

## DESAIN DAN IMPLEMENTASI ANTENA TELEX 2x5/8λ UNTUK APLIKASI SISTEM PENYIARAN RADIO FM Design And Implementation Of 2x5/8λ Telex Antenna For FM Radio Broadcasting System Applications

Indra Jaya<sup>1</sup>, Cahyo Mustiko O.M.2<sup>1</sup>, Abdullah Zainuddin3<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Pada tugas akhir ini telah dirancang antena Telex 2x5/8λ yang di tujuakan untuk aplikasi penyiaran radio FM. Antena ini diharapkan bekerja pada rentang frekuensi 88-108 MHz. Antena ini didesain menggunakan software CST STUDIO SUITE 2011 Free Evaluation untuk mengetahui parameter antena yang memiliki  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ , gain  $3 \geq \text{dBi}$  dan pola radiasi yang bersifat omnidirectional.

Antena Telex memiliki dua elemen vertikal berupa batang konduktor aluminium dengan panjang  $5/8\lambda = 191,25 \text{ cm}$ , keduanya tersambung dengan Balun (Balance Unbalance) yang berfungsi untuk matching antena yang balance (dipole) dengan saluran transmisi yang unbalance (Kabel Koaksial). Bagian bawah antena terdapat ground plane sebanyak 8 batang konduktor dengan panjang masing-masing yaitu  $1/4\lambda = 76,5 \text{ cm}$ .

Perancangan antena Telex 2x5/8λ beroperasi pada frekuensi 98 MHz dan menghasilkan  $S_{11} = -16,62$  dan  $\text{VSWR} = 1,346$  untuk hasil simulasi, sedangkan pada hasil pengukuran menggunakan alat ukur VNWA, antena beroperasi pada frekuensi 99 MHz dengan  $S_{11} = -19,28$  dan  $\text{VSWR} = 1,24$ . Gain tertinggi antena yang didapatkan adalah sebesar 5,10 dBi pada frekuensi 97 MHz sedangkan pada frekuensi kerja antena di frekuensi 99 MHz hanya sebesar 4 dBi.

**Kata kunci:** Antena Telex 2x5/8λ, Antena Vertikal, Antena Omnidirectional, Antena Radio.

### ABSTRACT

In this final project has been designed 2x5/8λ Telex antenna which aimed to FM radio broadcasting applications. This antenna is expected to work in the frequency range of 88-108 MHz. This antenna designed using CST STUDIO SUITE 2011 Free Evaluation to determine the antenna parameters of which have  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ , gain  $\geq 3 \text{ dB}$  and radiation patterns that are omnidirectional.

Telex antenna have two vertical elements in the form of long aluminum conductor bars  $5/8\lambda = 191.25 \text{ cm}$ , both connected with Balun (Balance unbalance) which serves to balance matching antenna (dipole) with the unbalanced transmission line (Coaxial Cable). The lower part there is a ground plane antenna as much as 8 rod conductors with the length of each is  $1/4\lambda = 76.5 \text{ cm}$ .

2x5/8λ Telex antenna design operates at center frequency of 98 MHz and generate  $S_{11} = -16,62$  and  $\text{VSWR} = 1,346$  for the simulation results, while the results of measurements using a measuring instrument VNWA, the antenna operates at a frequency of 99 MHz with  $S_{11} = -19,28$  and  $\text{VSWR} = 1,24$ . Highest gain antenna is obtained to 5,10 dBi at a frequency of 97 MHz, while the resonant frequency of the antenna at the frequency of 99 MHz only 4 dBi.

**Keywords:** 2x5/8λ telex antenna, Vertical Antenna, Omnidirectional Antenna, Radio Antenna.

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan jaringan telekomunikasi telah menciptakan suatu dimensi baru dalam pelayanan telekomunikasi. Misalnya perkembangan kemampuan, ukuran, serta bentuk suatu antena sebagai piranti yang akan mentransformasi isyarat listrik menjadi gelombang elektromagnetik.

Antena memiliki banyak jenis dari bentuk yang sederhana sampai bentuk yang

sangat kompleks, setiap jenisnya memiliki karakteristik masing-masing dan kegunaannya telah banyak diterapkan untuk kepentingan telekomunikasi, antara lain sistem penyiaranradio FM. Sistem penyiaran radio FM membutuhkan sebuah antena yang dapat bekerja pada rentang frekuensi 88-108 MHz. Untuk menjangkau area yang lebih luas dalam *broadcasting* radio antena diharapkan memiliki sifat pancaran *omnidirectional*.

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram . Nusa Tenggara Barat, Inonesia  
Email:

Ada berbagai jenis antena yang bersifat *omnidirectional*. Antena *omnidirectional* yang populer adalah antena *Telex Hy-Gain* yang paling banyak digunakan untuk komunikasi radio 70cm-Band dan 2M-Band. Antena ini memiliki ukuran fisik  $2 \times 5/8 \lambda$  dengan bidang *ground* (*ground plane*) berupa batang konduktor Aluminium dan balun berupa lilitan yang diletakkan di tengah-tengah batang konduktor yang dapat difungsikan sebagai transformator untuk menyesuaikan impedansi antara saluran transmisi yang *unbalance* misalnya kabel *coaxial* dengan antena yang *balance* seperti antena *dipole*. Karakteristik antena ini belum banyak diketahui secara mendalam baik itu modeling maupun pengaplikasian untuk keperluan sistem penyiaran Radio FM.

Berdasarkan permasalahan di atas, timbul suatu gagasan untuk mendesain dan mengimplementasikan sebuah antena *Telex 2x5/8λ* melalui tahapan simulasi menggunakan *software CST STUDIO SUITE 2011 Free Evaluation*, dan dilanjutkan dengan memfabrikasi serta pengukuran, dengan tujuan dapat diaplikasikan untuk keperluan sistem penyiaranradio FM.

Penelitian dengan judul “Perbaikan Performansi Antena *Telex 2 M-Band* pada frekuensi 140 – 150 MHz dengan Modifikasi Sudut *Ground Plane* Kerucut”. Melakukan modifikasi pada bidang *ground plane* menggunakan plat aluminium berbentuk kerucut, untuk memperoleh *bandwidth* yang lebar, *gain* tinggi dan pola radiasi *omnidirectional*. Memperoleh hasil VSWR < 2, *bandwidth* lebar, *gain* tertinggi yaitu 1 dB terhadap antena telex biasa dan polaradiasi *omnidirectional* (Andiprayoto, 2005).

Penelitian dengan judul “Analisa Karakteristik Emisi Antena Telex Susunan Vertikal (*Vertikal Array*) Dan Susunan Horizontal (*Horizontal Array*)”. Melakukan penggabungan 2 buah antena *telex* untuk memperoleh *gain* >6 dB. Dengan susunan 2 buah antena dalam bentuk vertikal dan horizontal dan menganalisa jarak efisien antara bidang *ground* antena. Memperoleh hasil VSWR < 2, *gain* 5 dB dari antena susunan vertikal, dan 5.45 pada antena susunan horisontal dan pola radiasi yang bersifat *omnidirectional* pada antena susunan horizontal (Susilawati, 2005).

Penelitian dengan judul “Pembuatan Antena  $5/8 \lambda$  Pada Band VHF (30-300 Mhz) Dengan Sistem Polarisasi Circular”. Melakukan rancang bangun suatu antena yang berpolarisasi circular dengan tujuan

hasil pancaran dapat diterima dengan baik oleh penerima dengan polarisasi vertikal maupun horisontal, kemudian melakukan pengujian nilai-nilai parameter yang sudah ditentukan menggunakan alat ukur Signal Generator Hewlett Packard 8656B sebagai Pemancar dan Modulation Analyzer Hewlett Packard 8901A sebagai penerima. Penelitian ini memperoleh hasil perancangan yang dapat bekerja dengan baik pada frekuensi yang telah ditentukan yaitu 144 MHz, berpola radiasi *omnidirectional* dan VSWR adalah 1,09 (Andiprayoto, 2005).

Penelitian dengan judul “Perancangan antena monopole 900 MHz pada Modul ARF 7429B”.Melakukan perancangan antena monopole menggunakan teknologi komunikasi nirkabel ARF 7429B yang merupakan modul transceiver pada frekuensi 900MHz. Tujuan perancangan antena ini adalah dedasarkan pada kemudahan untuk mendapatkan bahan dan perancangan serta pola radiasi yang bersifat *omnidirectional*.Perancangan antena ini menggunakan *software* Antena *Magus 1.0.2 Professional*. Hasil pengukuran antena hasil fabrikasi diperoleh nilai *return loss* -17.69 dB, VSWR sebesar 1.3 pada frekuensi kerja 135 MHz, dan pola radiasi lingkaran pada bidang horizontal (Nugroho, 2014).

**Pengertian Antena.** Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetika. Antena sebagai alat pemancar (*transmitting antenna*) adalah sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (*receiving antenna*) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun (Alaydrus, 2011).

**Parameter-parameter Antena.** Untuk menjelaskan unjuk kerja suatu antena, perlu memahami pengertian beberapa parameter-nya. Parameter tersebut saling berhubungan dan tidak perlu semua parameter ditentukan untuk menggambarkan unjuk kerja antena secara lengkap (Balanis, 1989).

**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 ini berbentuk tiga dimensi (3D) atau pola ruang. Pola ini dibuat untuk mengukur

kuat medan pada setiap titik permukaan bola dengan antenna sebagai pusatnya.

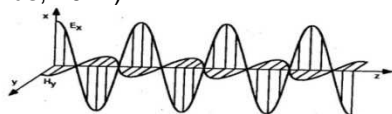
Di dalam pengukuran pola radiasi, faktor jarak jauh adalah factor yang sangat penting guna memperoleh hasil pengukuran yang baik dan teliti. Semakin jauh jarak pengukuran, pola radiasi yang digunakan tentu semakin baik hasil yang akan diperoleh. Untuk keperluan pengukuran ini ada suatu daerah dimana medan yang diradiasikan oleh antenna sudah dapat dianggap sebagai tempat medan jauh apabila jarak antar sumber radiasi dan tempat itu telah memenuhi ketentuan berikut.

$$r > 2D^2 / \lambda \dots\dots\dots(1)$$

dengan syarat  $r \geq D$  (kondisi medan jauh) dan  $r \geq \lambda$  (Stutzman, 1981).

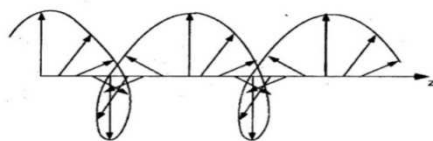
**Polarisasi Antena.** Polarisasi dari sebuah antenna menginformasikan ke arah mana medan listrik memiliki orientasi dalam perambatannya.

Pada polarisasi linier arah medan listrik tidak berubah dengan waktu, yang berubah hanya orientasinya saja (positif-negatif) (Alaydrus, 2011).



Gambar 1. Polarisasi Linier

Beda dengan polarisasi linier, pada gelombang yang mempunyai polarisasi eliptis, dengan berjalannya waktu dan perambatan, medan listrik dari gelombang itu melakukan putaran dengan ujung panah-panahnya terletak pada sebuah permukaan silinder dengan penampang elips (Alaydrus, 2011).



Gambar 2. Polarisasi Eliptis

**Direktivty.** Directivity suatu antenna didefinisikan sebagai rasio intensitas radiasi kea arah tertentu dari antenna dengan rata-rata intensitas radiasi melalui semua rata-rata intensitas radiasi sama dengan total daya radiasi oleh antenna dibagi oleh  $4\pi$ . Sedangkan perbandingan intensitas radiasi pada suatu antenna tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata dinamakan perolehan pengarahannya (*directivity gain*) (Stutzman, 1981).

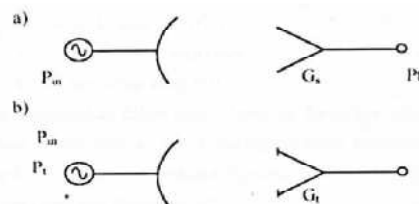
$$D = \frac{U(\theta,\varphi)}{U_{ave}} \dots\dots\dots(2)$$

**Penguatan (Gain).** Ketika antenna digunakan pada suatu system, biasanya lebih tertarik pada bagaimana efisien suatu antenna untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi. Gain antenna dapat dihitung dengan persamaan (Stutzman, 1981).

$$G_t = \frac{P_t}{P_s} G_s \dots\dots\dots(3)$$

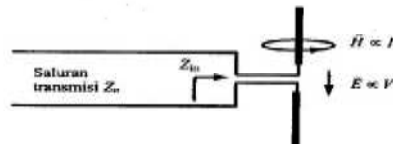
Atau jika dinyatakan dalam *decibel* adalah:

$$G_t(\text{dB}) = P_t (\text{dB}) - P_s (\text{dB}) + G_s (\text{dB}) \dots\dots\dots(4)$$



Gambar 3. Metode Pengukuran Gain Antena dengan Antena Standar. (a) pengukuran daya output yang diterima oleh antenna standar ( $P_s$ ), dan (b) pengukuran daya output yang diterima oleh antenna model ( $P_t$ )

**Impedansi Masukan.** Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang diberikan oleh antenna kepada rangkaian luar, pada suatu titik acuan tertentu. Seperti divisualisasikan pada gambar 2.5, saluran transmisi penghubung yang dipasangkan antenna akan melihat antenna tersebut sebagai beban dengan impedansi beban sebesar  $Z_{in}$ .



Gambar 4. Antena Sebagai Beban

Kondisi beban dengan impedansi  $Z_{in}$  yang dipasangkan pada saluran transmisi dengan impedansi gelombang sebesar  $Z_0$  akan mengakibatkan refleksi sebesar

$$r = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \dots\dots\dots(5)$$

Yang secara logaritma bisa dihitung dengan:

$$r_{dB} = 20 \log|r| \dots\dots\dots(6)$$

Selain dari itu dalam menguantifikasikan besaran refleksi, bisa digunakan rasio gelombang tegangan berdiri (*Voltage Standing Wave Ratio*) dengan hubungan (Alaydrus, 2011).

$$VSWR = \frac{1+|r|}{1-|r|} \dots\dots\dots(7)$$

**Voltage Standing Wave Ratio.** Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan kemampuan suatu antenna untuk bekerja pada

frekuensi yang diinginkan. Pengukuran VSWR berhubungan dengan pengukuran koefisien refleksi dari antena tersebut.

Perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar (V-) dan yang datang menuju beban (V+) ke sumbernya lazim disebut koefisien pantul atau koefisien refleksi yang dinyatakan dengan symbol “Γ” atau dapat dituliskan:

$$\Gamma = \frac{V_-}{V_+} \dots\dots\dots (8)$$

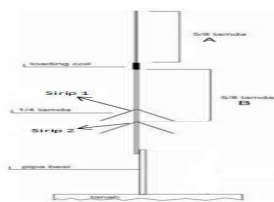
Maka untuk perhitungan VSWR

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots (9)$$

Besar nilai VSWR yang ideal adalah 1, yang berarti semua daya yang diradiasikan antena pemancar diterima oleh antena penerima (*match*) (Alaydruz, 2011).

**Lebar Band Frekuensi (Bandwidth).** *Bandwidth* sebuah antena didefinisikan sebagai interval frekuensi, di dalamnya antena bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan. Spesifikasi tersebut meliputi: diagram radiasi, tinggi dari *side lobe*, *gain*, polarisasi, impedansi masukan/faktor refleksi (Alaydruz, 2011)..

**Antena Telex.** Antena *Telex* adalah antena *omnidirectional* yang paling populer dan paling banyak dijumpai di pasaran dan di pakai oleh masyarakat. Antena *Telex* memiliki ukuran 2 x 5/8 λ dengan bidang *ground* (*ground plane*) berupa batang konduktor biasanya merupakan tabung logam aluminium.



Gambar 5. Antena Telex

Antena *Telex* umumnya digunakan pada jalur komunikasi dengan frekuensi 140 MHz – 150 MHz atau dikenal dengan jalur 2 *M-Band*. Antena ini merupakan pengembangan dari antena *grid plane* 5/8 λ yang telah ada sebelumnya (Andyprayoto, 2005).

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Bahan Yang Digunakan**

- Pipa aluminium 1”, 1/2”, 5/8” dan 3/8”
- Balun antena telex 2m-band
- Kawat Konduktor 1,5 mm

- Konektor dan kabel koaksial, kabel yang dipilih adalah kabel yang mempunyai impedansi 50 ohm.
- Baut

**Peralatan Yang Digunakan**

- *Software CST STUDIO SUITE 2011 Free Evaluation* untuk desain simulasi antena *Telex 2x5/8λ*
- Beberapa konektor
- Kabel *coaxial* RG 58A/U
- VNWA (*Vector Network Analyzer*)
- VHF *Analyzer*

**Prosedur Perancangan.** Secara sistematis prosedur perancangan dan simulasi antena *Telex 2x5/8λ*. Dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Sebagai langkah awal adalah mempersiapkan alat dan bahan.
- b. Merancang antena melalui perhitungan parameter-parameter antena dengan rumus antara lain :
  - Frekuensi kerja antena 98 MHz
  - *Gain* antenayang diinginkan adalah ≥ 3 dB
  - *VSWR* yang diinginkan 1 ≤ *VSWR* ≤ 2
- c. Melakukan simulasi menggunakan *Software CST STUDIO SUITE 2011 Free Evaluation*
- d. Melakukan pengujian hasil simulasi antena, apakah sesuai dengan parameter yang diinginkan yaitu frekuensi kerja antena 98 MHz dan 1 ≤ *VSWR* ≤ 2
- e. Jika frekuensi dan *vswr* yang diperoleh tidak sesuai dengan parameter yang diinginkan maka dilakukan optimasi terhadap ukuran dimensi. Jika telah sesuai dengan parameter yang diinginkan maka dilakukan pabrikan antena.
- f. Diperoleh hasil rancangan antena *Telex 2x5/8λ*.

Spesifikasi Antena Telex HY-GAIN 2m-Band dan Antena Telex 2x5/8λ

Tabel 1. Spesifikasi Antena Telex HY-GAIN 2m-Band.

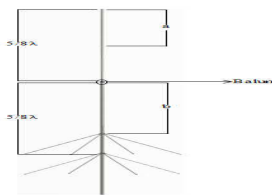
HY-GAIN V2R	
SPECIFICATIONS	
VSWR at Resonance	Less than 1.5:1
2:1 VSWR Band Width	10 MHz minimum
Power Gain	3 dBd (5.2 dBi)
Antenna/Mast Isolation	20 dB
Power Input	500 Watts continuous
Lightning Protection	DC ground
Height (nominal)	108 inches (2743 mm)
Wind Area	0.67 sq. ft. (.062 sq. m)
Maximum Mast O.D.	2 inches (51mm)
Hardware	18-8 stainless steel except for U-Bolts
Maximum Wind Survival (without ice)	105 mph (168.98 kmph)
Net Weight	6.3 lbs (2.86 kg)



Tabel 2. Spesifikasi Antena Telex 2x5/8λ Hasil Pengukuran

SPESIFIKASI	
VSWR	1,2:1 pada frekuensi 99 MHz
2:1 VSWR Bandwidth	9 MHz pada rentang frekuensi 95-103 MHz
Gain	1,84 dBd (4 dBi)
Panjang total:	432,5 cm (4,325 meter)
Berat	5,46 kg

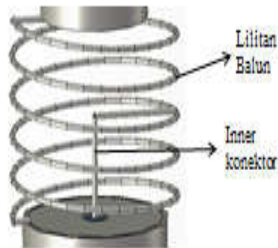
**Desain Antena.** Desain antena *Telex 2x5/8λ* ini terdiri dari beberapa elemen berupa batang konduktor yang merupakan tabung logam aluminium yang di susun vertikal dan akan bekerja pada frekuensi 98 MHz. Bentuk dari antena *Telex 2x5/8λ* yang akan di buat dapat dilihat pada gambar berikut:



(a) Tampak Samping



(b) Tampak Atas (Ground Plane)



(c) Balun

Gambar 6. Antena Telex 2x5/8λ

**Perhitungan Matematis Antena**

1. *Range* frekuensi untuk komunikasi radio FM adalah 88-108 MHz, agar antena dapat bekerja optimal maka frekuensi tengah dari *range* frekuensi radio FM yaitu:

$$f_{\text{frekuensi tengah}} = \frac{f_{\text{frekuensi tinggi}} + f_{\text{frekuensi rendah}}}{2}$$

$$f_{\text{frekuensi tengah}} = \frac{88 + 108 \text{ MHz}}{2}$$

$$f_{\text{frekuensi tengah}} = 98 \text{ MHz}$$

2. Panjang gelombang diudara (λ) :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{98 \times 10^6} = 3,06 \text{ m} = 306 \text{ cm}$$

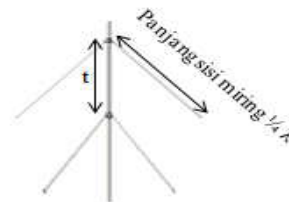
3. Perhitungan dimensi antenna. Dimensi antena yang akan dihitung adalah 5/8λ

yaitu batang konduktor yang akan disusun secara vertikal.

$$\frac{5}{8} \lambda = \frac{5}{8} \times 3,06 \text{ m} = 1,9125 \text{ m} = 191,25 \text{ cm}$$

4. Perancangan bagian *ground (ground plane)* antena Pada perancangan *ground* antena *Telex*, yang akan dihitung adalah panjang sisi miring *ground*, dan tinggi *ground* (t) dapat dihitung menggunakan rumus.

- Panjang sisi miring *ground plane*



$$\frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} \times 3,06 \text{ m} = 0,765 \text{ m} = 76,5 \text{ cm}$$

- Menghitung tinggi (t). Untuk menghitung tinggi (t) digunakan perhitungan berdasarkan pendekatan segitiga siku-siku sebagai persamaan dasar seperti berikut:



$$\sin \theta = \frac{t}{\text{panjang sisi}}$$

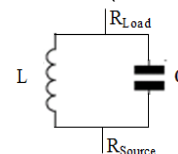
$$\sin 45^\circ = \frac{0,765 \text{ m}}{t}$$

$$0,707 = \frac{0,765}{t}$$

$$t = 0,707 \times 0,765 = 0,54085 \text{ m} = 54,085 \text{ cm}$$

5. Perancangan lilitan balun antena. Untuk merancang lilitan balun antena, belum ada rumus/persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlahnya, namun pada pengukuran ini menggunakan teori pendekatan antara mencari jumlah lilitan pada induktor dan *impedance matching network*.

- Mencari nilai reaktansi (X<sub>L</sub> dan X<sub>C</sub>)



Diketahui R<sub>load</sub> (R dipole) = 75 Ω dan R<sub>source</sub> (R coaxial) = 50 Ω maka nilai reaktansi (X<sub>L</sub> dan X<sub>C</sub>) adalah (Carr, 2011):

$$X_L = R_{load} \times \sqrt{\frac{R_{source}}{(R_{load} - R_{source})}}$$

$$= 75 \Omega \times \sqrt{\frac{50 \Omega}{(75 - 50 \Omega)}}$$

$$= 106,08 \Omega$$

$$X_C = \frac{R_{source} \times R_{load}}{X_L} = \frac{(50 \times 75 \Omega)}{106,08 \Omega}$$

$$= 35,35 \Omega$$

- Mencari nilai L (induktansi) untuk menentukan jumlah lilitan

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{106,08 \Omega}{2 \times 3,14 \times (9,8 \times 10^7)} = 0,172 \mu H$$

Maka jumlah lilitan dapat dihitung dengan persamaan (Putra, 2012):

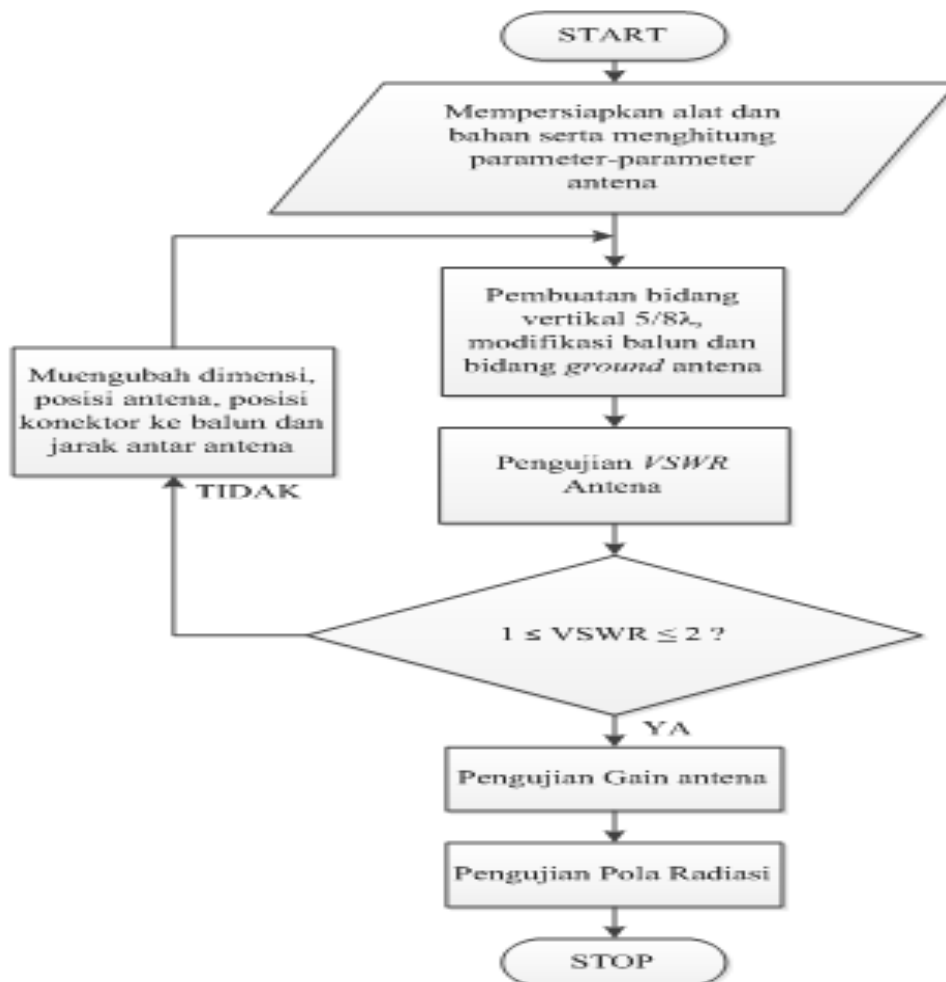
$$N = \frac{\sqrt{(9 \times r + 10 \times p) \times L}}{0,39 \times r^2}$$

Jadi jumlah lilitan adalah

$$N = \frac{\sqrt{(9 \times 0,58 + 10 \times 1) \times 0,172 \mu H}}{0,38 \times 0,58^2}$$

$$= 4,46 \text{ lilit} \approx 5 \text{ lilit}$$

PerancanganAntena. Berikutadalahalur dari proses perancanganantena:



Gambar 7. Diagram Alur Proses PerancanganAntena Telex 2x5/8λ

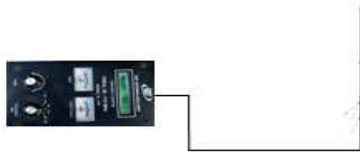
**Pengujian Hasil Pembuatan Antena Pengujian VSWR**

a. Menggunakan VNWA (Vector Network Analyzer)



Gambar 8. Konfigurasi pengukuran antenna menggunakan VNWA

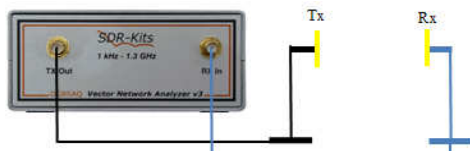
b. Menggunakan VHF Analyzer



Gambar 9. Konfigurasi pengukuran antenna menggunakan VHF Analyzer

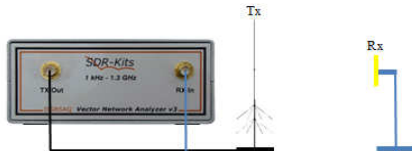
**Pengujian Gain Antena.** Untuk pengukuran antena ini menggunakan metode 2 antena. Pada pengukuran antena menggunakan VNWA, hasil yang diperoleh untuk mendapatkan nilai gain adalah menggunakan S-Parameter yaitu S21.

a. Rangkaian peralatan untuk mengukur gain antena identik



Gambar 10. Rangkaian peralatan untuk mengukur gain antena identik.

b. Rangkaian peralatan untuk mengukur gain antena telex 2x5/8λ



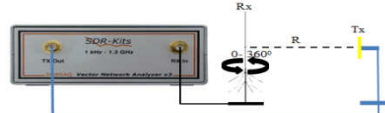
Gambar 11. Rangkaian peralatan untuk mengukur gain antena telex 2x5/8λ.

Proses pengukuran gain antena telex 2x5/8λ dilakukan di luar ruangan, dengan mengubah-ubah jarak pengukuran antar antena yaitu dari jarak 10 meter sampai dengan jarak 5 meter.

**Pengujian Pola Radiasi**

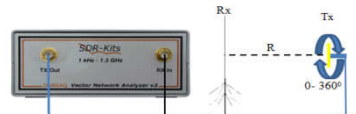
a. Pola Radiasi Horizontal. Pada pengukuran pola radiasi horizontal, antena telex

digunakan sebagai penerima, dan antena dipole sebagai referensi digunakan sebagai pengirim.



Gambar 12. Rangkaian konfigurasi pengukuran pola radiasi horizontal.

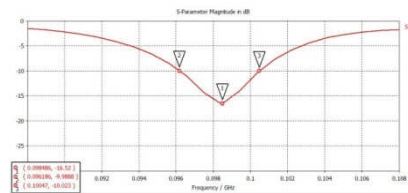
b. Pola Radiasi Vertikal



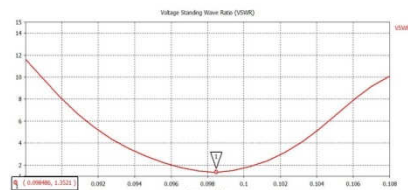
Gambar 13. Rangkaian konfigurasi pengukuran polaradiasi vertikal.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

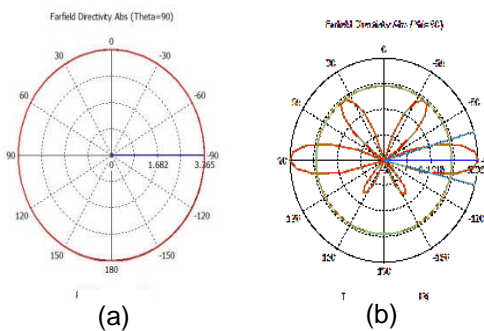
**Analisis Hasil Simulasi**



Gambar 14. Return Loss hasil simulasi antena telex 2x5/8λ



Gambar 15. VSWR hasil simulasi antena telex 2x5/8λ



Gambar 16. Pola radiasi pada bidang H (a) dan bidang E (b) hasil simulasi antena telex 2x5/8λ

**Hasil Perubahan Panjang Bidang Vertikal Antena**

Tabel 3. Hasil simulasi antena dengan perubahan terhadap panjang bidang vertikal antenna.

Panjang (5/8λ)	Frekuensi	VSWR	Return
(5/8λ)	98,48	1,35	-16,52
(5/8λ) + 20	97,94	1,39	-15,35
(5/8λ) + 40	97,30	1,37	-16,03
(5/8λ) + 60	96,55	1,34	-16,35
(5/8λ) - 20	98,79	1,37	-16,32
(5/8λ) - 40	99,24	1,367	-16,25
(5/8λ) - 60	99,85	1,387	-16,15

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa setiap perubahan dimensi bidang vertikal antena, jika panjang bidang vertikal antena ditambah maka frekuensi kerja akan menurun, sebaliknya jika panjang bidang vertikal antena dikurangi maka frekuensi kerja akan naik.

**Hasil Perubahan Tap Pada Lilitan Antena**

Tabel 4. Hasil simulasi dengan perubahan pada tap lilitan antenna.

Tap Lilitan ke	Frekuensi (Mhz)	VSWR	Return Loss
X Y - -			
2	95,194	2,55	-7,18
3	99,393	1,23	-19,7
4	103,14	1,42	-15,2
2	98,486	1,35	-16,5
3	102,18	1,39	-15,9
4	106	1,8	-11,1
2	-	-	-
3	101,29	1,30	-17,6
4	105,07	1,63	-12,3
2	-	-	-
3	105,09	1,72	-11,5
4	105	1,6	-11,6

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa setiap perubahan tap lilitan antena baik dari koordinat X, Y, -X dan -Y terjadi perubahan pada hasil simulasi baik itu frekuensi kerja, VSWR, maupun return loss.

**Hasil Perubahan Posisi Sirip (Ground Plane) Antena**

Tabel 5. Hasil simulasi dengan perubahan posisi sirip antena

Posisi	Frekuensi	VSWR	Return
0	98,48	1,35	-16,52
+10 cm	105,1	1,70	-11,70
+20 cm	106,04	1,69	-11,72
+30 cm	106,03	1,67	-11,96
-10 cm	105,1	1,74	-11,36
-20 cm	105,1	1,77	-11,11
-30 cm	104,15	1,75	-11,21

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa setiap dilakukan perubahan terhadap posisi sirip antena, juga akan terjadi perubahan baik terhadap frekuensi, VSWR maupun Return Loss.

**Poses Pabrikasi Antena**

1. Pembuatan elemen vertikal 2x5/8λ



(a) Atas (b) Bawa

Gambar 18. Hasil pembuatan Elemen verikal 2x5/8λ

2. Pembuatan Balun antena



Gambar 19. Hasil pembuatan dan penempatan posisi tap lilitan.

3. Pembuatan Sirip (Ground Plane)



Gambar 20. Hasil pembuatan sirip

4. Hasil pabrikasi antena Telex 2x5/8λ

5.

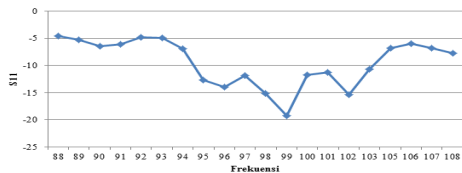


Gambar 21. Hasil pabrikasi antena Telex 2x5/8λ

**Pengukuran Port Tunggal Antena Telex 2x5/8λ.** Pengukuran return loss dilakukan dengan menggunakan alat ukur SDR-Kits DG8SAQ VNWA (Vector Network Analyzer) V.3.



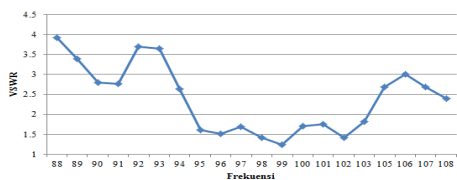
**Hasil Pengukuran Return Loss Antena Telex  $2x5/8\lambda$ .** Antena *telex* yang diukur adalah antena yang sesuai dengan ukuran antena hasil simulasi menggunakan *software* dengan frekuensi kerja di 98 MHz dengan VSWR mendekati 1 (satu).



Gambar 22. Grafik Return loss antena Telex

Dari gambar 22 pada pengukuran antena dengan frekuensi kerja 98 MHz, didapatkan minimum *return loss* sebesar -19,280 dB pada frekuensi 99 MHz.

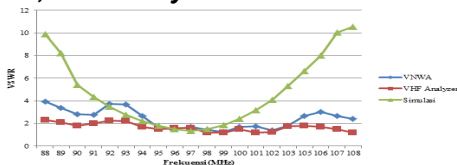
**Hasil Pengukuran VSWR Antena Telex  $2x5/8\lambda$**



Gambar 23. Grafik VSWR hasil pengukuran antena Telex  $2x5/8\lambda$

Pada gambar 23 nilai VSWR mendekati 1 adalah pada frekuensi 99 MHz dengan rentang frekuensi yang memiliki nilai VSWR dibawah 2 yaitu dari 95 – 103 MHz.

**Perbandingan Hasil VSWR Menggunakan VNWA, VHF Analyzer Dan Hasil Simulasi**



Gambar 24. Grafik Perbandingan VSWR meliputi hasil simulasi dan pengukuran menggunakan VNWA dengan VHF Analyzer

Dari gambar 24 dapat dilihat bahwa pengukuran menggunakan *VHF analyzer* pada frekuensi 98 MHz didapatkan nilai VSW 1,2, sedangkan pada hasil simulasi pada frekuensi 98 MHz didapatkan VSWR sebesar 1,35.

**Pengukuran Gain.** Metode yang digunakan pada pengukuran *gain* ini adalah dengan menggunakan antena *dipole* sebagai pemancar dan antena *telex* sebagai penerima. Untuk menentukan nilai *gain* pada

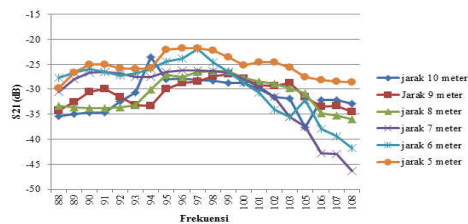
metode ini menggunakan persamaan *Friis* seperti yang di tunjukkan oleh persamaan (10).

$$Pr = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 GrGrPt \dots \dots \dots (10)$$

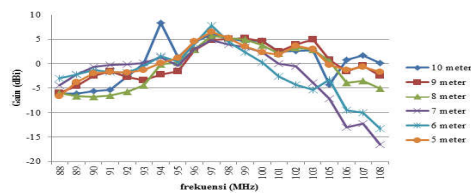
Maka nilai *gain* dapat dihitung menggunakan persamaan (11) (Hillbun, 2010):

$$S21(dB) = PL (dB) + Gt (dB) + Gr (dB) ,(11)$$

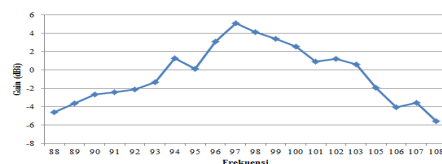
**Hasil Pengukuran Gain**



Gambar 25. Grafik perbandingan S21 dari jarak 10 meter sampai 5 meter



Gambar 26. Grafik perbandingan *gain* antena telex  $2x5/8\lambda$  dalam dBi



Gambar 27. Grafik rata-rata *gain* antena telex  $2x5/8\lambda$

Dari gambar di atas, dapat dilihat perhitungan rata-rata *gain* dapat diketahui bahwa antena memiliki *gain* tertinggi pada frekuensi 97 MHz sebesar 5,10 dBi.

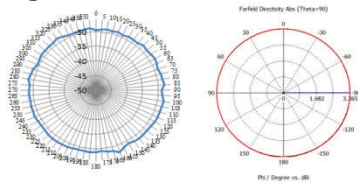
**Pengukuran Pola Radiasi.** antena *dipole* yang berfungsi sebagai antena pemancar dan antena *telex* berfungsi sebagai penerima, kedua antena dipisahkan sejauh R. Agar dapat bekerja pada medan jauh (*far-field*) dibutuhkan jarak pisah minimum ( $r_{min}$ ), yang besarnya dapat ditentukan dengan persamaan (12).

$$r_{min} = \frac{2D^2}{\lambda} \dots \dots \dots (12)$$

Antena *telex* diputar searah jarum jam sejauh  $0^0 - 360^0$  untuk pola radiasi horisontal. Sedangkan untuk pola radiasi vertical, antena *dipole* diputar searah jarum jam sejauh  $0^0 - 360^0$  dengan kenaikan  $50^0$ . Format

pengukuran adalah menggunakan parameter  $S_{21}$  (dB).

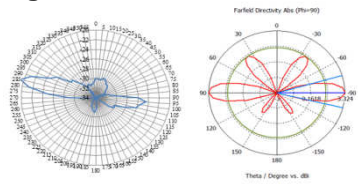
**Hasil Pengukuran Pola Radiasi Horizontal**



(a) (b)  
Gambar 28. Pola radiasi horizontal hasil simulasi (a) dan pengukuran (b) antenna

Dari grafik pola radiasi di atas dapat dilihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan oleh antenna telex meradiasi ke segala arah *omnidirectional* pada bidang horizontal.

**Hasil Pengukuran Pola Radiasi Vertikal**

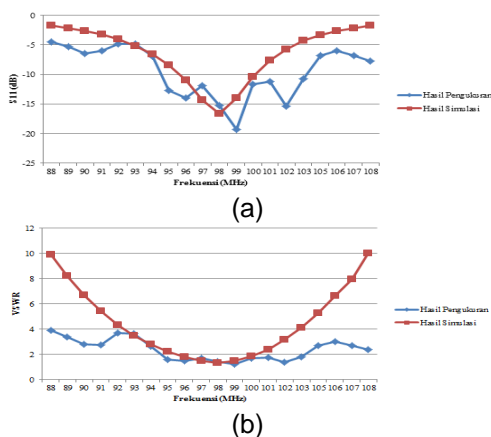


(a) (b)  
Gambar 29. Pola radiasi vertikal hasil pengukuran (a) dan simulasi (b) antenna

Dari grafik pola radiasi di atas dapat dilihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan oleh antenna telex sudah mendekati pola radiasi berdasarkan hasil simulasi pada bidang vertikal, yaitu bersifat *broadside*.

**Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran.** Menganalisis mengenai perbedaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran yang meliputi *return loss* dan *VSWR*

**Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Return Loss dan VSWR**



(a) (b)  
Gambar 30. Grafik *return loss* dan *VSWR* antenna Telex 2x5/8λ (a) Perbandingan *return loss* hasil simulasi dan hasil pengukuran dan (b) erbandingan *VSWR* hasil simulasi dan hasil pengukuran

Dari gambar 30 (a) dan 30 (b) di atas dapat dilihat bahwa analisis yang dapat diberikan pada perbandingan hasil simulasi dan pengukuran untuk keempat gambar di atas akan diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil simulasi dengan hasil pengukuran *return loss* antenna Telex 2x5/8λ.

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran Menggunakan VNWA
Bandwidth	100 – 96 MHz (5 MHz)	103 - 95 MHz (9 MHz)
Frekuensi Tengah	98 MHz	99 MHz
Return Loss	-16,52 dB	-19,28 dB
VSWR	1.35	1.24

Dari tabel di atas dapat dilihat pada hasil pengukuran terjadi pergeseran frekuensi dan memiliki *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan hasil simulasi.

**KESIMPULAN**

- Berdasarkan desain simulasi menggunakan *Software CST STUDIO 2011 Free Evaluation* dengan melalui beberapa tahap pengujian dengan mengubah beberapa dimensi antenna dan diperoleh:
  - Setiap melakukan perubahan bidang vertikal antenna dengan penambahan panjang sebesar 20 cm maka frekuensi kerja akan mengalami penurunan sebaliknya dengan mengurangi panjang antenna sebesar 20 cm maka frekuensi kerja akan mengalami kenaikan, dan didapatkan rata-rata frekuensi kerja sebesar 98,30 MHz dan *return loss* sebesar -16,13 dB.
  - Setiap melakukan perubahan posisi tap pada lilitan frekuensi kerja dan *return loss* antenna akan mengalami perubahan dengan nilai rata-rata frekuensi sebesar 102,8 MHz dan *return loss* sebesar -11,907 dB.
  - Setiap melakukan perubahan posisi sirip antenna dengan menggeser sepanjang 10 cm ke atas dan 10 cm ke bawah maka frekuensi kerja dan *return loss* akan mengalami perubahan dengan nilai rata-rata frekuensi kerja sebesar 104,28 MHz dan *return loss* sebesar -12,22 dB.
- Hasil pengukuran *VSWR* menggunakan *VHF Analyzer* didapatkan nilai yang lebih mendekati ideal (1:1) yaitu pada frekuensi

94 – 108 MHz dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan VNWA (*Vector Network Analyzer*) yang mendekati nilai ideal pada frekuensi 95 – 103 MHz.

3. Nilai hasil pengujian *gain* terhadap antena telex menggunakan alat ukur VNWA (*Vector Network Analyzer*) dan diperoleh rata-rata nilai *gain* tertinggi pada frekuensi 97 MHz dengan nilai *gain* 5.10 dBi, sedangkan *gain* pada frekuensi yang ditentukan yaitu pada frekuensi 98 MHz diperoleh nilai *gain* sebesar 4.11 dBi.
4. Pola radiasi yang didapatkan pada pengukuran antena telex bersifat *omnidirectional* yaitu memancarkan kesegala arah sejauh  $360^{\circ}$  pada bidang horizontal dan pada bidang vertikal pola radiasi yang didapatkan adalah bersifat *broadside* dengan maksimum radiasi pada  $\theta = 30^{\circ}$ .
5. Berdasarkan analisis hasil simulasi dan hasil pengukuran terjadi pergeseran frekuensi kerja antena, dengan frekuensi kerja hasil simulasi yang diperoleh adalah pada 96 – 100 MHz dan lebar bandwidth 5 MHz sedangkan hasil pengukuran diperoleh pada frekuensi 95 -103 MHz dan lebar bandwidth 9 MHz dengan hasil terbaik yang didapatkan adalah pada frekuensi 99 MHz

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andiprayoto, Rudy., 2005, *Perbaikan Performansi Antena Telex 2 M-Band dengan Modifikasi Sudut Ground Plane Kerucut*, Tugas Akhir, Universitas Mataram, Mataram.
- Alaydrus, Mudrik., 2011, *Prinsip dan Aplikasi Antena*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Balanis, A.C., 1989, *Antena Theory: Analysis And Design*, Harper & Row, New York.
- Carr, J.J., 2011, *Practical Antenna Handbook*, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York.
- Hillbun, Michael., 2010, *Practical Antennas: Antenna Measurements*.
- Nugroho, Budi., 2014, *Perancangan Antena Monopole 900 MHz Pada Modul ARF 7429B*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putra, A.I., 2012, *Analisa Karakteristik Induktor Toroid Pada Rangkaian Booster*, Tugas Akhir, Universitas Indonesia, Depok, hal. 8.
- Stutzman, W.L., 1981, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Susilawati, Eka., 2005, *Analisa Karakteristik Emisi Antena Telex Susunan Vertikal (Vertikal Array) Dan Susunan Horizontal (Horizontal Array)*, Tugas Akhir, Universitas Mataram, Mataram.
- Setiawan, Budi., 2009, *Pembuatan Antena  $5/8\lambda$  Pada Band VHF (30-300 MHz) Dengan Sistem Polarisasi Circular*, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang.