



**RANCANG BANGUN ANTENA YAGI 433 MHz (Studi  
Kasus Penguat Sinyal Telemetry 433 MHz pada  
Pesawat Tanpa Awak)**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

**Oleh**

**Amarulloh**

**NIM.5301415024**

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2019**

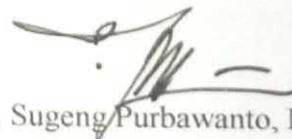
## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Amarulloh  
Nim : 5301415024  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA YAGI 433 MHz (Studi Kasus Penguat Sinyal Telemetry 433 MHz pada Pesawat Tanpa Awak)

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 9 Oktober 2019

Pembimbing,



Drs. Sugeng Purbawanto, M.T

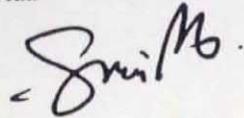
NIP. 195703281984031001

## PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 31 Oktober 2019.

Panitia

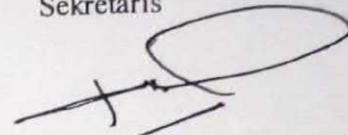
Ketua



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T, IPM

NIP. 196605051998022001

Sekretaris



Drs. Sri Sukamta, M.Si., IPM

NIP. 196505081991031003

Penguji I



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T, IPM

NIP. 196605051998022001

Penguji II



Aryo Baskoro Utomo, S.T., M.T.

NIP. 198409092012121002

Penguji III/Pembimbing



Drs. Sugeng Purbawanto, M.T.

NIP. 195703281984031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Drs. Nur Qudus, M.T, IPM

NIP. 196911301994031001

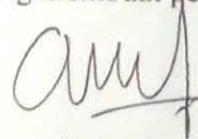
## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 20 November 2019

Yang membuat pernyataan



Amarulloh

NIM.5301415024

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

- ❖ Begitu kamu berhenti belajar, kamu akan mulai sekarat (Albert Einstein).
- ❖ Tidak ada namanya kegagalan yang ada hanya tidak mau mencoba.
- ❖ Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah dilaksanakan/diperbuat (Ali Bin Abi Thalib).

### **PERSEMBAHAN**

- ❖ Karya ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, terutama Bapak, Ibu dan keluarga besar di rumah.
- ❖ Sahabat-sahabat Pendidikan Teknik Elektro 2015 yang telah membantu dan memberikan motivasi atas terlaksananya karya ini.
- ❖ Teman-teman dari SUVIFOR ROBOTIKA UKM RIPTEK yang telah membantu dalam proses pembuatan dan pengujian karya ini.

## ABSTRAK

Amarulloh. 2019. Rancang Bangun Antena Yagi 433 MHz (Studi Kasus Penguat Sinyal Telemetri 433 Mhz Pada Pesawat Tanpa Awak). Drs. Sugeng Purbawanto, M.T. Pendidikan Teknik Elektro. Universitas Negeri Semarang.

Pesawat tanpa awak (UAV) yang digunakan dalam penerbangan membutuhkan kinerja komunikasi yang maksimal. Untuk membantu kinerjanya dibutuhkan suatu piranti yang dapat berkomunikasi secara maksimal antara UAV dengan tempat pengoperasian (*ground station*). Salah satu piranti yang dapat digunakan adalah antena. Antena Yagi merupakan salah satu jenis antena yang mempunyai pola radiasi terfokus satu arah (*directional*) karena memiliki *gain* yang tinggi. Penelitian ini bertujuan membuat antena Yagi untuk memperkuat sinyal telemetri yang bekerja pada rentang frekuensi 433 MHz pada UAV sehingga akan mampu terbang dengan jangkauan yang lebih jauh.

Penelitian dilakukan dengan tiga tahap yaitu simulasi, pembuatan antena, dan pengujian. Pada tahap simulasi, dilakukan beberapa tahapan yaitu menentukan elemen antena dengan *software Yagi Calculator* untuk mengetahui ukuran antena dan disimulasikan menggunakan *software CST Studio Suite 2019*. Selanjutnya pada proses pengujian dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pengujian menggunakan simulasi, pengujian antena menggunakan alat ukur setelah dilakukan proses fabrikasi, dan perhitungan jarak maksimal terbang.

Hasil simulasi diperoleh parameter seperti nilai *return loss* -20,91 dB, *gain* 12,23 dBi, *directivity* 12,20 dBi, VSWR 1,197, *bandwidth* 7,17 MHz dengan presentase 1,65%, dan pola radiasi yang dibentuk adalah *directional*. Pada pengukuran menggunakan *Network Analyzer* diperoleh hasil seperti nilai *return loss* <10 dB, dan VSWR <2. Hasil perhitungan jarak jangkauan UAV adalah 42,65 Km.

Kata kunci: Antena Yagi, UAV, telemetri, 433 MHz, parameter

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbilalamin*, puji syukur kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *Rancang Bangun Antena Yagi 433 MHz (Studi Kasus Penguat Sinyal Telemetry 433 Mhz pada Pesawat Tanpa Awak)* ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Progran Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapat safaatnya di yaumul akhir nanti, Amin.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, pleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

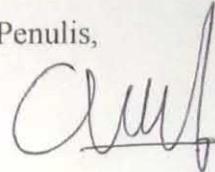
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Eleкто yang telah memberikan arahan dan motivasi selama menempuh studi.
4. Drs. Sugeng Purbawanto, M.T. Selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan dan motivasi selama menempuh studi serta selaku dosen Pembimbing yang dengan penuh perhatian berkenan memberikan bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu serta memberikan masukan sumber-sumber relevan yang sangat membantu penulis untuk menyelesaikan karya ini.
5. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM, dan Aryo Baskoro Utomo, S.T., M.T, Penguji I dan II yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
6. Nur Azis Salim, S.T., M.Eng, selaku dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah membantu dan memberi arahan saat pengujian alat.

7. Semua dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan banyak bekal ilmu yang bermanfaat dan sangat berharga bagi penulis.
8. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan fasilitas untuk tempat penelitian dan pengujian.
9. Ibu, Bapak, Kakak, Adik, dan Sahabat yang senantiasa memberi bantuan berupa dukungan dan doa.

Penulis menyadari bahwa keterbatasan yang dimiliki sehingga masih banyak kekurangan dan kesalahan, mudah-mudahan karya ini dapat dipahami sebaik-baiknya dan bermanfaat.

Semarang, 31 Oktober 2019

Penulis,



Amarulloh

NIM. 5301415024

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Penegasan Masalah .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>9</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	9
2.2 Landasan Teori .....	12

2.2.1 Telemetry.....	12
2.2.2 Antena Yagi .....	15
2.2.3 Parameter Antena.....	19
2.2.4 Bahan Antena .....	30
2.2.5 <i>Power Link Budget</i> .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.2 Desain Penelitian.....	35
3.2.1 Studi Literatur.....	37
3.2.2 Penentuan Parameter Antena.....	37
3.2.3 Ukuran Antena.....	37
3.2.4 Desain dan Simulasi .....	37
3.2.5 Perancangan.....	38
3.2.6 Pengujian .....	38
3.2.7 Analisis .....	38
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	38
3.4 Perancangan Antena Yagi .....	39
3.4.1 Perhitungan Antena Yagi.....	39
3.4.2 Perancangan Desain Dimensi Antena.....	41
3.4.3 Perhitungan Karakteristik Kabel.....	42
3.4.4 Spesifikasi Bahan Antena.....	43
3.4.5 Pembuatan Simulasi dengan Perangkat Lunak.....	44
3.4.6 Pembuatan Prototipe.....	44

3.5 Parameter Penelitian.....	46
3.6 Pengujian Performasi Antena.....	46
3.6.1 Pengujian <i>Return Loss</i> , <i>VSWR</i> , dan <i>Bandwidth</i> .....	47
3.6.2 Perhitungan Jarak Jangkauan.....	48
3.7 Teknik Pengumpulan Data .....	48
3.8 Teknik Analisa Data.....	49
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>50</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	50
4.1.1 Hasil Perhitungan Yagi <i>Calculator</i> .....	50
4.1.2 Realisasi Antena Yagi .....	52
4.1.3 Hasil Simulasi.....	52
4.1.4 Hasil Pengukuran Antena Yagi Menggunakan <i>Network Analyzer</i> .....	56
4.1.5 Spesifikasi Antena Hasil Rancangan .....	59
4.1.6 Perhitungan Jarak Jangkauan.....	60
4.2 Pembahasan .....	62
4.2.1 Perhitungan <i>Yagi Calculator</i> .....	63
4.2.2 Hasil Simulasi.....	64
4.2.3 Pengukuran Parameter Antena Yagi dengan Alat Ukur .....	64
4.2.4 Pengukuran Performasi Antena Yagi pada UAV .....	65
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keterangan SWR.....	29
Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Antena .....	30
Tabel 3.1 Spesifikasi Antena.....	40
Tabel 4.1 Data Spesifikasi yang dimasukkan pada <i>Yagi Calculator</i> .....	50
Tabel 4.2 Ukuran <i>Director</i> .....	51
Tabel 4.3 Perbandingan Spesifikasi Hasil Rancangan .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistematika Kerja Telemetry.....	14
Gambar 2.2 Antena Yagi 6 Elemen .....	15
Gambar 2.3 Kabel <i>Coaxial</i> .....	18
Gambar 2.4 $\lambda/2$ <i>Coaxial</i> Balun.....	19
Gambar 2.5 <i>Directivity</i> dari antena .....	21
Gambar 2.6 <i>Beamwidth</i> Antena .....	22
Gambar 2.7 Pola Radiasi Antena .....	24
Gambar 2.8 Polarisasi Antena.....	24
Gambar 2.9 <i>Fresnel Zone</i> .....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian .....	36
Gambar 3.2 Tampilan Yagi <i>Calculator</i> .....	41
Gambar 3.3 Desain Antena Yagi 433 MHz .....	42
Gambar 3.4 Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>VSWR</i> dan <i>Bandwidth</i> pada <i>Network Analyzer</i> .....	47
Gambar 4.1 Konstriksi <i>folded dipole</i> .....	51
Gambar 4.2 Hasil Fabrikasi Antena Yagi 6 Elemen 433 MHz.....	52
Gambar 4.3 Grafik <i>Return Loss</i> .....	53
Gambar 4.4 Grafik <i>Gain</i> .....	53
Gambar 4.5 Grafik <i>Directivity</i> .....	54
Gambar 4.6 Pola Radiasi.....	54
Gambar 4.7 <i>VSWR</i> . .....	55
Gambar 4.8 Nilai Rentang Frekuensi Kerja.....	55

Gambar 4.9 Skema Pengukuran antena Yagi Menggunakan <i>Network Analyzer</i> .....	57
Gambar 4.10 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Yagi 6 Elemen pada Frekuensi 430 – 440 MHz .....	58
Gambar 4.11 Grafik VSWR Antena Yagi 6 Elemen pada Frekuensi 430 – 440 MHz .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	71
Lampiran.2 Perbandingan Perhitungan Antena Yagi Antara Secara Manual dan Menggunakan <i>Software Yagi Calculator</i> .....	73
Lampiran.3 Perhitungan Parameter Antena .....	76
Lampiran 4 <i>Datasheet</i> .....	81
Lampiran 5 Dokumentasi .....	83
Lampiran 6 Dokumen Pendukung .....	84

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang saat ini sudah mulai maju dalam dunia penerbangan dan juga termasuk aspek didalamnya. Dalam perkembangannya sekarang pesawat sudah tidak hanya sebagai pesawat komersil, pesawat kargo, dan pesawat militer saja akan tetapi sudah berkembang dengan teknologi pesawat terbang tanpa awak. Pesawat jenis tersebut diaplikasikan untuk pemantauan lingkungan, pengawasan, survey, pemetaan, dan kepentingan militer untuk keamanan (Wibowo, Sumiharto, & Hujja, 2015).

Pesawat terbang tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) secara umum dapat diartikan sebagai sebuah wahana udara jenis *fixed-wing*, *rotary-wing*, ataupun pesawat yang mampu mengudara secara otomatis pada jalur yang ditentukan di *flight controller* tanpa ada manusia (pilot) yang berada di dalam pesawat (Suroso, 2018). *Flight controller* digunakan sebagai pusat pengendalian sebuah wahana UAV yang dilengkapi dengan sistem algoritma untuk menggantikan pilot dan pembacaan sensor pendukung UAV.

Sistem operasi pesawat tanpa awak yang dioperasikan dengan *autonomus* atau tanpa pilot akan dapat terbang ke area yang diinginkan atau mungkin area yang susah untuk dijelajah melalui jalur darat. Untuk mengatur area terbang bisa dilakukan dengan bantuan *software* ardupilot yaitu *software* mengatur parameter-parameter UAV dan menentukan jalur terbang UAV. Dalam

melakukan misi terbang UAV memerlukan sebuah sistem telekomunikasi antara pesawat dan manusia untuk memantau keberadaannya melalui *software* ardupilot pada *ground control station* dengan bantuan piranti telemetri (Joshua Tristanco, Cristina Barrado, 2009). Telemetri adalah suatu piranti yang melakukan proses mengukur atau mencatat suatu besaran fisik pada suatu lokasi yang letaknya jauh dari pusat pengawasan (Darajat, *et al.*, 2012).

Frekuensi kerja 433 MHz merupakan standar modul telemetri yang diproduksi oleh 3D *Robotic* selain telemetri 914 MHz. Sistem perambatan gelombang frekuensi 433 MHz tidak sensitif terhadap refleksi dan impedansi dengan frekuensi yang digunakan dalam sistem telekomunikasi jaringan seluler. Selain itu frekuensi 433 MHz berada pada sub-GHz yang memungkinkan rentang jarak transmisi mencapai jarak dalam orde beberapa kilometer dengan kebutuhan daya kecil (Maulana, 2015). Pancaran sinyal telemetri standar biasanya mencapai 1 kilometer dan jarak tersebut sangat kurang apabila digunakan untuk proses pemetaan atau pengawasan pada lahan yang umumnya berjarak puluhan kilometer (G. Santyadiputra, *et al.*, 2017).

Untuk memaksimalkan jarak jangkauan terbang pesawat tanpa awak diperlukan sebuah perangkat untuk memperkuat sinyal yaitu dengan menggunakan sebuah antena (G. Santyadiputra, 2017). Gelombang elektromagnetik dapat diterima dan ditransmisikan dengan menggunakan antena (Pratama, *et al.*, 2013). Antena adalah sebuah komponen yang ada pada sistem telekomunikasi tanpa kabel (*nirkabel/wireless*) yang berfungsi memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik (Alaydrus, 2011).

Dalam penelitian Mahardika dan Mada (2016), menjelaskan bahwa penggunaan antena biquad untuk memperkuat sinyal telemetry 433 MHz dapat menempuh jarak 100 km dengan konsumsi daya 5 Watt, namun kekurangannya adalah membutuhkan modul *transceiver* pada telemetry 5 Watt dan pendingin untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Dalam penelitian lain dijelaskan bahwa penggunaan antena Yagi pada UAV untuk melakukan misi pengawasan suatu wilayah dapat menempuh jarak 7 km dengan menggunakan telemetry dengan daya 0,5 W tetapi pada penelitiannya tidak disebutkan parameter dari antena tersebut (Gers, 2015).

Salah satu antena yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan pada penguat sinyal UAV adalah antena Yagi. Antena Yagi adalah perangkat telekomunikasi yang memancarkan gelombang ke arah tertentu (Asyura dan Rambe, 2015). Antena Yagi mempunyai tiga elemen utama yaitu reflektor yang berada pada posisi paling belakang yang berfungsi untuk memantulkan sinyal, *driven* yang berada didepan reflektor yang berfungsi sebagai catu dari kabel antena kemudian direktor yang berada paling depan yang berfungsi sebagai pengarah antena (Azizah, 2016).

Antena Yagi memiliki kelebihan memiliki *gain* yang tinggi agar antena mampu memberi jangkauan satu arah sehingga mengurangi gangguan dari semua sumber lain (Mathew, 2014). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan antena Yagi antara lain diameter pipa, panjang masing-masing bagian elemen, serta ketinggian antena akan sangat berpengaruh terhadap kepanjangan elemen Yagi. Dalam praktek di lapangan, praktisi radio diharapkan

mengadakan banyak percobaan, sehingga akan didapatkan hasil yang paling baik disesuaikan dengan bahan yang dipergunakan serta kondisi lingkungan di tempat masing-masing. Suatu antena yang sudah diset baik di suatu lokasi, bila dipasang di lain lokasi bisa menjadi kurang baik (Utomo, 2008). Beberapa aplikasi dari antena Yagi diantaranya untuk Radar, *Radio Frequency Identification* (RFID), Satelit dan lain sebagainya (Mathew, 2014).

Antena Yagi dapat dalam proses transmisi data dapat menggunakan frekuensi 2,4 GHz yang merupakan standar dari protokol IEEE 802.11 b/g untuk *wireless* LAN (Pratama, *et al.*, (2013), S. Triyadi, Dedy. S (2017), Zheng, *et al.*, (2017)). Dalam penggunaannya antena Yagi baik untuk antena yang dapat dikonfigurasi ulang pola radiasinya karena memiliki keuntungan *gain* yang tinggi, struktur sederhana dan mudah dikombinasikan dengan peralatan lain seperti WIFI atau komunikasi *bluetooth* (Zheng, *et al.*, 2017).

Permasalahan untuk mendapatkan sinyal yang maksimum pada telemetri 433 MHz yaitu penguat sinyal menggunakan antena untuk memaksimalkan jangkauan terbang UAV. Di sisi lain, penggunaan antena akan mempengaruhi area terbang UAV yang disebabkan oleh pola radiasi yang dihasilkan oleh antena, dalam penelitian ini antena Yagi diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang penggunaan telemetri pada pesawat terbang pesawat tanpa awak hanya menghasilkan cakupan terbang maksimal kurang dari 1 kilometer. Dibutuhkan suatu upaya untuk dapat menghasilkan cakupan terbang

yang lebih jauh dengan menambahkan penguat sinyal. Untuk mendapatkan sinyal yang maksimal diperlukan antena sebagai antarmuka yang dapat membantu dalam kinerja telemetri sehingga akan menghasilkan cakupan terbang yang lebih luas.

### **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah maka penelitian ini dibatasi permasalahan dengan asumsi sebagai berikut:

1. Pembahasan tentang telemetri dan wahana terbang hanya sebatas yang berkaitan tentang perancangan ini.
2. Frekuensi kerja hanya pada rentang frekuensi 433 MHz.
3. Pengambilan data penelitian pada frekuensi 433 MHz untuk menentukan parameter standar pada pembuatan desain alat.
4. Simulasi perancangan antena menggunakan perangkat lunak CST STUDIO SUITE 2019.
5. Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi *gain*, *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, dan pola radiasi.
6. Perhitungan jarak jangkauan terbang hanya secara matematis.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain dan hasil simulasi antena Yagi menggunakan *Software CST Studio Suite 2019*?
2. Bagaimana membuat antena Yagi sebagai penguat sinyal telemetry 433 MHz?
3. Berapa jangkauan terbang UAV menggunakan antena Yagi pada telemetry 433 MHz menggunakan perhitungan *power link budget* ?

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui desain dan hasil simulasi antena Yagi menggunakan *Software CST Studio Suite 2019*
2. Membuat antena Yagi sebagai penguat sinyal telemetry 433 MHz
3. Mengetahui jangkauan terbang UAV menggunakan antena Yagi pada telemetry.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat memberikan pengetahuan mengenai penggunaan antena Yagi sebagai penguat sinyal telemetry 433 MHz kepada masyarakat umum dan dunia industri penerbangan pesawat terbang tanpa awak.

2. Menjadi sebuah referensi bagi mahasiswa yang akan penelitian dengan topik telekomunikasi.
3. Meningkatkan cakupan terbang UAV bagi pengguna jasa pemetaan dan pengawasan udara suatu wilayah.

### 1.7 Penegasan Masalah

Untuk menghindari kesalahan penafsiran dalam penelitian ini, maka diberikan penjelasan beberapa istilah antara lain:

1. Rancang Bangun

Suatu kegiatan merencanakan dan membuat atau memodifikasi.

2. Antena Yagi

Jenis antena yang bersifat *directional* atau mempunyai pancaran sinyal satu arah.

3. Telemetry

Suatu piranti yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver* yang berfungsi mengumpulkan data dari tempat yang jauh dari tempat pengoperasiannya.

4. Pesawat Tanpa Awak

Wahana terbang yang dikendalikan jarak jauh secara otomatis tanpa adanya pilot.

Rancang bangun antena Yagi sebagai penguat sinyal telemetry 433 MHz pada pesawat tanpa awak adalah suatu kegiatan pembuatan antena Yagi yang diawali dengan perancangan dan simulasi menggunakan *software* CST STUDIO SUITE. Tujuannya adalah membuat sebuah antena Yagi yang

memiliki nilai parameter yang baik sehingga akan memperkuat sinyal telemetry yang maksimal untuk menambah cakupan terbang pesawat tanpa awak. Antena Yagi yang dirancang sebagai penguat sinyal telemetry diletakan pada tempat pengoperasian (*ground station*) sebagai antena pemancar, sedangkan penerimanya adalah antena *dipole* (antena telemetry) yang berada pada UAV.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Pratama, *et al.*, (2013) perancangan antenna Yagi 2.4 GHz pada aplikasi WIFI (*Wireless Fidelity*). Penelitian tersebut menjelaskan cara membuat dan membandingkan hasil pengukuran dan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak *SuperNEC*. Tujuan penelitian adalah ingin memperoleh pola radiasi dan pancaran satu arah sehingga mendapatkan sinyal yang lebih kuat. Nilai parameter yang dihasilkan menggunakan simulasi dengan nilai SWR < 1,5, nilai *gain* 10 dB, dan impedansi *input* sebesar  $47,8 \Omega + j 25,9 \Omega$  sedangkan pada pengukurannya menghasilkan nilai SWR 1,25, nilai *Gain* 16 dB dan impedansi *input*  $43,6 \Omega + j 8,72 \Omega$ .

Sakti, Purbawanto, & Suryono, (2013) melakukan modifikasi antenna televisi jenis Yagi sebagai penguat sinyal modem menggunakan sistem induksi dengan rentang frekuensi berada pada pita 900 dan 1800 MHz. Dalam melakukan perhitungannya menggunakan perangkat lunak *Ya6gi calculator* dan disimulasikan menggunakan *MMANA-GAL*. Penelitian tersebut bertujuan mengembangkan antenna jenis Yagi sebagai penguat sinyal modem.

Asyura & Rambe, (2015) membuat rancang bangun antenna Yagi-uda cohen-minkowski pada frekuensi 433 MHz. Perancangan telah disimulasikan menggunakan perangkat lunak *MMANA-GAL* dengan memperoleh hasil nilai *Gain* sebesar 10,72 dBi, VSWR bernilai 1,75 dengan menggunakan lima

buah elemen. Dari hasil penelitian didapat bahwa perbandingan antenna Yagi-uda dengan Yagi-uda cohen minkowski adalah Yagi-uda cohen minkowski mempunyai nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) dan nilai *gain* yang lebih baik dari Yagi-uda.

Penelitian yang dilakukan oleh Mathew (2014) dengan judul “*A Three Element Yagi Uda Antenna for RFID Systems*” merancang antenna Yagi menggunakan tiga elemen dengan menggunakan frekuensi 400 MHz. Dalam simulasi perancangannya menggunakan alat simulasi elektromagnetis (CADFEKO). Antena digunakan untuk sistem *Radio Frequency Identification* (RFID) yang berfungsi untuk membaca dan menangkap informasi dimana tanda melekat pada objek yang akan diidentifikasi pada frekuensi radio. Antena mempunyai parameter *return loss* -19dB, *Gain* 16,3 dB dan VSWR < 2 yang dioperasikan pada frekuensi 400 MHz. Jadi antenna tersebut cocok digunakan untuk sistem RFID yang bekerja pada pita *Ultra High Frequency* (UHF).

Penelitian lain dilakukan oleh Gers (2015), dijelaskan tentang penggunaan antenna Yagi dan Helical dengan judul “*Desain of a Remote Person View System for a Long Range UAV*” yang berfungsi untuk menambah jarak jangkauan terbang UAV dan pengawasan suatu wilayah atau *Remote Person View* (RPV). Pada penelitiannya perangkat yang digunakan untuk pengawasan adalah kamera Sony kx-181 dengan konsumsi 50 mAh dan berat 26 g dengan menggunakan frekuensi 1,2 GHz dengan *output* 850 mW.

Dalam percobaan pertama dengan tidak menggunakan antena Yagi dan Helical jarak maksimum penerbangan adalah 396 m. Pada percobaan selanjutnya dengan menggunakan antena Yagi dan Helical memperoleh jangkauan maksimal terbang sejauh 7 km, tetapi jarak pengawasan maksimal sejauh 2 km. Dalam penelitian ini menemukan masalah seperti polaritas dan obstruksi yang mempengaruhi jarak jangkauan.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Manurung dan Mubarakah (2014) dengan judul “Analisis *Link Budget* untuk Koneksi Radio *Wireless Local Area Network* (WLAN) 802.11B dengan Menggunakan Simulasi *Radio Mobile* (Studi Kasus pada Jalan Kartini Siantar – Ambarisan)” menjelaskan perbedaan hasil perhitungan menggunakan simulator dan secara teoritis dalam perencanaan pembangunan perangkat radio WLAN. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai SOM. Dalam penelitiannya digunakan untuk aplikasi WLAN.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap antena Yagi dapat diaplikasikan pada berbagai masalah telekomunikasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mathew (2014) menjelaskan bahwa antena Yagi yang dirancang menggunakan tiga elemen dengan frekuensi 400 MHz yang diaplikasikan pada sistem *Radio Frequency Identification* (RFID) mempunyai parameter *return loss* -19dB, *Gain* 16,3 dB dan *VSWR* < 2. Dalam penelitian ini peneliti akan

menerapkan antena Yagi sebagai penguat sinyal telemetri pada pesawat tanpa awak seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Gers (2015) yaitu tentang penggunaan antena Yagi dan Helical yang berfungsi sebagai penambah jarak jangkauan terbang UAV. Akan tetapi antena rancangannya tidak memperhitungkan nilai dari parameter antena tersebut. Penelitian akan dilakukan untuk merancang antena Yagi dengan frekuensi 433 MHz yang berfungsi untuk menambah jarak jangkauan terbang UAV. Jarak jangkauan UAV akan dihitung menggunakan metode *power link budget* berdasarkan parameter antena.

## **2.2 Landasan Teori**

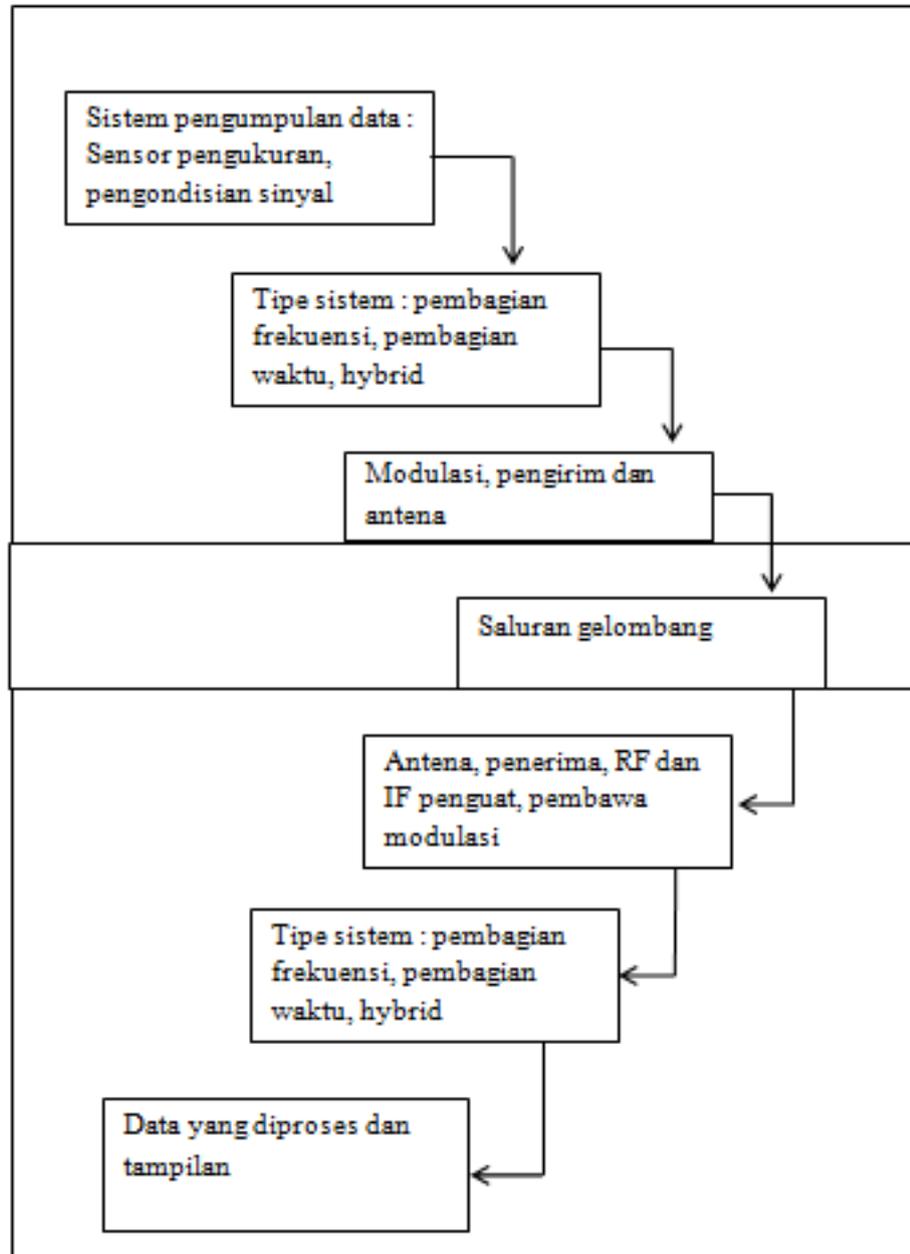
### **2.2.1 Telemetri**

Menurut Darajat et al., (2012), telemetri adalah suatu piranti yang melakukan proses mengukur atau mencatat suatu besaran fisik pada suatu lokasi yang letaknya jauh dari pusat pengawasan. Telemetri berfungsi untuk mengirimkan dan menerima data melalui sinyal radio yang berada terpisah dari tempat pengoperasian yang biasa digunakan untuk menguji perpindahan kendaraan seperti mobil, pesawat terbang, dan rudal (Carden, Jedlicka, & Henry, 2002). Sistem telemetri pada pesawat tanpa awak biasa digunakan untuk memberikan informasi seperti posisi, ketinggian, arah, dan status wahananya.

Gambaran umum sistem telemetri terdiri dari :

1. Sistem pengumpulan data
2. Salah satu sistem multipleks berikut:
  - a. Sistem *multiplexing* pembagian frekuensi
  - b. Sistem *multiplexing* pembagian waktu
  - c. Sistem *hybrid* yang merupakan kombinasi dari pembagian frekuensi dan waktu.
3. Modulasi, pemancar, dan antena
4. Bentuk gelombang atau saluran transmisi
5. Antena, penerima frekuensi radio, bagian frekuensi menengah, pembawa modulasi
6. Sistem untuk pembagian frekuensi, pembagian waktu atau *hybrid*
7. Pemrosesan data.

Sedangkan sistematika kerja telemetri dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.1.

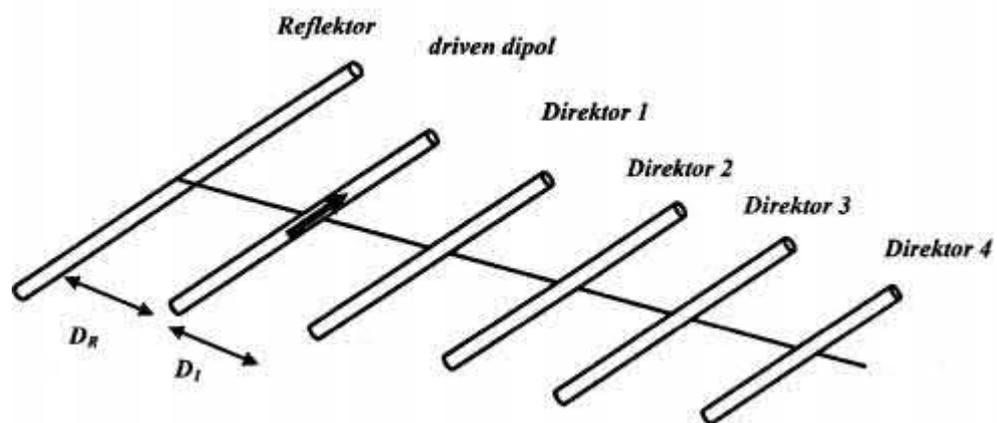


Gambar 2.1 Sistematika Kerja Telemetri (Carden et al., 2002)

## 2.2.2 Antena Yagi

Antena adalah sinyal listrik yang dibawa diantara titik-titik dalam salah satu dari dua cara yaitu melalui saluran transmisi atau melalui ruang kosong menggunakan antena di terminal (Stutzman & Thiele, 1981). Menurut *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) antena didefinisikan sebagai bagian dari sistem pemancar atau penerima yang dirancang untuk memancarkan atau menerima elektromagnetik.

Antena Yagi adalah antena yang pertama kali dirancang oleh Profesor Uda dan disempurnakan oleh Hidetsugu Yagi. Antena Yagi terdiri dari dipol lipat (*folded dipole*) setengah gelombang ( $\frac{1}{2}\lambda$ ) yang ditambah pemantul (*reflector*) didepannya beberapa pengarah (*director*) dibelakangnya (Sun & Wen, 2012). Dibanding yang lainnya antena jenis ini memiliki efek pengarahan dan penguatan yang lebih baik.



Gambar 2.2 Antena Yagi 6 Elemen (Alaydrus, 2011)

### 2.2.2.1 Panjang Gelombang

Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang selama satu perioda. Panjang gelombang ditentukan oleh frekuensi kerja sebuah antena dengan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

keterangan:

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$f$  = frekuensi (Hz)

(Muhammad & Sani, 2015)

### 2.2.2.2 Driven

*Driven* adalah bagian terpenting dari suatu antena dimana bagian ini merupakan titik catu dari kabel antena. Selain itu elemen inilah yang akan membangkitkan gelombang elektromagnetik menjadi sebuah sinyal yang akan dipancarkan (S. Triyadi, Dedy s, 2017).

Panjang driven adalah setengah setengah panjang gelombang dari frekuensi radio yang dipancarkan atau diterima ( $0,5\lambda$ ).

### 2.2.2.3 Reflector

*Reflector* adalah elemen pemantul sinyal yang berada paling belakang suatu antena. Tujuan utama penempatan *reflector* di bagian belakang adalah untuk membatasi radiasi antena tidak melebar kebelakang namun kekuatan pancarannya akan diperkuat ke arah sebaliknya (S. Triyadi, Dedy s, 2017). Panjang fisik dari *reflector* adalah lebih besar dari *driven* ( $0,58\lambda$ ).

### 2.2.2.4 Director

*Director* adalah elemen pengarah yang berada paling depan suatu antena. Fungsi *director* adalah untuk mengarahkan sinyal, semakin banyak elemen yang ditambah maka arah sinyal akan makin terpusat (*Gain*) tetapi pola pengarahan antena menjadi lebih sempit (Azizah, 2016). Panjang fisik dari *director* adalah lebih pendek dari *driven* ( $0,45\lambda$ ).

### 2.2.2.5 Jarak Antar Elemen

Dalam perancangan antena Yagi jarak antar elemen sangat diperhatikan supaya mendapat *gain* yang sempurna (Azizah, 2016).

$$s = \frac{1}{4} \lambda \quad (2.2)$$

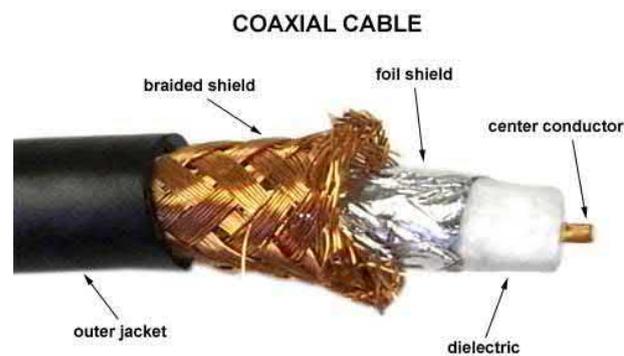
keterangan :

$s$  = jarak antar elemen yang satu dengan yang lain

$\lambda$  = panjang gelombang

### 2.2.2.6 Kabel *Coaxial*

Kabel *Coaxial* adalah salah satu media transmisi pada jaringan telekomunikasi berupa kabel jaringan dengan frekuensi tinggi. Kabel *Coaxial* mempunyai satu bagian tembaga yang bertindak sebagai pengalir elektrik yang terletak di tengah-tengah. Satu lapisan plastik bertindak sebagai pemisah kepada bagian tembaga yang berada di tengah-tengah itu dengan satu lapis pintalan besi.



Gambar 2.3 Kabel *Coaxial* (mesothelioma-slot.com)

Persamaan panjang maksimal kabel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (S. Triyadi, Dedy s, 2017):

$$l_{\max} = \frac{\lambda}{4} \times 100 \quad (2.3)$$

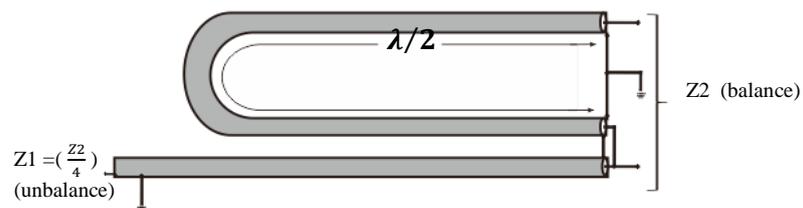
Keterangan :

$l_{\max}$  = panjang kabel (m)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

### 2.2.2.7 Balun (*Balanced Unbalanced*)

*Balanced* berarti kedua ujung dari pencatuan harus memiliki level tegangan yang sama terhadap *ground*, jika tidak maka dapat dikatakan *unbalanced*. Balun adalah alat yang digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara antena dengan *coaxial cable*, dalam hal ini digunakan untuk menghubungkan antara *feeder line* yang *unbalance* misalnya *coaxial cable* dengan antena yang *balance* misalnya antena dipol (Ardana, 2017).



Gambar 2.4  $\lambda/2$  Coaxial Balun (Balanis, 2005)

## 2.2.3 Parameter Antena

Untuk dapat melihat kerja dari antena Yagi, maka perlu diamati parameter-parameter antena pada umumnya. Beberapa parameter umum antena adalah *directivitas*, *gain*, *beamwidth*, pola radiasi, polarisasi, *bandwidth*, VSWR, dan impedansi

### 2.2.3.1 Directivitas

*Directivitas* dari sebuah antena atau deretan antena diukur pada kemampuan yang dimiliki antena untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus yang dipengaruhi oleh pola radiasinya (Balanis, 2005). *Directivitas* merupakan perbandingan antara intensitas radiasi (daya tiap unit sudut ruang) pada arah tertentu  $U(\Theta, \Phi)$  terhadap intensitas radiasi rata-rata  $U_0$  (dari seluruh permukaan) pancaran (Alaydrus, 2011). Keterarahan dapat diperoleh dari persamaan 2.4. Gambar 2.5 menunjukkan *Directivitas* dari antena.

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2.4)$$

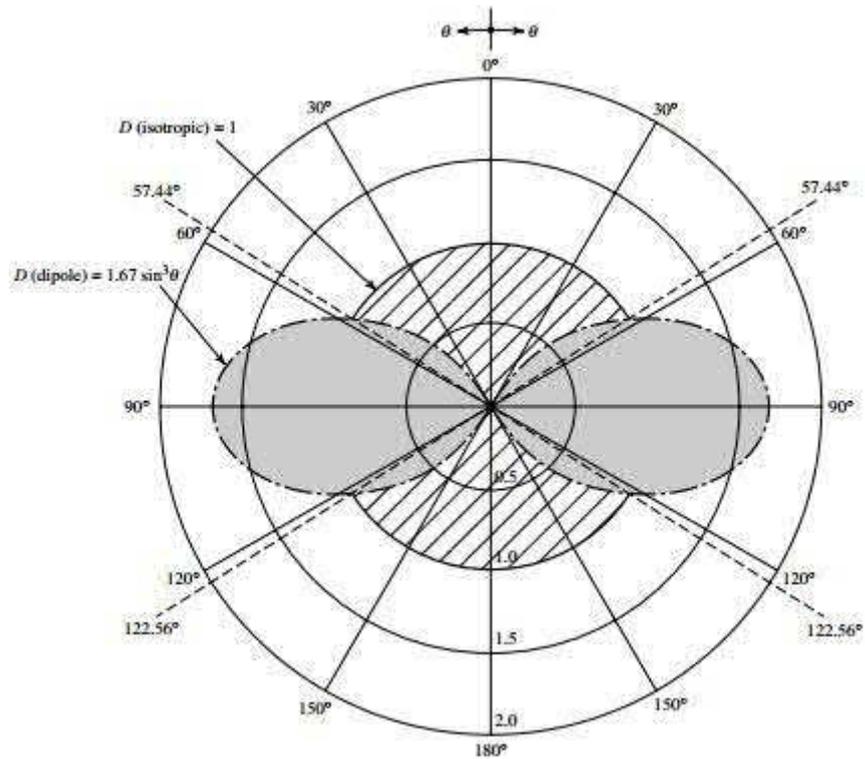
Keterangan :

$D$  = *Directivitas* (dBi)

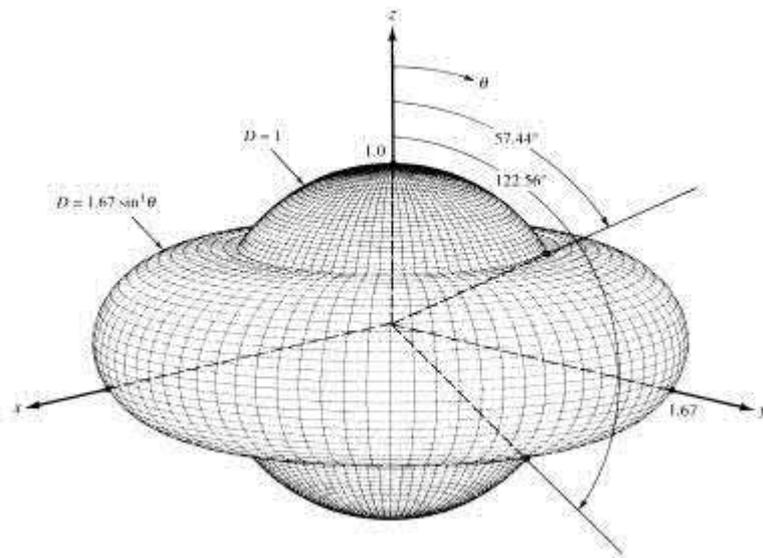
$U$  = intensitas radiasi (Watt/sudut)

$U_0$  = Intensitas radiasi rata-rata (Watt/sudut)

$P_{rad}$  = Total daya yang dipancarkan (Watt)



(a)



(b)

Gambar 2.5 *Directivitas* dari antenna (a) 2 dimensi (b) tiga dimensi  
(Balanis, 2005)

### 2.2.3.2 Gain

*Gain* adalah kemampuan antenna memfokuskan pancaran energi (Alaydrus, 2011). *Gain* merupakan besaran nilai yang menyatakan adanya penambahan level sinyal dari sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. Kualitas *Gain* dipengaruhi oleh keterarahan dan efisiensi. Semakin besar penguatannya maka akan semakin tinggi keterarahan yang dihasilkan. Kuantitas *Gain* diperoleh dari suatu perbandingan dan tidak diukur seperti dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau yang lainnya dan dinyatakan dengan:

$$G = k \cdot D \quad (2.5)$$

Keterangan :

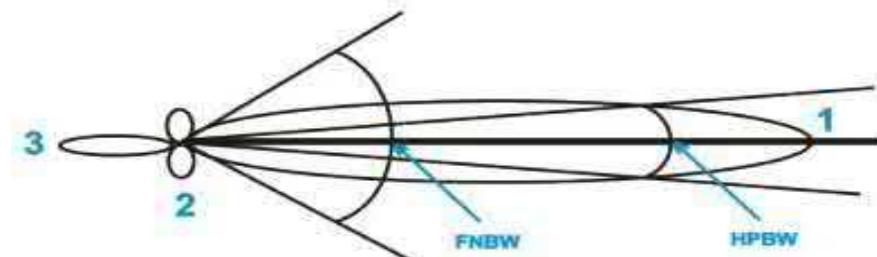
$G = \text{Gain (dBi)}$

$k = \text{faktor efisiensi dari antenna Bandwidth}$

$D = \text{Directivitas (dBi)}$

### 2.2.3.3 Beamwidth

*Beamwidth* adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (*main lobe*) yang dihitung pada titik 3 dB menurun dari puncak *lobe* utama (Lubis, 2014). Gambar 2.6 menunjukkan *beamwidth* antenna.



Gambar 2.6 *Beamwidth* Antena (Lubis, 2014)

Gambar 2.6 menunjukkan tiga daerah pancaran yaitu *lobe* utama (*main lobe*, nomor 1), *lobe* sisi samping (*side lobe*, nomor 2), dan *lobe* sisi belakang (*back lobe*, nomor 3). Besarnya *Beamwidth* ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$B = \frac{21,1}{f \cdot d} \text{ derajat} \quad (2.6)$$

Keterangan :

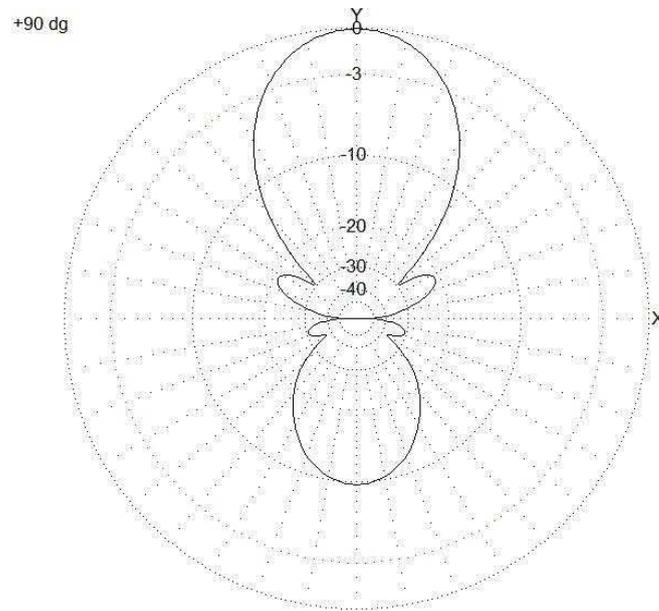
$B = 3 \text{ dB } beamwidth$  (derajat)

$f =$  frekuensi (GHz)

$d =$  diameter antena (m)

#### 2.2.3.4 Pola radiasi

Pola radiasi antena adalah gambaran suatu koordinat ruang untuk mengetahui arah pancaran yang dihasilkan oleh suatu antena. Pola radiasi antena menjelaskan bagaimana antena meradiasikan energi ke koordinat ruang bebas atau bagaimana antena menerima energi. Pola radiasi dihitung/diukur pada medan jauh dan digambarkan sebagai koordinat arah (Balanis, 2005). Gambar 2.7 menunjukkan pola radiasi antena.

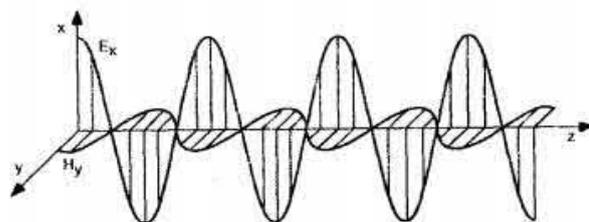


Gambar 2.7 Pola Radiasi Antena

Sumber : Dokumen Pribadi

#### 2.2.3.5 Polarisasi

Polarisasi antena adalah orientasi perambatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu antena (Alaydrus, 2011). Gambar 2.8 menunjukkan polarisasi antena. Ada empat macam polarisasi antena yaitu polarisasi vertikal, polarisasi horizontal, polarisasi *circular*, dan polarisasi *cross*.



Gambar 2.8 Polarisasi Antena (Alaydrus, 2011)

### 2.2.3.6 *Bandwidth*

*Bandwidth* adalah daerah frekuensi dimana antenna masih bisa bekerja dengan baik (Alaydrus, 2011). *Bandwidth* antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik sesuai dengan standar yang telah ditentukan (Balanis, 2005). *Bandwidth* dapat dipertimbangkan sebagai *range* frekuensi, dibagian lain dijadikan sebagai frekuensi tengah dimana karakteristik antenna bisa diterima menjadi nilai frekuensi tengah. Fungsi *Bandwidth* adalah untuk mengetahui daerah frekuensi kerja dimana antenna masih dapat bekerja dengan baik, maka *Bandwidth* antenna dinyatakan pada persamaan 2.7.

$$BW\% = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan :

BW = *Bandwidth* (MHz)

f<sub>2</sub> = Frekuensi tertinggi (Hz)

f<sub>1</sub> = Frekuensi terendah (Hz)

f<sub>c</sub> = Frekuensi tengah (Hz)

*Bandwidth* yang dinyatakan dalam persen seperti ini biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antenna yang memiliki *band* sempit (*narrow band*) biasanya digunakan definisi rasio antara batas

frekuensi atas dengan frekuensi bawah.

Jenis-jenis *Bandwidth* :

1. *Impedance Bandwidth*

Rentang frekuensi dimana *patch* antenna berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antara bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB.

2. *Pattern Bandwidth*

Rentang frekuensi dimana *bandwidth*, *sidelobe* atau *Gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* dapat dicari

3. *Polarization* atau *Axial Ratio Bandwidth*

Rentang frekuensi dimana polarisasi masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

2.2.3.7 *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ( $|V|_{\max}$ ) dengan minimum ( $|V|_{\min}$ ) yang terjadi pada saluran yang tidak *match* (Balanis, 2005). VSWR sangat dipengaruhi oleh Impedansi *input*.

Perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar ( $V_-$ ) dan yang datang menuju beban ( $V_+$ ) ke sumbernya lazim disebut koefisien pantul atau koefisien refleksi tegangan yang dinyatakan dengan simbol “ $\Gamma$ ”. Atau dapat dituliskan:

$$\Gamma = \frac{V_-}{V_+} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$\Gamma$  = Koefisien refleksi tegangan

$V_-$  = Tegangan yang kembali ke pemancar (V)

$V_+$  = Tegangan yang menuju beban (V)

Hubungan antara koefisien refleksi, Impedansi karakteristik saluran ( $Z_0$ ) dan Impedansi beban / antena ( $Z_L$ ) dapat ditulis :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$\Gamma$  = Koefisien refleksi tegangan

$Z_L$  = Impedansi beban ( $\Omega$ )

$Z_0$  = Impedansi karakteristik saluran ( $\Omega$ )

Harga koefisien refleksi ini dapat bervariasi antara 0 (tanpa pantulan/*match*) sampai 1, yang berarti sinyal yang datang ke beban seluruhnya dipantulkan kembali ke sumbernya semula.

Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  adalah nol, maka :

- a.  $\Gamma = -1$ : refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat
- b.  $\Gamma = 0$  : tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- c.  $\Gamma = +1$ : refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari VSWR adalah :

$$\text{VSWR} = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+[\Gamma]}{1-[\Gamma]} \quad (2.10)$$

Keterangan :

VSWR = *Voltage Standing Wave Ratio*

$|V|_{\max}$  = Gelombang Berdiri Maksimum

$|V|_{\min}$  = Gelombang Berdiri Minimum

Besar nilai VSWR yang ideal adalah 1, yang berarti semua daya yang diradiasikan antena pemancar diterima oleh antena penerima (*match*). Namun dalam pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diizinkan untuk pabrikan antena adalah  $\text{VSWR} \leq 2$ .

Semakin besar nilai VSWR menunjukkan daya yang dipantulkan juga semakin besar dan semakin tidak *match*. Berikut adalah tabel keterangan tentang SWR:

Tabel 2.1 Keterangan Tentang SWR

Besar SWR	Presentasi daya ke antena	Keterangan
1,0	100%	Istimewa
1,2	99%	Sangat baik
1,5	96%	Baik
2,0	89%	Harus diperbaiki
2,5	82%	Segera diperbaiki
3,0	75%	Buruk, berbahaya

#### 2.2.3.8 Impedansi

Impedansi adalah perbandingan antara medan elektrik terhadap medan magnetik (Alaydrus, 2011). Impedansi dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek yang dekat dengannya, yang dinyatakan dalam persamaan 2.11.

$$Z_t = \frac{V}{I} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$Z_t$  = Impedansi terminal ( $\Omega$ )

$V$  = Beda potensial terminal (V)

$I$  = Arus terminal (A)

### 2.2.3.9 Return Loss

*Return loss* adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan (Balanis, 2005). Besarnya *return loss* sangat tergantung faktor refleksi yaitu perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber (Setiawan, Wijanto, & Wahyu, 2015).

## 2.2.4 Bahan Antena

Dalam pembuatan antena ada beberapa hal yang harus diperhatikan yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan bahan konduktor antena dalam menghantarkan arus listrik. Antena yang mempunyai daya pancar tinggi maka harus memiliki ketahanan yang kuat atau memiliki konduktifitas yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk menghindari panas yang besar apabila dialiri arus listrik yang besar.

Dalam pembuatan antena bahan-bahan yang sering digunakan antara lain seperti terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Antena

Nama Bahan Konduktor	Konduktivitas (mho/m)
Silicon Steel	$2,0 \times 10^6$
Brass	$1,1 \times 10^7$
Alumunium	$3,5 \times 10^7$
Tembaga	$4,0 \times 10^7$
Emas	$6,1 \times 10^7$

Sumber : Shen Liang & Kong Jin (2001)

## 2.2.5 *Power Link Budget*

*Link Budget* merupakan sebuah cara untuk menentukan kinerja *link* komunikasi dengan dengan presentase waktu sinyal berada dibawah ambang batas penerima radio relatif terhadap periode waktu total (Manning, 2009). Parameter-parameter yang harus diketahui untuk menentukan *power link budget* adalah sebagai berikut (Manurung & Mubarakah, 2014):

1. *Tx Power* ( $P_t$  , daya pancar)
2. *Tx Cable Loss* ( $L_t$  , rugi-rugi kabel pada pemancar)
3. *Tx Antenna Gain* ( $G_t$  , penguatan antena pada pemancar)
4. *Distance* (jarak)
5. *Frequency* (frekuensi kerja)
6. *Rx Antenna Gain* ( $G_r$  , penguatan antena pada penerima)
7. *Rx Cable Loss* ( $L_r$  , rugi-rugi kabel pada penerima)
8. *Rx Signal Level* ( $P_r$ , level sinyal pada penerima)
9. *Rx Sensitivity* (Sensivitas pada penerima)
10. *System Operating Margin*

Semua parameter di atas merupakan parameter penting yang digunakan untuk menghitung link budget yaitu *free space loss*, jarak jangkauan komunikasi, *Rx level signal*, dan *System Operating Margin*.

### 2.2.5.1 *Free Space Loss (FSL)*

Redaman ruang bebas atau *free space loss* merupakan penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas.

Redaman ini dipengaruhi oleh besar frekuensi dan jarak antara titik pengirim dan penerima dimana pengaruh difraksi, refleksi, absorpsi maupun blocking dianggap tidak ada. Nilai *free space loss* dapat dihitung dengan persamaan (2.12) (Manurung & Mubarakah, 2014):

$$\text{Free Space Loss (dB)} = 32,4 + 20 \log d(\text{Km}) + 20 \log f(\text{MHz}) \quad (2.12)$$

Keterangan :

d = jarak antara pemancar dan penerima (Km)

f = frekuensi (MHz)

Nilai jarak jangkauan komunikasi dapat dihitung dengan persamaan (2.13).

$$Pr = Pt + Gt + Gr - L - FSL \quad (2.13)$$

Keterangan:

Pr = Daya Pancar (dBm)

Pt = Daya Penerima (dBm)

Gt = *Gain* Pemancar (dBi)

Gr = *Gain* Penerima (dBi)

L = Rugi Daya Total (dB)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

#### 2.2.5.2 Rx Signal Level

*Rx Signal Level* merupakan tingkat kekuatan sinyal yang diterima pada perangkat penerima (Manurung & Mubarakah, 2014)

. Level daya terima ini dapat dihitung dengan menambahkan dan mengurangi daya pancar dengan berbagai parameter. Perhitungan *Rx signal level* dapat dilihat pada persamaan (2.14).

$$Rx\ signal\ level = Tx\ power - Tx\ cable\ loss + Tx\ antenna\ gain - FSL + Rx\ antenna\ gain - Rx\ cable\ loss \quad (2.14)$$

Keterangan:

*Rx signal level* = level sinyal pada penerima (dBm)

*Tx power* = Daya Pancar (dBm)

*Tx cable loss* = Rugi-Rugi Kabel Pada Pemancar (dB)

*Tx antenna gain* = Gain Pemancar (dBi)

*FSL* = Free Space Loss (dB)

*Rx antenna gain* = Gain Penerima (dBi)

*Rx cable loss* = Rugi-Rugi Kabel Pada Penerima (dB)

### 2.2.5.3 System Operating Margin (SOM)

Pada dasarnya SOM digunakan untuk menghitung selisih antara sinyal yang diterima dengan sensitivitas penerima. Alasan utama menghitung *link budget* adalah merancang dan membangun sebuah koneksi yang *reliable*. Sinyal gelombang mikro pada umumnya akan berinteraksi dengan banyak hal di lingkungannya seperti *fading*. Untuk mengalahkan efek *fading* dan menghasilkan koneksi yang bagus, setiap *link* gelombang mikro membutuhkan

ekstra sinyal yang disebut SOM. Batas minimal nilai SOM untuk perancangan sinyal yang baik bernilai 15 dBm (Manurung dan Mubarakah, 2014).

Persamaan SOM sebagai berikut:

$$SOM = Rx \text{ Signal Level} - Rx \text{ Sensitivity.} \quad (2.15)$$

Keterangan:

*Rx signal level* = level sinyal pada penerima (dBm)

*Rx Sensitivity* = sensitivitas pada penerima (dBm)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, simulasi dan implementasi antenna Yagi 433 MHz serta analisis yang dibuat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan

1. Hasil simulai antenna Yagi menggunakan *software CST Studio Suite 2019* yang didapat pada penelitian ini adalah nilai *return loss* -20,91 dB, nilai *gain* 12,23 dBi, nilai *directivy* 12,20 dBi, nilai VSWR sebesar 1,197, nilai *bandwidth* 7,17 MHz atau dengan presentase 1,65%, dan pola radiasi yang dibentuk adalah *directional* dimana radiasi akan terbentuk satu arah pancaran.
2. Hasil perhitungan antenna Yagi menggunakan alat ukur *Network Analyzer* didapat hasil nilai *return loss* < 10 dB dan nilai VSWR < 2.
3. Berdasarkan dari hasil perhitungan *power link budget*, untuk antenna Yagi yang dipasang diatas tiang setinggi 3 meter dengan frekuensi 433 MHz dan *gain* 12,23 dBi memiliki jangkauan sebesar 42,65 Km dan memiliki batas nilai SOM sebesar 84,77 dBm sehingga memiliki *link* komunikasi yang baik.

#### 5.2 Saran

1. Pada saat melakukan pengukuran antenna dianjurkan untuk menggunakan ruang tanpa gama supaya mendapatkan ketepatan dalam pengukuran dan

lingkungan elektromagnetik yang terkontrol, serta mencegah interferensi dari dalam/ke luar ruangan.

2. Dalam melakukan uji jangkauan terbang yang menggunakan UAV secara langsung diharapkan mencari area yang mempunyai radius yang luas yang diizinkan dalam penerbangan UAV supaya mendapatkan hasil yang ideal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, M. (2011). *Antena:Prinsip dan Aplikasinya*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Ardana, I. P. (2017). Rancang Bangun Antena Yagi Pada Frekuensi 1800 MHz. *Teknologi Elektro*, 16(1), 75–84.
- Asyura, S., & Rambe, A. H. (2015). Rancang Bangun Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski Pada Frekuensi 433 MHz. *SINGUDA ENSIKOM*, 13(37), 109–114.
- Azizah, A. (2016). Perancangan Antena Yagi Uda 11 Elemen Pada Frekuensi 727.25 Mhz (Tvone) Menggunakan Software Nec-Win Pro V. 1.6.2e. *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha*, 5(1), 56–63.
- Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory Analysis and Design 3rd Edition*. Arizona: Wiley Interscience.
- Carden, F., Jedlicka, R. P., & Henry, R. (2002). *Telemetry systems engineering*. Artech House telecommunications library.
- Darajat, A. U., Komarudin, M., & Sri, R. S. (2012). Sistem Telemetri Unmanned Aerial Vehicle ( UAV ) Berbasis Inertial Measurement Unit ( IMU ). *ELECTRICIAN Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro Universitas Lampung*, 6(3), 169–177.
- G. Santyadiputra, I. Sutaya, I Darmawiguna, K. A. (2017). Rancangan Antena Telemetri Biquad 5.800 Mhz Wahana Terbang Fotogrametri. In *Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOKTEK)* (pp. 182–191). Bali.
- Gers, P. (2015). Design of a Remote Person View System for a Long Range UAV, 1–10.
- Joshua Tristanco, Cristina Barrado, Sonia P, Mansilla, Enric Pastor UPC, C. (2009). A Telemetry Modeling For Intelligent Uav Monitoring. *IEEE Xplore*, 4–7.
- Lubis, A. Z. (2014). Pengaruh Posisi Antena Terhadap Sinyal Gelombang Antena Yagi Alumunium. *Jurnal Dinamis*, 2(14), 32–38.
- Mahardika, M., & Mada, U. G. (2016). UAV Long Range Surveillance System Based on BiQuad Antenna for the Ground Control Station. *The IEEE Student Conference on IEEE Research and Development (SCORED)*, 3–7.
- Manning, T. (2009). *Guide, Microwave Radio Transmission Design* (Second Edition). London: Artech House.
- Manurung, F. A., & Mubarakah, N. (2014). Analisis Link Budget Untuk Koneksi Radio Wireless Local Area Network (Wlan) 802.11B Dengan Menggunakan Simulasi Radio Mobile (Studi Kasus Pada Jalan Kartini Siantar -

- Ambarisan). *SINGUDA ENSIKOM*, 7(2), 82–87.
- Mathew, P. K. (2014). A Three Element Yagi Uda Antenna for RFID Systems. *A*, 2(1), 30–34.
- Maulana, R. (2015). Rancang Bangun Perangkat Telemetry Radio 433 Mhz Untuk Transmisi Data Gambar. *SINGUDA ENSIKOM*, 12(33), 78–82.
- Pratama, B., Lidyawati, L., & Darlis, A. R. (2013). Perancangan Dan Implementasi Antena Yagi 2.4 Ghz Pada Aplikasi Wifi (Wireless Fidelity). *Jurnal Elkomika*, 1(1), 1–14.
- Triyadi, S., Dedy, S., Neilcy, T. (2017). Rancang Bangun Antena Yagi Modifikasi Dengan Frekuensi 2,4 Ghz Untuk Meningkatkan Daya Terima Wireless Usb Adapter Terhadap Sinyal WIFI, (1).
- Sakti, I. N., Purbawanto, S., & Suryono. (2013). Modifikasi Antena Televisi Jenis Yagi sebagai Penguat Sinyal Modem Menggunakan Sistem Induksi. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang*, 5(1), 32–28.
- Setiawan, A., Wijanto, H., & Wahyu, Y. (2015). Perancangan Dan Realisasi Antena Cloverleaf Dan Antena Helix Sebagai Antena FPV ( First Person View ) Pada Quadcopter, 2(1), 323–330.
- Stutzman, W. L. and, & Thiele, G. A. (1981). *Antenna Theory and Design* (THIRD EDITION). New York: John Willey and Son, Inc.
- Suroso, I. (2018). Analisis Peran Unmanned Aerial Vehicle Jenis Multicopter Dalam Meningkatkan Kualitas Dunia Fotografi Udara Di Lokasi Jalur Selatan Menuju Calon Bandara Baru Di Kulonprogo. *Jurnal Rekam*, 14(1), 17–25.
- Utomo, P. (2008). *Teknik Telekomunikasi*. (Widharso, Ed.). Jakarta.
- Wibowo, S. B., Sumiharto, R., & Hujja, R. M. (2015). Desain Pengembangan Autopilot Pesawat Udara Tanpa Awak Menggunakan AVR-Xmega Sebagai Perangkat OBDH. *Jurnal Teknologi*, 8(No.1), 11–19.
- Zheng, B., Sun, G., Zhou, S., & Wong, S. (2017). A Radiation Pattern Reconfigurable Yagi Antenna. *2017 Sixth Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)*, 2, 1–3.