

PENGUKURAN POLA RADIASI PADA PESAWAT *BOEING 737-8U3* DENGAN FREKUENSI VHF

Dita Oktaviani, Dina Herdiana, S.T., M.T
Program Studi Avionika Universitas Nurtanio Bandung
E-mail : ditaoktaviani604@gmail.com

Abstrak

Pesawat itu memiliki bentuk karakteristik yang berbeda-beda. VHF adalah frekuensi radio yang berkisar dari 30MHz ke 300MHz. Karakteristik propagasi VHF yang ideal untuk komunikasi terrestrial jarak pendek, dengan kisaran umumnya agak lebih jauh dari *line-of-sight* dari pemancar. VHF juga kurang dipengaruhi oleh gangguan *atmosfer* dan interferensi dari peralatan listrik dibandingkan dengan frekuensi yang lebih rendah. Pengukuran Pola Radiasi Pesawat *Boeing 737-8U3* Dengan Frekuensi VHF melibatkan serangkaian khusus dan peralatan yang memadai. Pola Radiasi atau *Radiation Pattern* suatu antenna adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi menggambarkan distribusi energi yang dipancarkan oleh antenna diruang. Walaupun nilai yang diperoleh berbeda cukup signifikan, akan tetapi secara umum pola radiasi pada hasil pengukuran mempunyai bentuk pola yang sama dengan hasil simulasi. Perbedaan nilai daya yang diterima ini dapat disebabkan akibat faktor lingkungan sekitar saat melakukan pengukuran tersebut yang memungkinkan terjadinya refleksi sinyal yang tidak di inginkan. Pengukuran pola radiasi pesawat dapat dilakukan dengan menggunakan miniature pesawat skala 1:65 yang dilapisi aluminium, 2 buah Antena VHF serta alat ukur sinyal generator dan RFSA. Pola radiasi pesawat *Boeing 737-8U3* terdeteksi 0° bagian ujung kepala pesawat, 90° bagian sayap kanan, 180° bagian ekor pesawat dan 270 ° bagian sayap kiri

Kata Kunci : Pola Radiasi (*Radio Pattern*), VHF, Radar, *Radar Cross Section*.

Abstract

The aircraft has a different characteristic form. VHF is a radio frequency that ranges from 30MHz to 300MHz. VHF propagation characteristics are ideal for short-range terrestrial communications, with a range generally somewhat further than line-of-sight from the transmitter. VHF is also less affected by atmospheric disturbances and interference from electrical equipment compared to lower frequencies. Measurement of the Radiation Pattern of a Boeing 737-8U3 Aircraft with VHF Frequency involves a series of special and adequate equipment. The Radiation Pattern of an antenna is a graphical representation that describes the radiation properties of an antenna in the far field as a function of direction. The radiation pattern describes the distribution of energy radiated by the antenna in space. Although the obtained values differ significantly, in general the radiation pattern in the measurement results has the same pattern shape as the simulation results. This difference in received power values can be caused by environmental factors around the measurement which allows unwanted signal reflections. Measurement of aircraft radiation patterns can be done using a 1:65 scale miniature aircraft coated with aluminum, 2 VHF antennas and a signal generator and RFSA measuring tool. The radiation pattern of the Boeing 737-8U3 aircraft was detected at 0° at the head of the aircraft, 90° at the right wing, 180° at the tail of the aircraft and 270° at the left wing.

Keywords: Radiation Pattern (Radio Pattern), VHF, Radar, Radar Cross Section

PENDAHULUAN

Pesawat itu memiliki bentuk karakteristik yang berbeda-beda. VHF adalah frekuensi radio yang berkisar dari 30Mhz ke 300MHz. Karakteristik propagasi VHF yang ideal untuk komunikasi terrestrial jarak pendek, dengan kisaran umumnya agak lebih jauh dari *line-of-sight* dari pemancar. VHF juga kurang dipengaruhi oleh gangguan atmosfer dan interferensi dari peralatan listrik dibandingkan dengan frekuensi yang lebih rendah.

Radar berkerja untuk mendeteksi, mengukur jarak dan mengetahui *obstacle*. Dengan demikian radar pada membantu dalam proses pendeksian pesawat yang terdapat dalam *database*, terutama pesawat komersial dan militer. Pada proses pendeteksian data dan pengukuran pesawat secara *real time*. *Database* tersimpan pada sistem radar. *Database* tersebut berisi pola radiasi pesawat. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pola radiasi pesawat *Boeing 737-8U3*.

Pada proses pengukuran digunakan model pesawat dengan ukuran yang tidak sesungguhnya untuk memudahkan proses pengukuran karena jika menggunakan ukuran asli proses pengukuran akan sulit dikarenakan dimensinya yang besar. Lapisan rangka model pesawat berbahan plastik, oleh karena itu dilapisi alumunium untuk menyerupai pesawat aslinya yang berbahan metal. Pengukuran pesawat menggunakan Antena, sinyal generator dan radio frekuensi sinyal analisis (RFSA). Sinyal generator membangkitkan sinyal yang akan dikirimkan ke pesawat sedangkan RFSA menerima sinyal dari pantulan pesawat.

Pantulan tersebut akan membentuk pola radiasi yang diukur disetiap 5°. Dari permasalahan diatas penulis memiliki inovasi yaitu ingin melakukan pengukuran pola radiasi pada pesawat *Boeing 737-8U3* dengan frekuensi VHF. Alat ini dibuat dengan harapan dapat bermanfaat bagi mahasiswa atau mahasiswi serta dapat digunakan sebagai media pembelajaran khususnya pada pesawat terbang.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dalam tugas akhir ini masalah yang penulis rumuskan adalah:

1. Bagaimana cara pengukuran pola radiasi pada pesawat?
2. Bagaimana cara pengukuran pola radiasi bisa menggunakan alat ukur Sinyal Generator dan RFSA?

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dan manfaat yang akan dicapai dari tugas akhir dengan judul "Pengukuran Pola Radiasi Pada Pesawat *Boeing 737-8U3* Dengan Frekuensi VHF" ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan untuk menambah alat informasi yang bekerja.
2. Dapat mengetahui sinyal pola radiasi pesawat menggunakan alat ukur Sinyal Generator dan RFSA.
3. Menambah pengetahuan untuk mengetahui bentuk pola radiasi Antena VHF berdasarkan spesifikasi Antena VHF.

BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Antena yang diukur adalah Antena VHF dengan frekuensi 30 MHz ke 300 MHz.

1. Antena yang diukur adalah antenna VHF dengan frekuensi 30 MHz ke 300 MHz.
2. Alat ukur yang digunakan Sinyal Generator dan RFSA.
3. Lokasi pengukuran pola radiasi di *Outdoor*.
4. Antena VHF, Sinyal generator dan RFSA berperan sebagai alat pengukuran pola radiasi.

LANDASAN TEORI

VHF atau *Very High Frequency* adalah salah satu frekuensi yang digunakan komunikasi dua arah. VHF adalah singkatan dari *Very High Frequency* dan memiliki

rentang frekuensi dari 30 MHz hingga 300 MHz. Frekuensi ini memiliki panjang gelombang yang berkisar antara sepuluh meter hingga satu meter. Dalam penggunaan *handy talky*, salah satu contoh frekuensi VHF yang digunakan adalah 30-300 MHz. Ada beberapa kelebihan dari penggunaan frekuensi VHF, salah satunya adalah kemampuan sinyal untuk menembus benda padat. Sinyal VHF menembus hambatan lebih baik daripada sinyal UHF. Antena VHF adalah antena yang dirancang untuk bekerja pada rentang frekuensi VHF. Ketika seseorang menyebut Antena VHF mengacu pada Antena yang dapat digunakan untuk menerima atau mentransmisikan sinyal dalam rentang frekuensi VHF tersebut.

Beberapa spesifikasi umum yang perlu diperhatikan dalam merancang atau memilih Antena VHF meliputi:

1. Rentang Frekuensi: Menunjukkan rentang frekuensi yang dapat diterima atau ditransmisikan oleh Antena, yang pada kasus VHF akan berada antara 30 MHz hingga 300 MHz.
2. Impedansi: Nilai impedansi Antena yang sesuai dengan sistem yang digunakan, umumnya 50 ohm atau 75 ohm untuk sistem VHF. Biasanya, Antena VHF memiliki impedansi sekitar 50 ohm yang sering digunakan dalam sistem komunikasi.
3. Polarisasi: Antena VHF umumnya memiliki polarisasi vertical atau horizontal, tergantung pada kebutuhan aplikasi.
4. Gain: Menunjukkan sejauh mana Antena dapat memperkuat sinyal. Gain diukur dalam dBi (*decibels isotropic*).
5. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*): Rasio tegangan gelombang berdiri yang mencerminkan efisiensi Antena. Semakin rendah nilai VSWR, semakin baik kinerja Antena.
6. Material Konstruksi: Material yang digunakan untuk membuat Antena dapat memengaruhi daya tahan dan kinerjanya. Bahan yang umum digunakan meliputi logam seperti alumunium atau *stainless steel*.

Boeing 737

Boeing 737 merupakan salah satu jenis pesawat komersial berbadan sempit dengan mesin ganda (*twin jet*) yang diproduksi oleh Pabrik *Boeing* di Seattle, Amerika Serikat. Awalnya pesawat ini merupakan pengembangan versi murah dari *Boeing 707* dan *727* dengan kapasitas yang lebih sedikit dan berjarak pendek. *737* adalah produk yang paling laris di pasar penerbangan dunia dengan penjualan lebih dari 15,533 unit hingga bulan Maret 2019 dengan pesanan yang belum terkirim mencapai 4703 unit pada bulan Maret 2019. *Boeing 737* merupakan pesaing utama dari pesawat berlorong tunggal keluaran Airbus yaitu A320.

Boeing 737-8U3 bisa disebut juga *Boeing 737-800*. *Boeing 737-800* merupakan Varian *Next Generation* yang paling populer dan paling sukses. Varian ini dikembangkan untuk menggantikan *737-400* dan bersaing secara langsung dengan Airbus A320.

Boeing 737-800 memiliki badan pesawat yang sedikit lebih panjang dari *737-400* dan dilengkapi dengan sayap,

stabilizer, dan bagian ekor yang baru. Boeing 737-800 ini memiliki panjang 129 kaki 6inci dan dapat mengangkut hingga 184 penumpang dalam konfigurasi ekonomi.

Boeing 737-800 adalah pesawat penumpang narrow-body yang dikembangkan oleh Boeing Commercial Airplanes. Pesawat ini adalah versi yang diperpanjang dari model 737-700 dan merupakan bagian dari keluarga pesawat Boeing 737 Next Generation (NG). Spesifikasi umum Boeing 737-800 yaitu :

1. Kapasitas Penumpang: Biasanya antara 162 hingga 189 penumpang konfigurasi kelas ganda.
2. Rentang Jelajah: Sekitar 3,115 nautical miles atau 5,765 kilometer.
3. Panjang Pesawat: Sekitar 39,5 meter.
4. Lebar Sayap: Sekitar 35,8 meter.
5. Tinggi pesawat; Sekitar 12,5 meter.
6. Kecepatan Maksimum: Mach 0,82 atau 544 knots atau sekitar 1,005 km/jam.
7. Mesin: Bergantung pada operator, biasanya dilengkapi dengan mesin CFM Internasional CFM56 atau mesin dari keluarga CFM LEAP pada model 737 MAX.

Penting untuk dicatat bahwa spesifikasi ini dapat bervariasi tergantung pada konfigurasi pesawat spesifik yang dipesan oleh maskapai penerbangan dan pemilik pesawat. Karakteristik dan Pesawat Boeing 737 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

CHARACTERISTICS	UNITS	MODEL 737-800 - 800 WITH WINGLETS		
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	156.000	173.000	174.900
	KILOGRAMS	70.760	78.471	79.333
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	155.500	172.500	174.200
	KILOGRAMS	70.534	78.245	79.016
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	144.000	144.000	146.300
	KILOGRAMS	65.317	65.317	66.361
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT	POUNDS	136.000	136.000	138.300
	KILOGRAMS	61.689	61.689	62.732
OPERATING EMPTY WEIGHT (1)	POUNDS	91.300	91.300	91.300
	KILOGRAMS	41.413	41.413	41.413
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	44.700	44.700	47.000
	KILOGRAMS	20.276	20.276	21.319
SEATING CAPACITY (1)	TWO-CLASS	160	160	160
	ALL-ECONOMY	184	184	184
MAX CARGO - LOWER DECK	CUBIC FEET	1555	1555	1555
	CUBIC METERS	44.1	44.1	44.1
USABLE FUEL	US GALLONS	6875	6875	6875
	LITERS	26.022	26.022	26.022
	POUNDS	46.063	46.063	46.063
	KILOGRAMS	20.894	20.894	20.894

Gambar Karakteristik 737-800

Radar Cross Section

Radar Cross Section atau RCS merupakan fitur penting dalam identifikasi target radar. Radar menggunakan RCS untuk mendapatkan identitas target. RCS adalah ukuran dari sejauh mana suatu objek menanggapi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar. RCS suatu target bergantung pada ukuran target, material, polarisasi, dan frekuensi. Dalam upaya

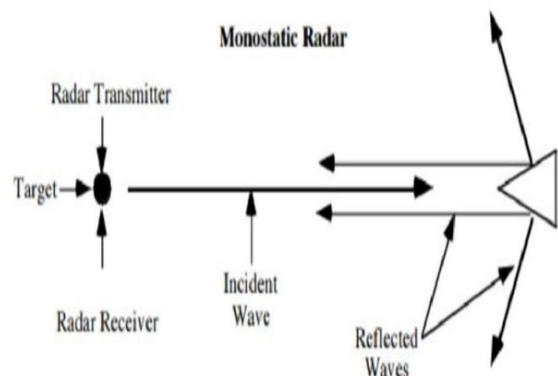
meningkatkan identifikasi target radar, diperlukan RCS yang kuat. Secara umum, metode untuk memprediksi RCS suatu target dibagi menjadi dua, yaitu Metode Numerik dan Metode Geometri.

Metode Numerik seperti Metode Momen (MoM), Metode Finite Difference Time (FDTD) dan Fast Multipole Method (FMM) memerlukan computer berkecepatan dan berkapasitas tinggi untuk beberapa orde Panjang gelombang target, misalnya pesawat terbang. Metode numerik akan memerlukan waktu simulasi yang sangat lama.

Metode Geometri dapat digunakan untuk target yang besar dan kompleks (ukuran target), biasanya yang bergantung pada metode ini adalah Optik Geometri (GO) dan Optik Fisika (OP). Metode Optik Fisika mengasumsikan bahwa target berada di medan jauh dan total bidang di titik manapun, di permukaan target terdapat titik yang akan berada di sana jika targetnya datar. Hal ini juga mengasumsikan bahwa target berjalan dengan sempurna.

Metode Numerik dan Metode Geometri ini bagain RCS untuk pendektaksian pesawat. Pada tugas akhir penulis hanya dibagian pola radiasi saja yang berfungsi sebagai data base type pesawat pada sistem RCS saat pendektaksian.

Radar Cross Section merupakan kemampuan dari suatu objek dalam memantulkan kembali radar sinyal. Pada Gambar di bawah ini dapat dilihat konsep RCS kasus monostatic dimana radar transmitter-receiver terletak hanya disatu tempat.



Gambar Konsep RCS

Bagian radar dari suatu target adalah area yang menegat sejumlah daya yang ketika disebarkan secara merata ke segala arah, menghasilkan gema di radar yang sama dengan yang berasal dari target atau dengan istilah lain.

$$O = \frac{\text{power reflected toward atau unit solid angle}}{\text{incident power density atau } 4\pi} = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \left| \frac{E_r}{E_i} \right|^2$$

Di mana keterangan tersebut :

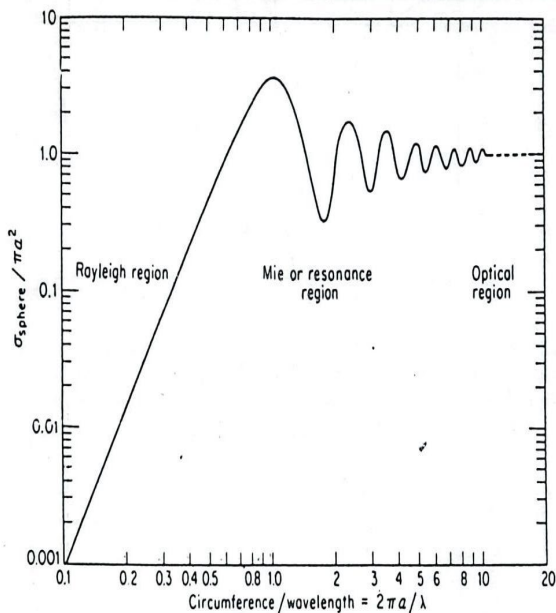
R = Jarak antara radar dan target

E_r = Kekuatan medan yang dipantulkan

E_i = Kekuatan medan insiden

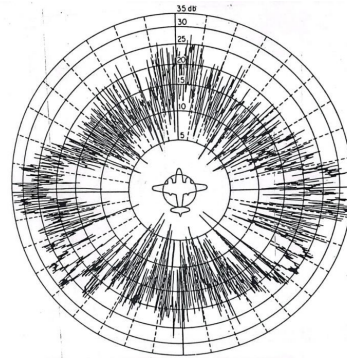
Untuk sebagian besar jenis target radar yang umum seperti pesawat terbang, kapal dan medan, penampang melintang tidak memiliki hubungan yang sederhana dengan area fisik. Kecuali bahwa semakin besar ukuran target, semakin besar pula penampang melintangnya. Ketika suatu objek disinari oleh gelombang elektromagnetik, Sebagian dari energi yang datang diserap sebagai *heat* dan sisanya diradiasikan ke berbagai arah.

Penampang radar dari target bola sederhana ditunjukkan pada gambar di bawah ini sebagai fungsi dari kelilingnya yang diukur dalam panjang gelombang ($2\pi a/\lambda$, di mana a adalah jari-jari bola dan λ adalah panjang gelombang). Daerah di mana ukuran bola kecil dibandingkan dengan panjang gelombang disebut daerah *rayleigh*, yang diambil dari nama *Lord Rayleigh*, yang pada awal tahun 1870-an pertama kali mempelajari hamburan oleh partikel-partikel kecil. *Lord Rayleigh* tertarik pada hamburan cahaya oleh partikel mikroskopis, bukan pada radar.



Gambar Radar Cross Section of the sphere

Contoh *the cross section* atau penampang melintang sebagai fungsi dari sudut aspek untuk pesawat yang digerakkan oleh baling-baling ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Pesawat ini adalah B-26, sebuah pesawat pembom jarak menengah bermesin dua dari Perang Dunia 11. Panjang gelombang radar adalah 10 cm. Data ini diperoleh secara eksperimental dengan memasang pesawat di atas meja putar di lingkungan yang bebas dari benda-benda pemantul lainnya dan mengamati dengan perangkat radar di dekatnya.



Gambar Experimentally Cross Section

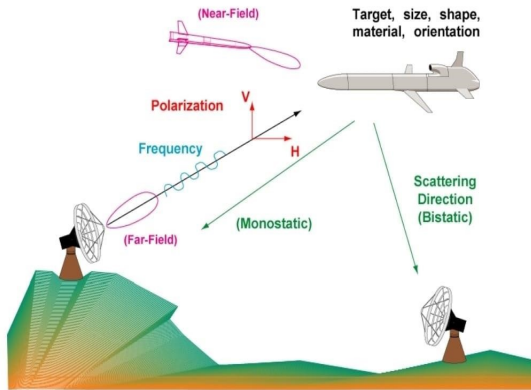
Radar Monostatic

Radar Monostatic atau Monostatic Radar adalah jenis radar yang hanya memiliki sebuah Antena yang digunakan untuk memancarkan maupun menerima sinyal. Radar ini memiliki suatu bagian yang disebut *duplexer* untuk memisahkan antara penerima dan pemancar. Radar monostatic biasanya menggunakan bentuk gelombang (*waveform*). Namun dapat juga menggunakan *Continuous Wave (CW)*. Untuk desain radar monostatic, CW digunakan suatu alat yang disebut *circulator* untuk memisahkan antara gelombang yang dipancarkan dan diterima. Radar jenis ini mendominasi jenis-jenis radar yang ada saat ini.

Radar monostatic adalah sistem radar di mana antena transmisi dan penerima berada pada lokasi yang sama. Dalam sistem radar monostatic, antena radar digunakan untuk mengirimkan pulsa elektromagnetik ke objek target, dan kemudian mengukur pulsa yang dipantulkan dari objek tersebut. Berikut adalah komponen utama dan proses kerja radar monostatic:

1. Antena: Antena radar bertanggung jawab untuk mentransmisikan sinyal radar ke objek target dan menerima sinyal yang dipantulkan dari objek tersebut. Pada radar monostatic, antena transmisi dan penerima terletak pada posisi yang sama.
2. Pemancar atau Transmitter: Pemancar radar menghasilkan sinyal elektromagnetik yang ditransmisikan oleh antena ke objek target. Sinyal ini dapat berupa pulsa radio frekuensi tertentu yang dikirimkan dalam interval waktu tertentu.
3. Penerima atau Receiver: Penerima radar menerima sinyal yang dipantulkan dari objek target setelah sinyal radar yang dikirimkan bertabrakan dengan objek tersebut. Penerima akan mendeteksi sinyal yang dipantulkan dan meneruskannya ke unit pemrosesan untuk analisis lebih lanjut.
4. Unit Pemrosesan atau Processing Unit: Unit pemrosesan radar menerima sinyal yang dipantulkan dari objek target dan menganalisisnya untuk menentukan jarak, kecepatan, dan arah objek target. Pemrosesan ini melibatkan teknik seperti *pulse compression*, *Doppler processing*, dan *beamforming*.
5. Tampilan atau Display: Hasil dari pemrosesan sinyal radar ditampilkan kepada operator dalam bentuk informasi yang mudah dimengerti, seperti tampilan dua dimensi atau tiga dimensi dari lingkungan sekitar.

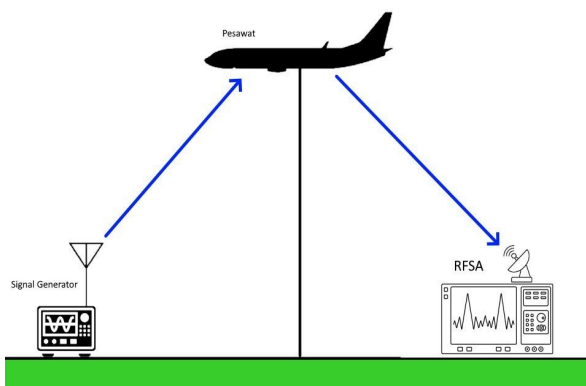
Keunggulan dari sistem Radar Monostatic termasuk kesederhanaan dalam desain dan pengoperasian, serta kemampuan untuk mendeteksi objek target dengan presisi tinggi dalam jarak jauh maupun dekat. Namun, kelemahannya termasuk rentan terhadap interferensi dari sinyal yang dipantulkan oleh objek di sekitar antenna, serta kemungkinan terjadi "blind zone" di sekitar antenna.



Gambar Radar Monostatic

METODE PENGUKURAN

Dalam pengukuran harus memenuhi kondisi medan jauh. Kondisi ideal dari medan jauh adalah gelombang yang dipancarkan oleh antenna pengukur mengenai AUT sebagai gelombang datar homogen. Antena pengukur akan memancarkan gelombang tertentu dengan besaran listrik tertentu dan antenna yang diukur AUT (*Antena Under Test*) akan menangkap gelombang tersebut untuk kemudian diolah dan dianalisa oleh komputer besaran-besaran listrik dari gelombang yang ditangkap oleh AUT. Semakin mendekati besaran-besaran listrik yang ditangkap AUT dengan besaran-besaran listrik yang dipancarkan antenna pengukur atau transmitter maka semakin baik pula antenna yang dibuat.



Gambar Metode Pengukuran

Hasil yang ingin diketahui dari proses pengukuran antenna adalah adalah pola radiasi, Dengan menggunakan alat ukur sebagai berikut:

- a. RFSA (*Radio Frekuensi Spectrum Analyzer*)
Radio Frekuensi Spectrum Analyzer atau disingkat RFSA berfungsi untuk mengukur gain dan pola radiasi. Pada penggunaannya RFSA di hubungkan

pada antenna penerima yang akan menampilkan level daya terima melalui pengukuran inilah dapat diketahui karakteristik sinyal pada antenna penerima.

- b. Signal Generator
Alat ini digunakan untuk mengatur gain dan pola radiasi. Dalam pengukuran signal generator dihubungkan pada antenna pemancar yang bertugas sebagai pemberi level daya. Sinyal Generator juga merupakan perangkat atau alat yang dirancang RFSA juga salah satu alat pengukuran yang digunakan untuk menganalisis dan memantau spectrum radio. RFSA memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi, menganalisis dan memahami aktivitas pada berbagai frekuensi radio, yang sangat penting dalam berbagai aplikasi seperti telekomunikasi, penyiaran, dan pemantauan spectrum radio secara umum. Untuk menghasilkan sinyal listrik atau gelombang berdasarkan parameter tertentu seperti frekuensi, amplitude, dan bentuk gelombang. Sinyal generator digunakan dalam berbagai konteks, termasuk dalam uji coba peralatan elektronik, pemeliharaan, atau pengembangan sistem komunikasi. Dengan kemampuannya untuk menciptakan sinyal generator membantu dalam pengujian, pemecahan masalah, dan pengembangan sistem elektronik. Dalam tugas akhir ini signal generator digunakan untuk mengukur pola radiasi. Dalam pengukuran signal generator dihubungkan pada Antena pemancar yang bertugas sebagai pemberi level daya.
- c. VNA (*Vector Network Analyzer*)
Vector Network Analyzer atau VNA adalah alat pengukuran yang digunakan dalam bidang elektronika untuk menganalisis karakteristik respons dari perangkat sistem dalam domain VNA. VNA juga bisa digunakan untuk pengukuran VSWR dan *return loss*. VNA akan menampilkan data berupa grafik hasil pengukuran berupa VSWR dan *return loss* dalam bentuk fungsi frekuensi.

Tahapan Pengukuran Pola Radiasi Pesawat Boeing 737-8U3 Dengan Frekuensi VHF

Antena Pengukuran Pola Radiasi Pesawat Boeing 737-8U3 dengan Frekuensi VHF melibatkan serangkaian khusus dan peralatan yang memadai. Berikut adalah beberapa langkah umum yang dapat terlibat dalam pengukuran pola radiasi VHF pada pesawat yaitu:

- 1. *Chamber* Pengukuran atau *Antena Range*:
Gunakan chamber pengukuran gelombang radio atau antenna range yang dirancang khusus untuk memfasilitasi pengukuran pola radiasi. Pada tempat yang disekitarnya tidak terdapat benda yang menyebabkan pantulan. Pesawat ditempatkan dalam lingkungan ini untuk mengisolasi antenna dari gangguan eksternal dan memastikan pengukuran yang akurat.

2. Pengukuran Dilakukan Dalam Jarak Medan Jauh: Jaraknya dihitung terlebih dahulu sesuai dengan frekuensi kerja Antena.
3. Peralatan Pengukuran: Pilih peralatan pengukuran yang sesuai dengan frekuensi VHF, seperti *spectrum analyzer* atau *network analyzer*. Pastikan peralatan tersebut mampu menangani tentang frekuensi yang relevan untuk VHF.
4. Konfigurasi Pesawat: Tentukan konfigurasi pesawat untuk memastikan antena dalam posisi operasional normal. Ini mencakup posisi roda pendaratan, *flap*, dan konfigurasi lainnya yang sesuai dengan kondisi operasional penerbangan.
5. Perekaman dan Analisis Data: Rekam data kekuatan sinyal pada setiap arah dan sudut dengan cermat. Selanjutnya, analisis data tersebut untuk memahami pola radiasi pesawat pada frekuensi VHF dan memastikan bahwa antena memenuhi persyaratan.

Pentingnya untuk mencatat bahwa pengukuran pola radiasi pada pesawat melibatkan standar keamanan dan persyaratan untuk memastikan bahwa procedure pengukuran tidak memengaruhi sistem avionik atau komunikasi pesawat.

Hal yang harus dilakukan agar terhindar dari kesalahan ukur yaitu:

- a. Frekuensi sistem yang stabil.
- b. Kriteria medan jarak yang sesuai.
- c. Lingkungan yang terbebas dari pantulan atau refleksi.
- d. Lingkungan bebas *noise* dan interferensi benda sekeliling.
- e. Impedansi dan polarisasi yang sesuai.

Tahapan Perancangan Antena Referensi Sebagai Antena Pem-Banding Dalam Pengukuran VHF

Sebuah antena harus memenuhi suatu parameter kinerja yang dipilih. Oleh karena itu ditetapkan spesifikasi perancangan untuk memenuhinya. Pada pembuatan antena monopole memerlukan kawat tembaga dan lempengan tembaga yang berfungsi sebagai *ground plane* dan *connector*. Pengukuran dilakukan di depan laboratorium elektronika Universitas Nurtanio Bandung.

Antena dirancang untuk bekerja pada frekuensi 30-300 MHz. Dari nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan panjang gelombang. Seperti rumus berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

Dengan:

λ = Panjang gelombang (m)

f = Frekuensi (Hz)

c = Cepat rambat gelombang (m/detik)

Persamaan 3.1 di atas adalah untuk menghitung Panjang gelombang di udara. Dengan memasukan

parameter frekuensi dengan nilai 300 MHz dan cepat rambat gelombang 3×10^8 m/detik didapatkan Panjang gelombang sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{3.10^8}{300.10^6}$$

$$\lambda = 1 \text{ m}$$

Antena monopole akan bekerja seperti Antena dipole yang mana pantulan pada *ground plane* akan menggantikan fungsi dari setengah dipole yang dihilangkan tersebut, Oleh karena itu Antena monopole dikenal juga sebagai Antena dipole dengan seperempat panjang gelombang ($1/4 \lambda$). Maka panjang elemen vertikal pada antenna monopole:

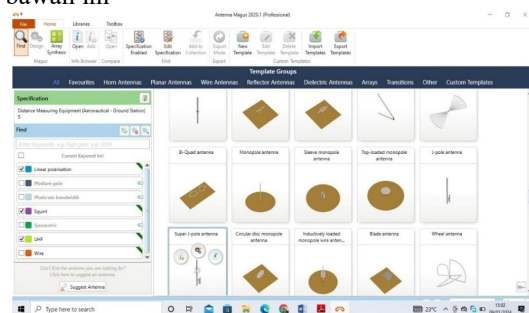
$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{1}{4}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

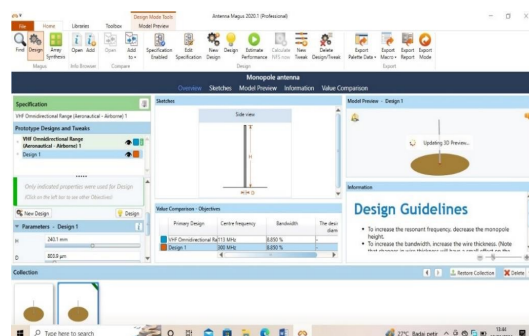
$$= 250 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan tersebut merupakan hasil perhitungan menurut Teoritis. Perhitungan ini belum dapat langsung digunakan karena faktor dari pengaruh lingkungan belum diperhitungkan. Perhitungan teoritis ini mutlak diperlukan agar simulasi maupun realisasi bisa langsung di mulai, tanpa perhitungan teoritis ini tidak akan diketahui dari mana percobaan akan dimulai.

Pembuatan *software* meliputi perancangan pembuatan Antena referensi yang menggunakan Antena magus yang dipilih pada model Antena monopole. Setelah itu memasukan nilai sebesar 300 MHz atau 0,3 GHz pada format "*Design Objectives*". Proses perancangan dengan *software* dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar Perancangan Dengan *Software*



Gambar Perancangan Dengan *Software*

Pada gambar di atas dapat dilihat dari hasil tersebut diperoleh parameter *design* Antena yaitu, tinggi elemen

240.1 mm dan diameter elemen 803.9 μm atau 8,039 mm.

Fabrikasi Antena Referensi

Fabrikasi adalah suatu rangkaian pekerjaan dari beberapa komponen material yang dirangkai dan dibentuk secara bertahap berdasarkan item-item tertentu hingga menjadi suatu bentuk yang dapat dipasang menjadi sebuah rangkaian alat. Tahapan fabrikasi antena dimulai dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan panjang gelombang. Perhitungan ini akan menentukan panjang dari kawat tembaga yang akan dibutuhkan. Dari hasil perhitungan membutuhkan kawat tembaga sepanjang (0,050 m.) Selanjutnya membuat *ground plane* dengan menggunakan lempengan tembaga. Dalam pembuatan *ground plane* ini sebaiknya lempengan tembaga di buat dengan tidak bersiku atau bulat. Karena lempengan tembaga yang bersiku akan mempengaruhi pola radiasi. Lalu, melakukan pengeboran di *ground plane* tersebut dengan ukuran yang sesuai *connector N-female*. Setelah pembuatan *Ground plane* hubungkan *ground plane* dan *connector N-female* dengan baut dan mur. Lalu solder kawat tembaga yang telah dipotong pada bagian atas *connector N-female*. Hingga antena yang sudah di fabrikasi dapat dilihat melalui gambar di bawah ini.



Gambar Tampak Depan Antena Monopole



Gambar Tampak Belakang Antena Monopole

Prinsip Skala Pesawat

Skala perbandingan ini digunakan untuk menghitung perbedaan pada skala pesawat miniature aluminium yang dipakai untuk pengukuran dengan pesawat aslinya yaitu pesawat *Boeing 737*. Pada tabel di bawah ini:

1. Miniatur Pesawat Aluminium

Dibawah ini terdapat table yang dapat dilihat dengan skala perbandingan miniature pesawat aluminium.

Skala	Hasil
Panjang Pesawat	54 cm
Lebar Sayap Pesawat	59 cm
Tinggi Pesawat	20 cm

2. Pesawat asli *Boeing 737*.

Dibawah dapat dilihat table skala perbandingan pesawat asli *Boeing 737*.

Skala	Hasil
Panjang Pesawat	3.947 cm
Lebar Sayap Pesawat	3.432 cm
Tinggi Pesawat	1.255 cm

Dari hasil tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil akhir dari skala perbandingan dengan rumus:

$$\text{Skala} = \frac{\text{Hasil pesawat asli}}{\text{Hasil miniatur pesawat}} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Pesawat} &= \frac{3.947}{54} = 73,09 \text{ cm} \\ \text{Lebar Sayap Pesawat} &= \frac{3.432}{59} = 58,16 \text{ cm} \\ \text{Tinggi Pesawat} &= \frac{1.255}{20} = 62,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jika hasil perhitungan tersebut sudah didapatkan, maka:

$$\begin{aligned} &\frac{P+LS+T}{3} \times 1 \\ &= \frac{194}{3} \times 1 = 64,6 \end{aligned}$$

Hasil akhir perhitungan tersebut dapat dibulatkan menjadi 65.

Jadi, skala perbandingan antara miniature pesawat yang dipakai dengan pesawat asli *Boeing 737-8U3* adalah 1:65.

HASIL PENGUKURAN

Hasil Pengukuran Antena Referensi Menggunakan VNA

Pada proses pengukuran pola radiasi pada Antena referensi ini dengan menggunakan alat VNA meter. Instrument ini memiliki rentang frekuensi kerja dari 50 MHz – 6.3 GHz. Frekuensi kerja dari Antena pemancar

adalah 30-300 MHz sehingga pengukuran Antena referensi oleh VNA dilakukan pada rentang frekuensi 30-300 MHz. Hasil pengukuran Antena referensi menggunakan VNA dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar Hasil Pengukuran Antena Referensi

Dari gambar di atas menampilkan layer dari VNA yang dapat diketahui sebagai berikut:

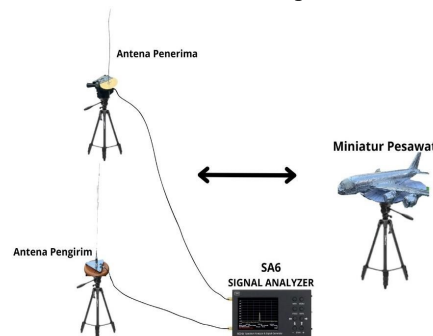
1. Frekuensi *start* dari frekuensi *stop* yang digunakan dalam pengukuran ini dapat dilihat dibagian bawah layer. Dimana frekuensi *start* yang digunakan adalah 10 MHz dan frekuensi *stop* yang digunakan adalah 700 MHz.
2. CSOLT yang tertera disamping kiri merupakan penanda bahwa alat VNA telah dilakukan kalibrasi.
3. Garis berwarna kuning merupakan posisi referensi dari Antena tersebut, dimana terdapat penanda 1,2 dan 3 yang menandakan letak frekuensi yang paling baik sesuai dengan spesifikasi Antena tersebut.
4. M1, M2, dan M3 merupakan format dari frekuensi dan nilai dari Antena tersebut. Dalam gambar 4.1 frekuensi yang diambil merupakan frekuensi dari M2 yaitu sebesar 110 MHz dimana frekuensi tersebut merupakan frekuensi yang paling spesifikasi Antena VHF yaitu 300 MHz.

Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Pola radiasi mempresentasikan arah pancaran dari medan atau gelombang suatu antena. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui arah pancar serta besarnya pengarahan antena tersebut. Dalam pengukuran pola radiasi alat yang digunakan yaitu SA6 atau *signal analyzer* dengan frekuensi 35 hingga 6200 Mhz. Sinyal yang diterima oleh AUT (*Antena Under Test*) ditransmisikan ke SA6 untuk dicatat level daya terima, beserta posisi azimuth dan elevasi AUT. Pencatatan dilakukan setiap perubahan posisi 5° baik untuk azimuth maupun elevasi. Azimuth dan elevasi disini diartikan sebagai arah perputaran dudukan antena yang digerakkan. Dengan demikian arah azimuth merupakan arah perputaran pada sumbu θ antena dan arah elevasi merupakan arah perputaran pada sumbu ϕ antena pada koordinat polar.

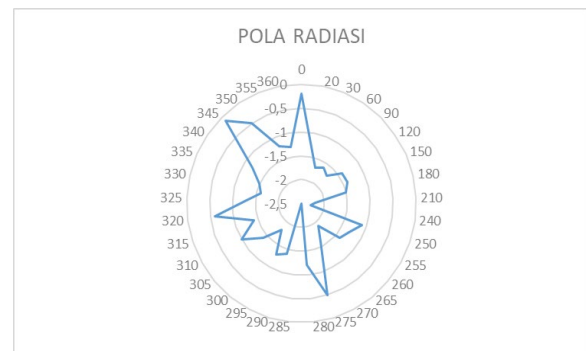
Pada pengukuran pola radiasi dengan frekuensi VHF dilakukan untuk menentukan bagaimana antena memancarkan dan menerima sinyal radio pada rentang frekuensi tersebut. Pengukuran ini dilakukan di ruang terbuka menggunakan *spectrum analyzer SA6* sebagai alat pengukur Antena. Dalam pengukuran ini *port* Antena

pemancar dihubungkan ke signal generator dan port Antena penerima dihubungkan ke RFAA seperti gambar di bawah ini. Dalam SA6 akan muncul angka yang berubah-ubah untuk pengambilan data dilakukan dengan mengambil modus lalu melakukan pencatatan dilaptop untuk dilihat hasil dari bentuk pola radiasi.



Gambar Pengukuran Pola Radiasi.

Dari pengukuran tersebut menggunakan miniatur pesawat yang sudah dilapisi aluminium agar pesawat dapat memantulkan frekuensi dari Antena pemancar ke Antena penerima. Agar menghasilkan hasil pada pola radiasi, miniatur pesawat digunakan dengan cara memutar pesawat tersebut dari 0° sampai 360° dengan setiap posisi miniatur pesawat tersebut diputar 5°. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil modus yang tertera pada gambar di bawah ini. Kumpulan hasil modus itu mendapatkan pola radiasi. Pola radiasi elevasi adalah distribusi energi radiasi Antena dalam bidang vertikal. Pola radiasi ini akan direkam dan dianalisis dalam bentuk diagram pola radiasi untuk memudahkan dalam membaca penyebaran dari pola radiasi Antena.



Gambar Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Analisis Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Walaupun nilai yang diperoleh berbeda cukup signifikan, akan tetapi secara umum pola radiasi pada hasil pengukuran mempunyai bentuk pola yang sama dengan hasil simulasi. Perbedaan nilai daya yang diterima ini dapat disebabkan akibat faktor lingkungan sekitar saat melakukan pengukuran tersebut yang memungkinkan terjadinya refleksi sinyal yang tidak diinginkan.

Analisa Faktor Penyebab Perbedaan Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Vhf Dengan Spesifikasi Pola Radiasi Antena Vhf.

Ada beberapa penyebab yang dapat mempengaruhi terjadinya perbedaan hasil dari pengukuran pola radiasi, yaitu sebagai berikut:

1. Kurangnya pemeliharaan rutin dan secara berkala yang dapat menurunkan kualitas kinerja Antena VHF.
2. Gangguan internal seperti kerusakan pada komponen sirkuit atau elektronika yang dapat disebabkan oleh umur dari Antena VHF.
3. Perubahan posisi atau orientasi Antena VHF karena adanya gangguan angin, atau yang lainnya.
4. Pengaruh lingkungan dikarenakan dalam proses pengukuran ini dilakukan di *outdoor* dimana banyak terjadi *noise* dan pantulan dari benda sekitar seperti kendaraan dan bangunan yang terdapat kaca.

KESIMPULAN

Dari pembahasan, perancangan dan metode pengukuran, kemudian uji fungsi dan analisis yang dilakukan terhadap Pengukuran Pola Radiasi Pada Pesawat *Boeing 737-8u3* Dengan Frekuensi VHF. Penulis mendapat kesimpulan, yaitu :

1. Pengukuran pola radiasi pesawat dapat dilakukan dengan menggunakan miniature pesawat skala 1:65 yang dilapisi aluminium, 2 buah Antena VHF serta alat ukur sinyal generator dan RFSA.
2. Pola radiasi pesawat *Boeing 737-8u3* terdeteksi 0° bagian ujung kepala pesawat, 90° bagian sayap kanan, 180° bagian ekor pesawat dan 270° bagian sayap kiri.

SARAN

Setelah diselesaikannya pembuatan alat ini, penulis ingin memberikan masukan atau saran kepada mahasiswa yang akan mengembangkan alat ini, diantaranya adalah :

1. Pengukuran bisa digunakan dengan tipe pesawat lainnya. Sehingga memperbanyak data base untuk pendeteksian pesawat (RCS).
2. Pengukuran dilakukan diruangan *anechoic chamber* agar tidak terjadi pantulan dari lingkungan sekitar, Sehingga pantulan hanya dari pesawat terbang saja.
3. Simulasi pola radiasi pesawat bisa disimulasikan dengan program Feko.

DAFTAR PUSTAKA

- Boeing. (1995). *Next-generation 737*. Diakses pada tanggal 10 desember 2023 dari The Boeing Company OfficialWebsite.
<https://www.boeing.com/commercial/737ng#Overview>
- Purnomo, F. S., & Bura, R. O. (2018). Optimasi aerodinamika-radar cross section (RCS pada Sayap) cropped delta dengan Metode design of experiments (DOE) Dan multi objective genetic algorithm | Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan. diakses pada tanggal 13 desember 2023 dari ITB Journal.
<https://journals.itb.ac.id/index.php/jipk/article/view/9922>
- Qadri, M. (2016). Makalah RADAR (Radio detection and ranging. Diakses pada tanggal 13 desember 2023 dari Academia.edu - Share research.
https://www.academia.edu/36737444/Makalah_RADAR_Radio_Detection
- Rakomindo. (2023). Mengenal Frekuensi HF, VHF Dan UHF. Diakses pada tanggal 14 desember 2023 dari Rakomindo - Spesialis Radio Komunikasi.
https://radiokomunikasi.com/mengenal-frekuensi-pada-perangkat-radio-komunikasi#Apa_itu_Frekuensi_VHF_Very_High_Frequency
- Rochim, T. A., Christyono, Y., & Prakoso, T. (2015). PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA V-VERTICAL GROUNDPLANE UNTUK KOMUNIKASI RADIO TRANSCEIVER PADA PITA VHF DAN UHF. Diakses pada tanggal 10 desember 2023 dari Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro,4(4),1038-1045.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/10585>
- Skolnik, M. I. (1980). *Introduction to radar systems* (Vol. 3, pp. 81-92). New York: McGraw-hill.
- UNIVERSITAS SAINS & TEKNOLOGI KOMPUTER. (2010). Frekuensi sangat tinggi. Diakses pada tanggal 14 desember 2023 dari Program Kelas Karyawan (Kuliah Online / Blended) | S1 | Terakreditasi | Universitas STEKOM,Semarang.
https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Frekuensi_sangat_tinggi