

Rancangan Antena Monopole Peralatan *Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* Sebagai Alat Bantu Pembelajaran di Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia”.

Feti Fatonah, SE.,MSi⁽¹⁾, Djoni Slamet Hardjono R, ST., SSiT.,MSi⁽²⁾, I. Gede Made Wahyu Pranata⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug-Tangerang

ABSTRAK

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) merupakan salah satu perguruan tinggi kedinasan yang berada di bawah Kementerian Perhubungan. Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya, STPI memiliki empat jurusan pendidikan, yaitu Jurusan Penerbang, Jurusan Teknik Penerbangan, Jurusan Keselamatan Penerbangan, dan Jurusan Manajemen Penerbangan. Jurusan Teknik Penerbangan memiliki lima program studi yang salah satunya adalah Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara (TNU). Perkembangan teknologi di dunia industri penerbangan terus bergerak maju dengan sangat pesat. Perkembangan terakhir di dalam navigasi dan teknologi komunikasi, data link antara pesawat udara dan stasiun pengendali di darat sudah tersedia yaitu *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)*. ADS-B adalah suatu cara dimana pesawat udara dapat secara otomatis mengirim atau menerima data seperti identifikasi, posisi dan data lainnya dalam bentuk siaran (*broadcast*) melalui data link. Antena merupakan salah satu komponen yang penting pada setiap peralatan elektronika *transmitter* dan *receiver*. Begitu pula pada peralatan receiver ADS-B. Penentuan jenis antena yang digunakan harus mempunyai sifat yang sama dengan channel pencatunya. Antena pada peralatan *receiver* ADS-B hanya sebagai penerima sinyal yang dikirim oleh pesawat dari segala arah, maka antena yang digunakan adalah antena jenis *omnidirectional*. Antena *receiver* ADS-B memiliki bentuk monopole, dengan frekuensi kerja peralatan ADS-B ini pada 1090 MHz. Agar lebih memaksimalkan pemahaman taruna serta dapat mengetahui bagaimana merancang antena yang dapat diaplikasikan pada peralatan *receiver* ADS-B, maka perlu dibuat sebuah rancangan antena yang nantinya dapat digunakan untuk menunjang kegiatan praktikum taruna. Taruna bisa mempraktikkan secara langsung pengukuran antena dan melihat pola radiasi antena menggunakan peralatan yang ada di laboratorium Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara.

KATA KUNCI : ADSB, Receiver, Transmitter, Antena, Monopole

ABSTRACT

Indonesian Civil Aviation Institute (ICAI) is one college official who is under the Ministry of Transportation. In carrying out its duties and functions, STPI has four educational Training Division, namely: Pilot Training Division, Aviation Engineering Training Division, Aviation Safety and Flight Management Training Division. Aviation Engineering Training Division has five courses, one of which is the Telecommunications Engineering Program and Air Navigation (TNU). Technological developments in the world aviation industry is advancing very rapidly. Recent developments in navigation and communication technology, data link between the aircraft and ground control station are available is the Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B). ADS-B is a way in which aircraft can automatically send or

receive data such as identification, position and other data in the form of broadcast (broadcast) via data link. Antenna is one of the important components in every electronic equipment transmitter and receiver. Similarly, in the ADS-B receiver equipment. Determining the type of antenna used must have the same properties as the channel pencatunya. Antennas on ADS-B receiver equipment only as recipients of the signals sent by air from all directions, the antenna used is a type of omnidirectional antenna. ADS-B receiver antenna has a monopole shape, with the working frequency of ADS-B equipment on 1090 MHz. In order to maximize the understanding of cadets and can figure out how to design an antenna that can be applied to the ADS-B receiver equipment, it needs to be made an antenna design that can be used to support the practical activities of cadets. Cadets can practice direct measurement of the antenna and see the antenna radiation pattern using the equipment in the lab Telecommunication Engineering Program and Air Navigation.

Keywords : ADSB, Receiver, Transmitter, Antena, Monopole

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) merupakan salah satu perguruan tinggi kedinasan yang berada di bawah Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. STPI terletak di Kewedanaan Curug, Kecamatan Legok, Kabupaten Tangerang, Banten. STPI mempunyai tugas dan fungsi mendidik putra putri terbaik bangsa Indonesia untuk menjadi sumber daya manusia yang ahli dan terampil di bidang penerbangan, yang diakui secara nasional dan internasional.

Perkembangan teknologi di dunia industri penerbangan terus bergerak maju dengan sangat pesat. Pada mulanya posisi sebuah pesawat terbang dapat diketahui dengan menggunakan teknologi *Radio Detection and Ranging* atau bisa disebut radar. Sistem tersebut secara kontinu selalu diperbarui melalui umpan balik dari program di lapangan. Perkembangan terakhir di dalam navigasi dan teknologi komunikasi, data link antara pesawat udara dan stasiun pengendali di darat sudah tersedia yaitu *Automatic Dependent*

Surveillance Broadcast (ADS-B). ADS-B adalah suatu cara dimana pesawat udara dapat secara otomatis mengirim atau menerima data seperti identifikasi, posisi dan data lainnya dalam bentuk siaran (*broadcast*) melalui data link. Kapabilitas ini memungkinkan meningkatkan kewaspadaan situasional baik di pesawat udara maupun di stasiun pengendali di darat dalam melaksanakan fungsi pengawasan khusus serta kerja sama antara pilot dengan *Air Traffic Control* (ATC) dan pilot dengan pilot.

Antena merupakan salah satu komponen yang penting pada setiap peralatan elektronika *transmitter* dan *receiver*. Begitu pula pada peralatan receiver ADS-B. Penentuan jenis antena yang digunakan harus mempunyai sifat yang sama dengan channel pencatunya. Antena pada peralatan *receiver* ADS-B hanya sebagai penerima sinyal yang dikirim oleh pesawat dari segala arah, maka antena yang digunakan adalah antena jenis *omnidirectional*. Antena *receiver* ADS-B memiliki bentuk monopole, dengan frekuensi kerja peralatan ADS-B ini pada 1090 MHz.

Seiring dengan perkembangan teknologi, prodi TNU yang bergerak pada bidang teknologi penerbangan harus bisa mengikuti perkembangan teknologi yang ada saat ini. Salah satu perkembangan di dalam dunia penerbangan yaitu peralatan *receiver ADS-B*. Saat ini, di prodi TNU belum memiliki alat praktik berupa antena monopole untuk peralatan *receiver ADS-B*. Agar lebih memaksimalkan pemahaman taruna serta dapat mengetahui bagaimana merancang antena yang dapat diaplikasikan pada peralatan *receiver ADS-B*, maka perlu dibuat sebuah rancangan antena yang nantinya dapat digunakan untuk menunjang kegiatan praktikum taruna. Taruna bisa mempraktikkan secara langsung pengukuran antena dan melihat pola radiasi antena menggunakan peralatan yang ada di laboratorium Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat dirumuskan bahwa masalah yang akan dibahas adalah :

1. Apa saja yang diperlukan dalam pembuatan rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver ADS-B*.
2. Bagaimana membuat rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver ADS-B* pada frekuensi 1090 MHz.

1.3. Tujuan Dan kegunaan Penelitian

Tujuan dan kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pengetahuan mengenai bagaimana merancang antena monopole untuk

peralatan *receiver ADS-B*, sehingga dapat dipergunakan sebagai media pembelajaran di Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara.

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1 Teori *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)*

a. Penjelasan tentang *ADS-B Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* adalah teknologi pendeteksi dimana setiap pesawat lewat transponder yang dimiliki memancarkan setiap dua kali dalam tiap detik informasi ketinggian, posisi, kecepatan, arah, dan informasi lainnya ke *ground station* dan pesawat lainnya. Informasi ini didapat dari informasi *Global Positioning System (GPS)* atau backup *Flight Management System (FMS)* yang ada di pesawat masing-masing.

ADS-B terdiri dari *ADS-B Out* dan *ADS-B In*. Alat ini secara bertahap akan menggantikan tugas dan fungsi radar yang selama ini merupakan alat pengamat yang paling utama untuk memandu pesawat terbang di dunia. *ADS-B In* yang terpasang di pesawat dapat mengetahui pesawat lain yang terbang disekitarnya. Informasi yang diperoleh lengkap yaitu posisi, ketinggian, kecepatan, arah, dan jarak dengan pesawat itu sendiri. Selain pesawat alat ini pun dapat mengetahui keadaan bentuk *terrain* (ketinggian atau konfigurasi permukaan seperti gunung, bukit, dan sebagainya) serta cuaca ditempat tertentu yang

terjangkau oleh alat tersebut. Penerbang dan petugas di darat dapat mengetahui semua keadaan ini secara bersamaan pada waktu real (*real time*). Informasi yang menuju ke *ground station* ini yang disebut *ADS-B Out* yang hasilnya dapat dilihat berupa *output* seperti melihat monitor *air traffic* pada umumnya.

Komponen ADS-B

ADS-B terdiri dari tiga komponen, antara lain:

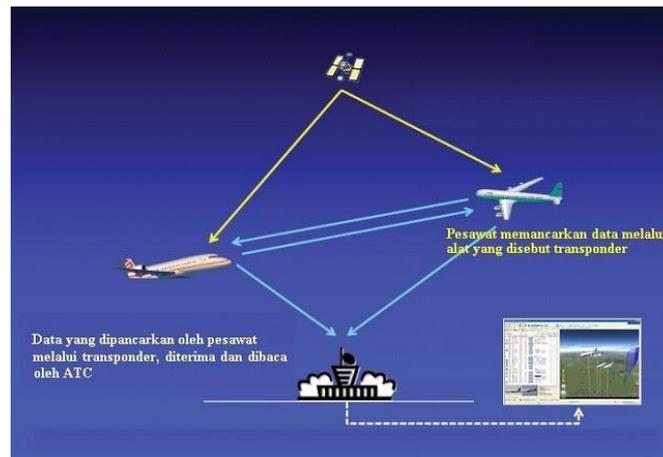
- 1) Subsistem pemancar termasuk pengolah pesan/berita dan fungsi pengirim di pesawat udara.
- 2) Protokol transport seperti VHF Data Link (VDL) Mode 2 atau 4, 1090 ES, atau 978 MHz *Universal Access Tranceiver* (UAT).
- 3) Subsistem penerima termasuk fungsi penerimaan dan penggabungan pesan/berita di tempat tujuan yaitu di pesawat udara atau *ground station* lainnya.

b. Prinsip Kerja ADS-B

Prinsip kerja ADS-B adalah transponder pesawat udara menerima sinyal satelit dan

menggunakan transmisi transponder untuk menentukan lokasi presisi pesawat udara di udara. Sistem mengubah data posisi ke kode digital yang unik dan dikombinasikannya dengan data tambahan lain dari sistem monitoring penerbangan pesawat udara seperti jenis, kecepatan, nomor penerbangan, apakah pesawat sedang berbelok, menanjak, atau menukik. Kode berisi semua data dan selanjutnya secara otomatis disiarkan melalui transponder pesawat udara setiap 0,5 detik.

Pesawat udara dilengkapi dengan peralatan untuk menerima data dari satelit dan menyiarkan ke *ground station* ADS-B sampai pada jarak 200 NM. *Ground station* ADS-B menambahkan target berbasis radar untuk pesawat udara yang tidak dilengkapi dengan peralatan ADS-B. Data gabungan tersebut menjadi informasi cadangan bagi pesawat udara yang dilengkapi dengan peralatan ADS-B. - *Ground station* ADS-B juga mengirim informasi gambar dari pelayanan cuaca dan informasi penerbangan seperti misalnya pembatasan penerbangan secara temporer dan sebagainya. Gambar 2.1 menunjukkan prinsip kerja peralatan ADS-B.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja ADS-B

c. Manfaat ADS-B

Ada beberapa manfaat dari ADS-B, antara lain:

- 1) Posisi GPS yang dilaporkan oleh ADS-B menjadi lebih akurat dibandingkan dengan posisi radar saat ini dan lebih konsisten. Ini berarti bahwa dalam *Instrument Flight Rules (IFR) environment*, jarak antara pesawat terbang di udara dapat menjadi lebih dekat dari jarak yang boleh digunakan sekarang.
- 2) *Surveillance* ADS-B lebih mudah dan lebih murah untuk dipasang serta dioperasikan daripada radar. Ini berarti bahwa wilayah udara yang sebelumnya tidak memiliki radar dan hanya layanan pemisah prosedural, sekarang dapat menikmati layanan ATC lebih baik.
- 3) Karena ADS-B adalah layanan *broadcast* yang dapat diterima oleh pesawat terbang selain ATC, ADS-B

menawarkan pilihan bagi pesawat terbang memiliki *traffic awarenees* yang akurat dan murah akan adanya pesawat terbang lain disekitarnya.

2.2 Teori Antena

a. Pengertian Antena

Antena merupakan salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem transmisi. Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Pemancaran merupakan suatu proses perpindahan gelombang radio atau elektromagnetik dari channel transmisi ke ruang bebas melalui antena pemancar. Sedangkan penerimaan adalah suatu proses penerimaan gelombang radio atau elektromagnetik dari ruang bebas melalui antena penerima. Karena merupakan perangkat perantara antara channel transmisi dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan channel pencatunya. Pemilihan antena

yang tepat, perancangan yang baik, dan pemasangan yang benar akan menjamin kinerja sistem tersebut. Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Parameter-parameter antena juga merupakan suatu hal yang sangat penting untuk menjelaskan unjuk kerja antena. Maka diperlukan parameter-parameter antena yang memberikan informasi suatu antena sebagai pemancar maupun sebagai penerima.

b. Panjang Gelombang

Potongan gelombang yang panjangnya satu gelombang dan sepanjang lintasannya, gelombang akan terus terulang dalam bentuk-bentuknya yang selalu sama sepanjang masa tanpa adanya perubahan bentuk lainnya. Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang selama satu periode. Rumus perhitungan dari panjang gelombang adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Keterangan: λ = panjang gelombang (m)

c = kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/det)

f = frekuensi (Hz)

Panjang gelombang memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan frekuensi. Semakin tinggi frekuensi, maka panjang gelombang semakin dekat, begitu juga sebaliknya panjang gelombang semakin

jauh apabila frekuensi semakin rendah.

Pada frekuensi dari 1 MHz sampai 100 GHz, panjang gelombang dalam rentang konduktor dan kabel yang nyata. Dengan rentang ini maka radiasi dengan jarak yang jauh akan didapat. Sebagai contoh, Sinyal UHF sebesar 300 MHz memiliki panjang gelombang 1 meter, ini adalah panjang yang dapat dipraktikkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel spektrum frekuensi di bawah ini.

c. Parameter Antena

1) Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi menggambarkan distribusi energi yang dipancarkan oleh antena di ruang. Besaran ini diukur atau dihitung pada medan jauh (*far field*) dengan jarak yang konstan ke antena dan divariasikan terhadap sudut. *Far field* merupakan daerah dimana pola radiasi antena tidak bergantung pada jarak. Medan radiasi pada daerah ini sudah stabil, sehingga pengukuran pola radiasi dilakukan pada daerah ini. Pada praktiknya, agar propagasi propagasi gelombang dari antena pengirim menuju antena penerima berhasil, jarak antara pengirim dan penerima harus memenuhi jarak *far field* ini.

$$R_2 = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Keterangan: R_2 = jarak antara pengirim dan penerima (m)

D = dimensi linear terbesar dari antena (m)

λ = panjang gelombang (m)

2. Polarisasi

Polarisasi antena adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena. Polarisasi antena terbagi menjadi polarisasi horizontal, polarisasi vertikal, serta polarisasi *circular* (melingkar). Polarisasi disederhanakan sebagai orientasi dari medan listrik dan magnetik dengan melihat dari bumi. Jika medan listrik paralel dengan bumi, gelombang elektromagnetik akan terpolarisasi secara horizontal. Jika medan listrik tegak lurus dengan bumi, maka gelombang akan terpolarisasi vertikal. Antena yang horizontal dengan bumi menghasilkan polarisasi horizontal, dan antena yang vertikal dengan bumi menghasilkan polarisasi vertikal.

Untuk *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima) yang optimal, kedua antenanya harus memiliki polarisasi yang sama. Sebelum pemancaran melewati jarak yang jauh, polarisasi gelombang berubah sedikit karena berbagai macam efek propagasi dalam ruang bebas. Ini pun ketika polarisasi pada antena pemancar dan penerima tidak sama, sinyal

tersebut diterima. Antena yang vertikal atau horizontal dapat menerima polarisasi sinyal yang *circular*, tetapi kekuatan sinyal tersebut berkurang.

3. Impedansi

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang diberikan oleh antena kepada rangkaian di luar pada suatu titik acuan tertentu. Impedansi masukan penting untuk pencapaian kondisi *matching* pada saat antena dihubungkan dengan sumber tegangan, sehingga semua sinyal yang dikirim ke antena akan terpancarkan. Atau pada antena penerima, jika kondisi *matching* tercapai, energi yang diterima antena akan bisa dikirimkan ke *receiver*.

Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ), yaitu:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Keterangan: Γ = koefisien refleksi tegangan

V_0^+ = tegangan yang dikirimkan

V_0^- = tegangan yang direfleksikan

Z_L = impedansi beban (*load*)

Z_0 = impedansi saluran *lossless*

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

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

4. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$).

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Keterangan: Γ = koefisien refleksi tegangan
 $|V|_{max}$ = gelombang maksimum
 $|V|_{min}$ = gelombang minimum

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai

1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diijinkan untuk pabrikasi antenna adalah $VSWR \leq 2$.

5. Return Loss (RL)

Jika nilai impedansi beban tidak sama dengan impedansi karakteristik saluran transmisi, maka hal tersebut akan menyebabkan saluran transmisi tidak *matching*. Kondisi ini menyebabkan tidak semua daya dari sumber diterima oleh beban, ada yang dikembalikan. Daya yang dikembalikan ini disebut sebagai *return loss*. Daya ini dinyatakan dalam satuan dB (desibel). Nilai *return loss* dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$RL = 20 \log \Gamma = 20 \log \left(\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right)$$

Keterangan: RL = *return loss* (dB)

Γ = koefisien refleksi tegangan

Nilai RL memiliki hubungan logaritmik basis 10 dengan nilai VSWR. Rentang nilai RL dari $-\infty$ hingga 0 dB, dimana kondisi yang paling baik adalah nilai RL sekecil-kecilnya. Sama seperti VSWR, nilai *return loss* juga dapat digunakan untuk menentukan frekuensi kerja antenna. Frekuensi kerja antenna yang paling baik

terjadi pada frekuensi dengan nilai RL yang paling rendah.

6. Bandwidth

Pemakaian sebuah antena dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada range frekuensi kerja tersebut antena dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar dapat menerima atau memancarkan gelombang pada band frekuensi tertentu. Pengertian harus dapat bekerja dengan efektif adalah bahwa distribusi arus dan impedansi dari antena pada range frekuensi tersebut benar-benar belum banyak mengalami perubahan yang berarti. Sehingga pola radiasi yang sudah direncanakan serta VSWR yang dihasilkannya masih belum keluar dari batas yang diijinkan. Daerah frekuensi kerja dimana antena masih dapat bekerja dengan baik dinamakan *bandwidth antenna*. Suatu misal sebuah antena bekerja pada frekuensi tengah sebesar f_c , namun juga masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f_1 (di bawah f_c) sampai dengan f_2 (di atas f_c), maka lebar *bandwidth* dari antena tersebut adalah (f_1-f_2) .

Tetapi apabila dinyatakan dalam persen, maka *bandwidth* antena tersebut adalah:

$$Bw = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

Bandwidth yang dinyatakan dalam persen seperti ini

biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antena-antena yang memiliki *band* sempit (*narrow band*). Sedangkan untuk *band* yang lebar (*broad band*) biasanya digunakan definisi rasio antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah.

$$Bw = \frac{f_2}{f_1}$$

Keterangan : Bw =
bandwidth

f_c =
frekuensi tengah

f_1 =
frekuensi di bawah f_c

f_2 =
frekuensi di atas f_c

2.3 Teori Antena Monopole

Antena monopole merupakan salah satu jenis antena kawat yang terbentuk dengan cara mengganti atau menghilangkan setengah dari antena dipole dengan bidang pentanahan (*ground plane*) pada penempatan yang tepat sesuai dengan setengah sisa antenanya. Jika bidang pentanahannya cukup besar, antena monopole akan bekerja seperti antena dipole yang mana pantulan pada bidang pentanahannya akan menggantikan fungsi dari setengah antena dipole yang dihilangkan tersebut. Oleh karena hal ini, antena monopole dikenal juga sebagai antena dipole dengan seperempat panjang gelombang ($1/4 \lambda$). Antena monopole biasanya memiliki bentuk geometri yang terdiri dari elemen vertikal berbentuk silinder yang berada pada bagian tengah dari bidang pentanahan yang menjadi penghantar (konduktor) sempurna di dalam ruang bebas (*free space*). Bentuk antena seperti ini memiliki karakteristik pola

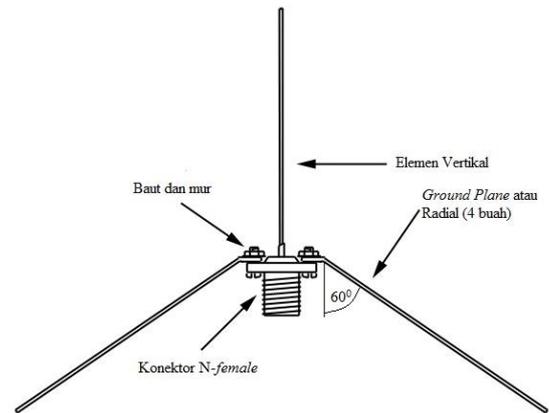
radiasi yang seragam pada arah azimuth yang biasa dikenal dengan jenis pola radiasi *omnidirectional*. Antena monopole memiliki pola radiasi *omnidirectional*, memancarkan kekuatan sama di semua arah. Dengan meningkatnya frekuensi antena akan menurunkan tinggi dari antena tersebut sekaligus akan meningkatkan redaman sinyal propagasi. Monopole berarti setengah bola, karena elemen yang meradiasi hanya satu saja. Struktur pemancaran gelombang elektromagnetik yang paling sederhana adalah radiasi gelombang yang ditimbulkan oleh sebuah elemen arus kecil yang berubah-ubah secara harmonik. Elemen arus terkecil yang dapat menimbulkan pancaran gelombang elektromagnetik itu disebut sumber elementer.

3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Desain Perancangan

Pada penulisan ini dibuat rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B yang memiliki frekuensi kerja 1090 MHz. Antena yang akan dirancang berupa antena monopole yang memiliki karakteristik *omnidirectional* dan polarisasi linear vertikal.

Dimensi fisik dari antena monopole yang memiliki karakteristik panjang elemen vertikal adalah seperempat dari panjang gelombang. Rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rancangan Antena Monopole untuk Peralatan *Receiver* ADS-B

4. PEMBAHASAN

4.1 Tahap Perancangan

Perhitungan Dimensi Antena

Elemen vertikal dari suatu antena monopole menjadi parameter utama yang menentukan frekuensi antena tersebut. Saluran transmisi memiliki impedansi sebesar 50 ohm sehingga konektor yang digunakan sebagai pencatu antena monopole harus didesain sehingga diperoleh kondisi *matching*. Desain dari konektor yang digunakan adalah N-*female*.

Dengan menggunakan persamaan dapat dihitung panjang gelombang dari antena monopole. Besar dari panjang gelombang dipengaruhi langsung oleh frekuensi dari antena. Frekuensi yang digunakan pada 1090 MHz, maka perhitungan untuk panjang gelombang dari antena monopole adalah sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9} = 0,275 \text{ m}$$

Panjang elemen vertikal dari antena monopole adalah seperempat dari panjang gelombang antena

tersebut. Pembuatan antena ini menggunakan bahan kawat tembaga yang memiliki nilai pendekatan cepat rambat sebesar 0,95.

$$l = \frac{\lambda}{4} \times 0,95 = \frac{0,275}{4} \times 0,95 \\ = 0,0653 \text{ m} = 65,3 \text{ mm}$$

Antena yang dirancang memiliki bentuk monopole dengan *ground plane* atau radial. Ukuran setiap radial adalah 5% lebih panjang dari panjang elemen vertikal antena.

$$l_{\text{radial}} = l + (5\% \times l) \\ = 65,3 \\ + (5\% \times 65,3) \\ = 68,565 \text{ mm}$$

Maka panjang elemen vertikal antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B adalah 65,3 mm

dengan panjang radial adalah 68,565 mm.

Hasil perhitungan di atas dinamakan panjang teoritis. Panjang teoritis tersebut belum dapat langsung digunakan karena faktor pengaruh lingkungan belum diperhitungkan dan pengaruh lingkungan di setiap lokasi itu berbeda. Perhitungan teoritis ini mutlak diperlukan agar simulasi maupun realisasi bisa langsung dimulai, tanpa perhitungan teoritis ini tidak akan diketahui darimana percobaan akan dimulai.

4.2 Simulasi Awal Rancangan Antena

Parameter awal dari rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Parameter Awal Rancangan Antena Monopole untuk Peralatan *Receiver* ADS-B

Parameter	Keterangan
Elemen Vertikal	65,3 mm
Radial	68,565 mm
Sudut Tiap Radial	60 ⁰
Konektor	N- <i>female</i>

Parameter antena diperoleh dari hasil perhitungan dan perancangan antena seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.3 Uji Coba Rancangan

Berdasarkan proses perancangan dan simulasi, diperoleh rancangan akhir antena dengan performa yang sesuai dengan karakteristik yang diharapkan. Hasil pabrikan rancangan tersebut kemudian diukur dengan menggunakan Antenna Tester merk Agilent Technologies N9330B (25 MHz – 4 GHz) yang ada di Laboratorium CNS untuk mengukur *return loss* dan VSWR. Sedangkan

Antenna Tester merk Lab Volt (LVDM Antenna 1-10 GHz) yang ada di Laboratorium Antenna untuk mengukur pola radiasi antena.

1. Pengukuran *Return Loss*

Sebelum proses pengukuran antena uji, dilakukan proses kalibrasi Antenna Tester Agilent Technologies N9330B dengan tujuan mendapat hasil pengukuran yang valid. Adapun proses

kalibrasi memiliki tahapan adalah sebagai berikut:

- a. Menyalakan Antenna Tester terlebih dahulu.
- b. Memasang kabel 50 ohm pada port Antenna Tester. Mengatur rentang frekuensi yang digunakan, misalnya pada pengukuran antena ini yaitu 1065-1115 MHz.
- c. Pilih kalibrasi pada Antenna Tester. Uji kalibrasi dilakukan dengan *Calibration Kit* Aglient. Ada 3 konektor pada alat kalibrasi ini yaitu *open*, *short*, dan *load*.
- d. Pengkalibrasian dilakukan terhadap 3 konektor tersebut sampai pengkalibrasian selesai.

Proses pengukuran dapat dimulai dengan menyambungkan antena uji ke port Antena Tester menggunakan kabel koaksial RG 142 (50 ohm). Tekan tombol *mode*, pilih *return loss* kemudian *enter* untuk menampilkan grafik *return loss* pada layar Antenna Tester. Munculkan marker untuk mengetahui frekuensi kerja dari antena uji dengan menekan tombol *marker*. Antena monopole dikatakan bekerja pada frekuensi 1090 MHz dengan nilai *return loss* sebesar -31,16 dB (kurang dari -20 dB).

2. Pengukuran VSWR

Untuk pengukuran VSWR, dengan kondisi yang sama seperti saat pengukuran S11. Tekan tombol *mode*, pilih VSWR kemudian *enter* untuk menampilkan grafik VSWR pada layar Antenna Tester. Hasil pengukuran nilai VSWR sebesar 1,04. Dari hasil pengukuran

tersebut didapat nilai VSWR sudah memenuhi standar yaitu $\leq 1,2$.

3. Pengukuran *Bandwidth*

Dari grafik *return loss* dapat dilihat *bandwidth* dari antena yang diuji. Selain itu faktor dari VSWR mempengaruhi untuk penentuan dari *bandwidth*. Berdasarkan nilai VSWR sebesar 1,2 yang merupakan standar dari antena receiver ADS-B, maka nilai acuan *return loss* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 VSWR &= \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \\
 1,2 &= \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \\
 1,2 - 1,2\Gamma &= 1 + \Gamma \\
 \Gamma + 1,2\Gamma &= 1 - 1,2 \\
 2,2\Gamma &= 0,2 \\
 \Gamma &= \frac{0,2}{2,2} = 0,0909
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RL &= 20 \log \Gamma = 20 \log 0,0909 \\
 &= -20,82 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas untuk lebih mempermudah penentuan *bandwidth*, nilai acuan *return loss* yang digunakan sebesar -20 dB. Lebar *bandwidth* dari antena hasil pengukuran yang dilihat dari batas acuan pada -20 dB dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 Bw &= f_2 - f_1 \\
 &= 1099,5 - 1083 \\
 &= 16,5 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

Didapat nilai *bandwidth* sebesar 16,5 MHz (mendekati spesifikasi yaitu 15 MHz). Apabila dinyatakan dalam persen didapat nilai sebagai berikut.

$$Bw = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1099,5 - 1083}{1090} \times 100\% \\ &= \frac{16,5}{1090} \times 100\% = 1,514\% \end{aligned}$$

4. Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi antena dilakukan dengan dua buah antena dimana satu antena sebagai antena yang diuji dihubung ke salah satu port dan antena lainnya sebagai antena pengujian terhubung ke port satunya pada Antenna Tester. Proses pengukurannya adalah antena yang diuji diputar satu lingkaran penuh terhadap sumbu putar vertikal dimana antena pengujian berada pada posisi tetap dan berhadapan dengan antena yang diuji. Data diambil dari tiap interval 30^0 dari total satu putaran penuh 360^0 . Hasil pengukuran pola radiasi dari antena monopole yang bekerja pada frekuensi 1090 MHz. Hasil pengukuran pola radiasi menunjukkan bahwa antena yang dibuat memiliki pola radiasi *omnidirectional*.

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi, terlihat bahwa antena monopole memiliki jenis pola radiasi *omnidirectional* yang dapat terlihat dari bentuk medan E seperti angka delapan dan medan H yang menyerupai lingkaran meskipun tidak sempurna.

5. Analisa Polarisasi

Polarisasi antena adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena. Polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antena, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda. Polarisasi dari gelombang yang telah teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang

menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu.

Polarisasi antena dapat dipresentasikan dengan nilai *axial ratio*. Nilai *axial ratio* adalah perbandingan komponen yang tegak lurus pada medan E.

Pada hasil simulasi *axial ratio* didapatkan nilai yang bervariasi. Sesuai dengan prinsip jika nilai *axial ratio* bernilai kurang dari atau sama dengan 3 dB maka polarisasi antena adalah *circular*, sedangkan apabila nilai *axial ratio* lebih dari 3 dB sampai tak hingga maka polarisasi antena adalah linear. Pada gambar 4.9 dapat dilihat hasil simulasi *axial ratio* untuk frekuensi kerja rancangan antena bernilai 34,7479 dB. Dengan nilai *axial ratio* frekuensi kerja sebesar 34,7479 dB dapat disimpulkan bahwa antena monopole pada simulasi memiliki polarisasi linear. Antena yang dibuat ini memiliki bentuk monopole dengan arah elemen utamanya vertikal dan tegak lurus terhadap bumi. Jadi, antena monopole yang dibuat memiliki polarisasi linear vertikal.

6. Rancangan Antena Keseluruhan

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi dan hasil simulasi, didapatkan ukuran dimensi dari antena yang dibuat. Bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan yang disimulasikan antara lain kawat tembaga dengan diameter 2 mm dan konektor N-*female*.

Tahapan pembuatan antena dimulai dengan membuat radial antena dengan bahan kawat tembaga tadi. Membuat radial sebanyak 4 buah. Memasang radial tersebut dengan baut dan mur pada konektor N-*female*, kemudian masing-masing

radial dibuat sudut 60^0 dari bagian bawah konektor *N-female*. Ukur dengan menggunakan busur drajat sehingga didapat ukuran sudut yang presisi. Pastikan radial terpasang dengan sangat erat pada konektor *N-female* agar tidak goyang karena akan mempengaruhi hasil pengukuran.

Selanjutnya potong kawat tembaga untuk elemen vertikal antena. Solder kawat tembaga yang telah dipotong pada bagian atas konektor *N-female*. Membuat ukuran elemen vertikal dan radial lebih panjang dari hasil simulasi, kemudian optimasi saat melakukan pengukuran dengan cara memotong sedikit demi sedikit sehingga diperoleh parameter sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pada pembuatan antena ini, didapat ukuran antena setelah dioptimasi yaitu panjang elemen vertikalnya

adalah 61 mm dan panjang radialnya adalah 64 mm. Dengan ukuran tersebut, antena bekerja paling optimal pada frekuensi 1090 MHz dilihat dari hasil pengukuran menggunakan Antenna Tester merk Agilent Technologies N9330B (25 MHz – 4 GHz).

4.4 Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan

1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Monopole

Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengukuran antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B. Dari hasil pengukuran antena monopole didapat parameter antena yang mendekati dengan spesifikasi yang diharapkan.

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran

Parameter Antena	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi Tengah	1090 MHz	1090 MHz
<i>Bandwidth</i>	59,8 MHz	16,5 MHz
Elemen Vertikal	56,5 mm	61 mm
Radial	59,325 mm	64 mm
Sudut Tiap Radial	60^0	60^0
Pola radiasi	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>
Polarisasi	Linear Vertikal	Linear Vertikal (dari simulasi)
<i>Return Loss</i>	-38,815 dB	-31,16 dB
VSWR	1,023	1,04

Hasil simulasi akhir dan pengukuran antena monopole sama-sama menunjukkan frekuensi kerja antena pada 1090 MHz. Tetapi memiliki *bandwidth* yang berbeda, hasil simulasi yaitu 59,8 MHz dan hasil pengukuran yaitu 16,5 MHz. Hasil pengukuran lebih mendekati nilai dari *bandwidth* spesifikasi yang diharapkan yaitu 15 MHz. Ada perbedaan ukuran panjang elemen vertikal dan radial

antena hasil simulasi dengan pengukuran berturut-turut adalah 56,5 mm dan 59,325 mm serta 61 mm dan 64 mm. Sudut yang dibuat antara masing-masing radial dengan konektor *N-female* sebesar 60^0 . Baik hasil simulasi maupun pengukuran didapat pola radiasi antena monopole adalah *omnidirectional* dan polarisasinya liner vertikal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan tentang rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B di Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B dibuat dari bahan kawat tembaga dengan ukuran seperempat dari panjang gelombang ($1/4 \lambda$) dengan 4 buah *ground plane* atau radial.
2. Dari pengukuran rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B dengan ukuran elemen vertikalnya 61 mm dan panjang radialnya 64 mm serta sudut tiap radial 60° terhadap sisi tegak sudah memenuhi parameter spesifikasi yang diharapkan.
3. Rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B dapat bekerja dengan baik pada frekuensi kerja 1090 MHz dengan nilai *return loss* adalah -31,16 dB dan VSWR adalah 1,04.
4. Rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B memiliki pola radiasi *omnidirectional* dari hasil pengukuran dan polarisasi linear vertikal dari hasil simulasi.
5. Rancangan antena monopole untuk peralatan *receiver* ADS-B ini dapat

digunakan sebagai alat penunjang / media pembelajaran di Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara.

DAFTAR PUSTAKA :

1. Aries Martono, "Third Meeting of Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Study and Implementation Task Force (ADS-B SITF/3)", diakses dari <http://Indonesia-icao.org/news.html>, pada tanggal 21 Februari 2015 pukul 19.10
2. Tabloid Aviasi, "Mengetahui ADS-B Pengganti Radar", diakses dari <http://tabloidaviasi.com/iptek/mengetahui-ads-b-pengganti-radar/>, pada tanggal 21 Februari 2015 pukul 20.42
3. Mudrik Alaydrus, *Antena Prinsip & Aplikasi* (Cet:I; Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011), h. 1
4. Louis E Frenzel, *Principial of Electronic*, diterjemahkan oleh Ester Mella dengan judul *Modul Diploma III Teknik Navigasi Udara (Antenna)*, (Jakarta: Kementerian Perhubungan, BPSDM Perhubungan, PPSDM Perhubungan Udara), h. 4
5. RM. Francis D Yury, *Antene Radio Amatir*, (Cet:VII; Bandung: Percetakan M2S,1996), h. 6

6. Nurhadi, *Perekayasa Sistem Antena*, (Cet: I; Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan, Direktorat Jendral Peningkatan Mutu Pendidikan & Tenaga Kependidikan, 2013), h. 7
7. Constantine A Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, (Cet: III; United States of America, 2005), h. 35
8. Denis, Roddy, Kamal Idris, Jhon Coolen, *Komunikasi Elektronika Jilid 2*, (Jakarta: Erlangga, 1984), h. 536
9. Denis, Roddy, Kamal Idris, Jhon Coolen, *Komunikasi Elektronika Jilid 2*, (Jakarta: Erlangga, 1984), h. 536