Monitoring Device

Adalah perangkat pemantauan bergerak yang bertujuan untuk pengumpulan data yang berfokus pada keluaran, dimana data yang telah dikumpulkan dapat memberikan solusi untuk suatu masalah[14]

### 2.13 Sensor BMP180

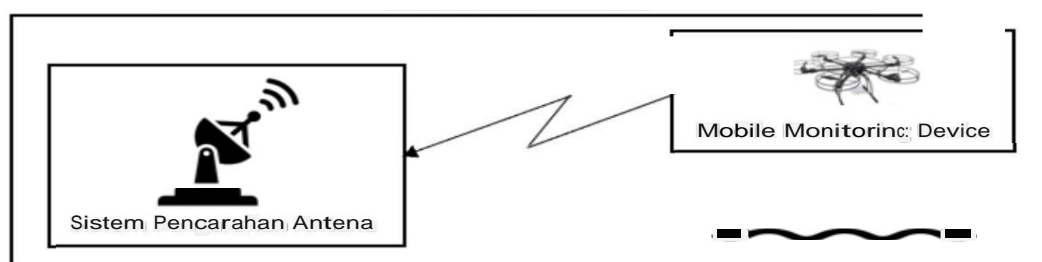
Adalah sensor tekanan *barometric*, bekerja menggunakan tegangan 3.3 volt, memiliki komunikasi serial dua arah terdiri dari *serial clock* (SCL) dan *serial data* (SDA)[15].



Gambar 7. Sensor BMP180

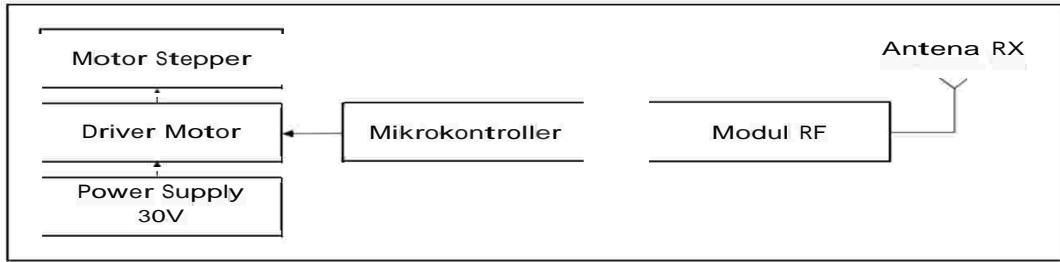
### 2.14 Perancangan Blok Sistem

Desain sistem yang akan diusulkan untuk pengarahannya dan pengendalian pada antenna BTS untuk mengikuti objek yang terhubung dengan sistem pengarahannya. Sistem pengarahannya antenna akan menjadi penerima dan perangkat *mobile monitoring* akan bertugas sebagai pengirim data.



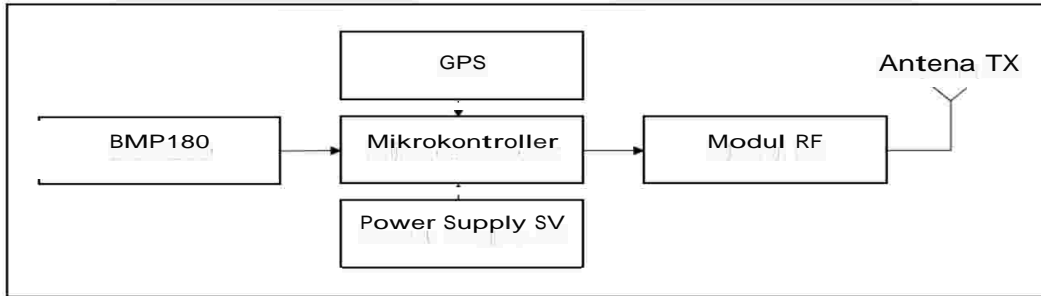
Gambar 8. Ilustrasi dan Desain Blok Sistem Keseluruhan

Blok subsistem ini dirancang untuk kendali penggerak sistem pengarahannya antenna dan menerima data dari perangkat *mobile monitoring*. Pada blok sistem pengarahannya antenna, terdiri dari blok mikrokontroler, blok motor stepper, blok modul RF, dan blok antenna RX.



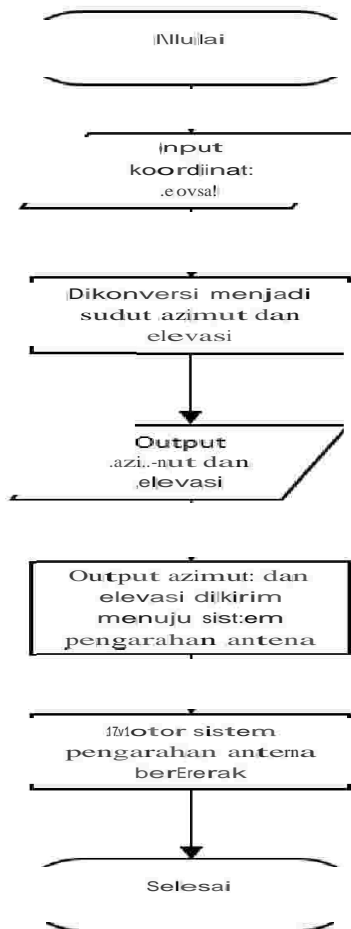
Gambar 9. Desain Blok Sistem Pengarahan Antena

Blok sistem ini berfungsi untuk memerintahkan sistem kendali agar antena dapat mengikuti arah perangkat *monitoring mobile* sesuai dengan koordinatnya. Pada blok *Mobile Monitoring Device* terdiri dari blok GPS, blok modul RF, blok BMP 180, blok antena TX, dan blok UAV.



Gambar 10. Desain Blok Sistem *Mobile Monitoring Device*

Berikut diagram alir proses kerja sistem :



Gambar 11. Diagram Alir Proses Kerja Sistem

### 3. Pengujian dan Analisis

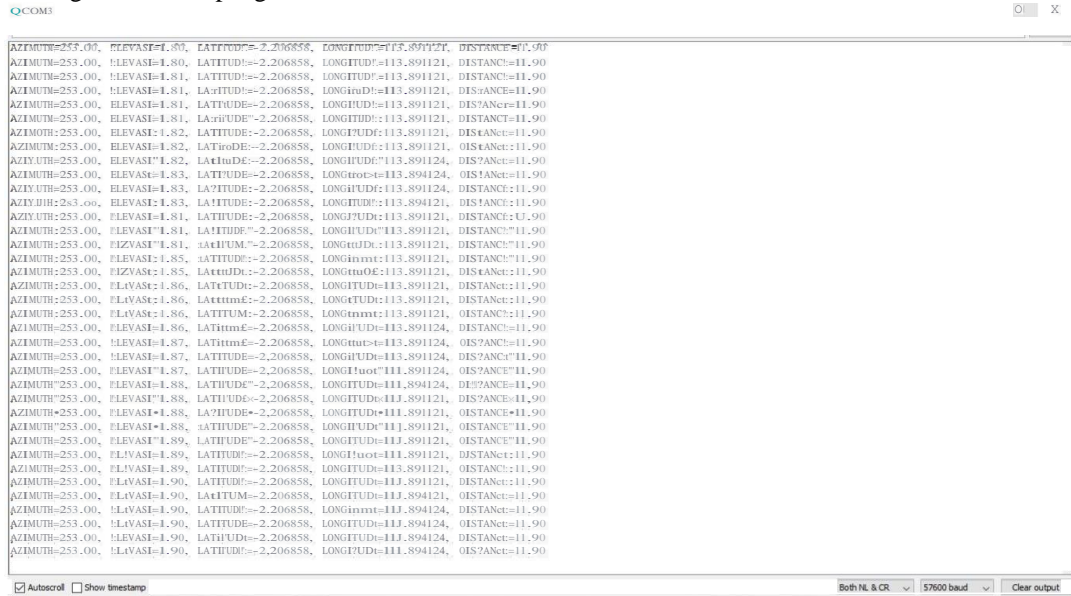
#### 3.1 Analisis Perhitungan

Data GPS dan BMP 180 berupa *latitude*, *longitude* dan *altitude* akan dikonversi menjadi sudut azimut dan elevasi melalui pengolahan data seperti dijelaskan pada bab pengolahan data. Analisis akan dilakukan dengan cara membandingkan *output* perhitungan azimut dan jarak yang telah diimplementasikan di sistem pengarahan antenna dengan perhitungan *online* yang ada di *website*. Berikut analisis sudut azimut dan jarak.

Saat sistem pengarahan antenna di koordinat Lat: -2.206827 Lon :113.894521

Saat sistem pemantau di koordinat Lat: -2.206858 Lon :113.894424

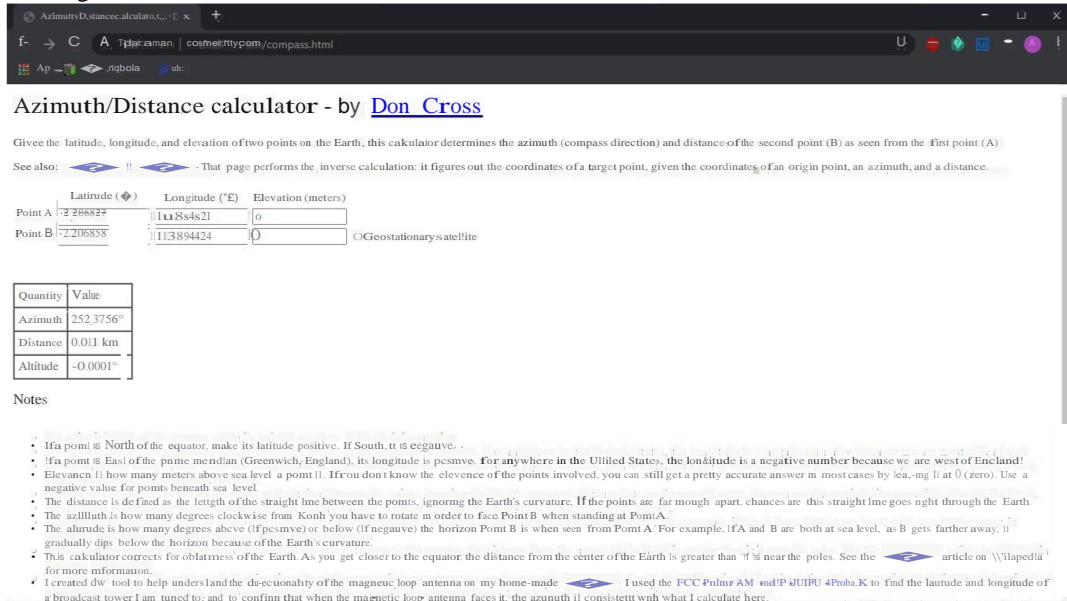
*Output* perhitungan di sistem pengarahan antenna :



Gambar 12. *Output* Perhitungan di Sistem Pengarahan Antena

Pada gambar 9 dapat dilihat *Output* perhitungan di sistem pengarahan antenna diperoleh sudut azimut 253.00° dan jarak 11.90 meter.

*Output* perhitungan *online* di *website* :



Gambar 13. *Output* Perhitungan di *Website Online*

Pada gambar 10 dapat dilihat *Output* perhitungan di *website online* diperoleh sudut azimut 252.3756° dan jarak 11 meter.

Kesimpulan yang diperoleh pada perbandingan yang telah dilakukan adalah, tidak terdapat perbedaan output yang signifikan antara perhitungan di sistem pengarahan antenna dengan perhitungan *online* di *website*.

### 3.2 Pengujian dan Analisis Kendali Sistem Pengarahan Antena

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah data dari koordinat GPS dan ketinggian dari perangkat *Mobile Monitoring* yang dikirim ke kendali sistem pengarahan antena dalam bentuk konversi sudut azimut dan elevasi dapat membuat motor azimut dan elevasi bergerak dan mengetahui *error* sudut antara antena dengan perangkat *monitoring* dengan menggunakan alat bantu kompas. Berikut pengambilan datanya :

Tabel 1. Pengujian Sistem Pengarahan Antena Pada Jarak 5 Meter

Sudut Azimut	Sudut elevasi	Ketinggian	Jarak	Latitude	Longitude	Kondisi	Error Sudut
0°	0°	0.08m	5m	-2,206958	113,894478	Tracking	0°
10°	0°	0.08m	5m	-2,206991	113,894585	Tracking	15°
20°	0°	0.08m	5m	-2,206994	113,894669	Tracking	16°
30°	0°	0.08m	5m	-2,206951	113,894731	Tracking	13°
40°	0°	0.08m	5m	-2,206844	113,894707	Tracking	13°
50°	0°	0.08m	5m	-2,206789	113,894676	Tracking	15°
60°	0°	0.08m	5m	-2,206751	113,894631	Tracking	12°
70°	0°	0.08m	5m	-2,206711	113,894664	Tracking	13°
80°	0°	0.08m	5m	-2,206654	113,894597	Tracking	14°
90°	0°	0.08m	5m	-2,206695	113,894608	Tracking	12°
100°	0°	0.08m	5m	-2,206687	113,894586	Tracking	14°
110°	0°	0.08m	5m	-2,206666	113,894561	Tracking	13°
120°	0°	0.08m	5m	-2,206654	113,894535	Tracking	12°
130°	0°	0.08m	5m	-2,206651	113,894527	Tracking	14°
140°	0°	0.08m	5m	-2,206649	113,894505	Tracking	15°
150°	0°	0.08m	5m	-2,206648	113,894481	Tracking	15°
160°	0°	0.08m	5m	-2,206678	113,894461	Tracking	13°
170°	0°	0.08m	5m	-2,206693	113,894439	Tracking	14°
180°	0°	0.08m	5m	-2,206708	113,894422	Tracking	13°
AVERAGE						Tracking	13.5°

Tabel 2. Pengujian Sistem Pengarahan Antena Pada Jarak 10 Meter

Sudut Azimut	Sudut elevasi	Ketinggian	Jarak	Latitude	Longitude	Kondisi	Error Sudut
0°	0°	0.08m	10m	-2,207093	113,894508	Tracking	0°
10°	0°	0.08m	10m	-2,207786	113,894519	Tracking	12°
20°	0°	0.08m	10m	-2,207084	113,894537	Tracking	14°
30°	0°	0.08m	10m	-2,207085	113,894731	Tracking	15°
40°	0°	0.08m	10m	-2,207079	113,894560	Tracking	14°
50°	0°	0.08m	10m	-2,207073	113,894565	Tracking	13°
60°	0°	0.08m	10m	-2,207064	113,894587	Tracking	14°
70°	0°	0.08m	10m	-2,207060	113,894613	Tracking	15°
80°	0°	0.08m	10m	-2,207522	113,894636	Tracking	15°
90°	0°	0.08m	10m	-2,207044	113,894663	Tracking	14°
100°	0°	0.08m	10m	-2,207038	113,894687	Tracking	13°
110°	0°	0.08m	10m	-2,207030	113,894718	Tracking	14°
120°	0°	0.08m	10m	-2,206654	113,894535	Tracking	16°
130°	0°	0.08m	10m	-2,207022	113,894735	Tracking	12°
140°	0°	0.08m	10m	-2,207010	113,894774	Tracking	14°
150°	0°	0.08m	10m	-2,207006	113,894796	Tracking	13°
160°	0°	0.08m	10m	-2,206991	113,894825	Tracking	15°
170°	0°	0.08m	10m	-2,206987	113,894889	Tracking	12°
180°	0°	0.08m	10m	-2,206941	113,894946	Tracking	13°
AVERAGE						Tracking	13.7°

Tabel 3. Pengujian Sistem Pengarahan Antena Pada Jarak 15 Meter

Sudut Azimut	Sudut elevasi	Ketinggian	Jarak	Latitude	Longitude	Kondisi	Error Sudut
0°	0°	0.08m	15m	-2,207206	113,894570	Tracking	0°
10°	0°	0.08m	15m	-2,207202	113,894597	Tracking	13°
20°	0°	0.08m	15m	-2,207200	113,894624	Tracking	14°
30°	0°	0.08m	15m	-2,207198	113,894644	Tracking	15°
40°	0°	0.08m	15m	-2,207193	113,894661	Tracking	14°
50°	0°	0.08m	15m	-2,207190	113,894686	Tracking	13°
60°	0°	0.08m	15m	-2,207187	113,894720	Tracking	15°
70°	0°	0.08m	15m	-2,207181	113,894722	Tracking	16°
80°	0°	0.08m	15m	-2,207169	113,894751	Tracking	13°
90°	0°	0.08m	15m	-2,207163	113,894770	Tracking	15°
100°	0°	0.08m	15m	-2,207155	113,894790	Tracking	16°
110°	0°	0.08m	15m	-2,207143	113,894806	Tracking	13°
120°	0°	0.08m	15m	-2,207141	113,894832	Tracking	15°
130°	0°	0.08m	15m	-2,207080	113,894836	Tracking	14°
140°	0°	0.08m	15m	-2,206649	113,894503	Tracking	16°
150°	0°	0.08m	15m	-2,207066	113,894851	Tracking	13°
160°	0°	0.08m	15m	-2,207057	113,894868	Tracking	13°
170°	0°	0.08m	15m	-2,207051	113,894892	Tracking	14°
180°	0°	0.08m	15m	-2,207040	113,894905	Tracking	15°
AVERAGE						Tracking	14.3°

Jadi hasil dari pengujian kendali sistem pengarahan antena dengan posisi koordinat awal site *latitude* 2.206596 *longitude* 113.894435 dan tiap perpindahan sudut azimuth 10° sebanyak 18 kali dengan variasi jarak 5 meter, 10 meter dan 15 meter pada ketinggian 0.08 meter dari tanah adalah, antena selalu melakukan *tracking* setiap blok *Mobile Monitoring Device* berpindah koordinat posisi dan menghasilkan *error* sudut yang bervariasi.



Tabel 4. Hasil Pengujian Pada Beberapa Variasi Jarak

Sudut Azimut	Sudut elevasi	Ketinggian	Jarak	Error Sudut
0-150	0	0.08m	5m	13.5
0-150	0	0.08m	10 m	13.7
0-150	0	0.08m	15 m	14.3
AVERAGE				13.8

Kesimpulan dari pengujian kendali sistem pengarahan antenna yaitu, tiap perpindahan jarak terjadi penambahan rata-rata *error* sudut dan sistem kontrol memiliki *error* sudut sebesar 7.6%.

$$\frac{13.8^{\circ}}{180^{\circ}} \times 100\% = 7.6\%$$

Keterangan: 13.8° = Rata-rata *error* sudut  
180° = Total pengujian sudut

### 3.3 Pengujian Komunikasi Data

Pengujian ini dilakukan untuk menguji sejauh mana jangkauan maksimal data dari perangkat monitoring mobile dapat dikirim dan diterima blok sistem kendali pengarahan antenna lewat Modul RF 3DR 433 MHz.

Tabel 5. Pengujian Komunikasi Pada Beberapa Variasi Jarak

Pengujian	Jarak	Kondisi
1	5m	connect
2	10m	connect
3	15 m	connect
4	20m	connect
5	25m	connect
6	30m	connect
7	35m	connect
8	40m	connect
9	45m	connect
10	50m	connect
11	55m	connect
12	60m	connect
13	65m	connect
14	70m	disconnect
15	75m	disconnect

Setelah pengujian dapat disimpulkan jarak maksimal komunikasi antara perangkat *monitoring mobile* dan kendali pengarahan antenna adalah 70 meter dan akan terputus dengan indikator data tidak terima lagi di blok sistem pengarahan antenna.

### 4. Kesimpulan

Berikut beberapa kesimpulan yang telah didapat dari implementasi dan analisis alat:

1. Pengolahan data dari *longitude*, *latitude* dan *altitude* berhasil dikonversi menjadi output sudut azimut dan elevasi.
2. Sistem kontrol di blok kendali pengarahan antenna berhasil melakukan tracking setiap blok *Mobile Monitoring Device* berpindah koordinat posisi.
3. Antara blok kendali pengarahan antenna dan blok *Mobile Monitoring Device* memiliki rata-rata *error* sudut sebesar 13.8° sebesar 7.6%.
4. Jarak maksimal komunikasi antara perangkat *monitoring mobile* dan kendali pengarahan antenna adalah 70 meter.

**Referensi :**

- [1] G. Nugroho and D. Dectaviansyah, "Design, manufacture and performance analysis of an automatic antenna tracker for an unmanned aerial vehicle (UAV)," *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 9, no. 1, p. 32, 2018.
- [2] M. H. Al Banna, "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," 2017.
- [3] Antenna Tracking, diakses pada tanggal 16 September 2020, [ardupilot.org/copter/docs/common-antenna-tracking.html](http://ardupilot.org/copter/docs/common-antenna-tracking.html)
- [4] Budi Pratama, "Perancangan dan implementasi antena yagi 2.4 GHz," *Jurnal Elkomika*, 2013.
- [5] A.Zulkifli Lubis, "Pengaruh posisi antena terhadap sinyal gelombang antena yagi aluminium," *Jurnal Dinamis*, vol. Volume II Nomor 14, 2014.
- [6] A. Z. Lubis, "Gelombang Antena Yagi Aluminium," no. 14, pp. 32–38, 2014.
- [7] V. Prasetiati and U. Surabaya, "Sudut Elevasi Dan Azimuth Antena Stasiun Bumi Bergerak Dalam Sistem," pp. 73–85.
- [8] E. R. Juma, H. Wijanto, and U. Sunarya, "Implementasi Dan Analisis Kinerja Sistem Automatic Tracking Control Polarisasi Antena Penerima Frekuensi 433 MHz Berbasis GPS," *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 185–192, 2015.
- [9] Y. Yulianto, R. Ramadiani, and A. H. Kridalaksana, "Penerapan Formula Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 13, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.30872/jim.v13i1.1027.
- [10] A. Nayyar and V. Puri, "A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields," *Proc. 10th INDIACom; 2016 3rd Int. Conf. Comput. Sustain. Glob. Dev. INDIACom 2016*, pp. 1485–1492, 2016.
- [11] P. P. J. Kalatiku Yuri Yudhaswana, "Pemrograman Motor Stepper Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C," *Mektek*, no. Vol 13, No 1 (2011), 2011, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mektek/article/view/562>.
- [12] M. Fazlur and R. Fauzi, "Rancang Bangun Robot Line Follower Menggunakan Algoritma PID ( Studi Kasus: Ebotec # 3 )," vol. 1, no. 2, 2015.
- [13] N. Publikasi and T. Akhir, "Perancangan Purwarupa Sistem Peringatan Kebocoran Gas Liquefied Petroleum Gas ( Lpg ) Program Studi Teknik Elektro Perancangan Purwarupa Sistem Peringatan Kebocoran Gas Liquefied Petroleum Gas ( Lpg ) Perancangan Purwarupa Sistem Peringatan Kebocoran Gas," 2018.
- [14] D. S. Kusuma and R. R. Isnanto, "Perancangan Sistem Pemantau Ruangan pada Perangkat Bergerak," *Transmisi*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, 2012, doi: 10.12777/transmisi.14.1.1-6.
- [15] F. Amaluddin and A. Haryoko, "A s s t u t k a l b m," vol. 13, no. 2, pp. 98–104, 2019.