

RANCANG BANGUN DAN ANALISIS *SECTORAL ANTENNA* RADIASI *SEMICIRCULAR* FREKUENSI 2.4GHZ UNTUK APLIKASI IEEE 802.11b/g

PLANT DESIGN AND ANALYZE *SECTORAL ANTENNA* SEMICIRCULAR RADIATION AT FREQUENCY 2.4GHZ FOR IEEE 802.11b/G

Baharudin Yudha Permana, Hesti Susilawati, Priswanto
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Mayjen Sungkono Km 5, Blater Purbalingga 53371
Telp. (0281) 6596700

Abstract

Sectoral antenna is a widely used antenna for wireless communications IEEE 802.11b/g or Wi-Fi due to its large gain and ability to determine covered area. In this research, a sectoral antenna 2.4GHz frequency with semicircular radiation for IEEE 802.11b/g applications was designed and built. Design and simulation is done by 4NEC2 software. In order to get a better performance, the design was firstly optimized. Antenna parameters studied in this research are Gain, Radiation Pattern H-plane and E-plane, Directivity, Efficiency, and VSWR. Result shown that the simulated performance of sectoral antenna after optimization are 13.27 dBi Gain, 120 ° H-plane beamwidth, 10 ° E-plane beamwidth, 15.36 dB Directivity, 95.95% Efficiency, and 1.37 VSWR. While real performance testing of sectoral antenna in the field are 13 dBi Gain, 125 ° H-plane beamwidth, 15 ° E-plane beamwidth, 13.42 dB Directivity, 90.68% Efficiency, and 1.6 VSWR. There are some differences in performance between simulation and application in practice. Among the causes are the accuracy of manufacturing, quality of materials used, environmental conditions of measurement process, measurement precision, and accuracy of the instrument used. Overall, a sectoral antenna has been created properly and can be used to accommodate 2.4 GHz frequency communication, namely IEEE 802.11b/g.

Keywords: antenna, sectoral, semicircular, IEEE 802.11b/g.

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Antenna sectoral banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, namun sayangnya harganya relatif mahal dan hanya sedikit yang mengetahui prinsip fabrikasinya. Dengan perencanaan yang tepat, *antenna sectoral* dapat dibangun dengan cara yang relatif tidak terlalu rumit. Dalam penelitian ini, diulas tentang prinsip dasar disertai perancangan *sectoral antenna* dengan pola radiasi *semicircular* (mendekati

setengah lingkaran), dan pemakaiannya di frekuensi 2.4 GHz untuk aplikasi IEEE 802.11b/g atau Wi-Fi.

I.2. Perumusan Masalah

Bagaimana perancangan *sectoral antenna* radiasi *semicircular* pada frekuensi 2.4GHz? Parameter apa saja yang perlu diperhatikan? Bagaimana performansi dari rancangan *antenna* tersebut?

I.3. Hipotesa

Sectoral Antenna dapat dirancang berdasar prinsip *Franklin Antenna* yang dikembangkan dengan penambahan *reflector*. Parameter yang perlu diperhatikan antara lain *Gain*, *Radiation Pattern*, *Directivity*, *Efficiency*, dan *VSWR*. Performa yang diperkirakan dari *antenna* ini adalah *Gain* 12dBi, *Horizontal beamwidth* 120°, *Efficiency* 50%-60%, dan *VSWR* ≤ 1,92.

I.4. Batasan Masalah

1. *antenna* dirancang menggunakan prinsip *Amos Sectoral Antenna* (*Franklin Antenna* yang dikembangkan menjadi *sectoral antenna* oleh Dragoslav Dobričić),
2. *antenna* dirancang untuk frekuensi 2.4GHz dan terdiri dari 5 elemen,
3. parameter yang akan diuji adalah *Gain*, *Radiation Pattern* (Pola Radiasi) bidang H dan E, *Directivity*, *Efficiency*, dan *VSWR*,
4. *losses* akibat kabel dan *connector* diabaikan.

I.5. Tujuan Penelitian

1. mengetahui prinsip dan perancangan *sectoral antenna* yang bekerja pada frekuensi 2.4GHz,
2. mengetahui parameter yang harus diperhatikan dalam pembuatan atau perancangan *sectoral antenna*,
3. mengetahui performansi *sectoral antenna* yang dirancang dan mengaplikasikan di kehidupan sehari-hari.

I.6. Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis mengulas tentang pembuatan *sectoral antenna* dan juga mengoptimasi desain yang telah dibuat oleh Dragoslav Dobričić beserta performansinya. Optimasi dilakukan dengan mengadaptasi turunan dari *Franklin Antenna*, yaitu *Amos Sectoral Antenna* oleh Dragoslav Dobričić, kemudian dioptimasi dengan *software* 4NEC2, hasilnya

dibandingkan dan dipilih yang terbaik untuk menjadi dasar pembangunan *antenna*. Hasil pengujian juga dihimpun dalam laporan, sehingga keaslian penelitian dapat dipertanggungjawabkan.

I.7. Manfaat Penelitian

1. memberikan gambaran perancangan *sectoral antenna* dan menguji performansinya,
2. tambahan referensi tentang *antenna* pada umumnya dan *sectoral antenna* pada khususnya
3. sebagai solusi alternatif *antenna* pada frekuensi 2.4GHz untuk aplikasi IEEE 802.11b/g yang terjangkau sehingga dapat melengkapi kebutuhan komunikasi *wireless*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian *Antenna*

Antenna adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik (Alaydrus, 2011).

II.2. Parameter Penting pada *Antenna*

II.2.1. *Gain*

Gain merupakan parameter yang menentukan seberapa besar sebuah *antenna* memfokuskan energi pancarannya (Alaydrus, 2011). *Gain* dapat dihitung menggunakan *gain-transfer method*:

$$(G_t)_{dB} = ((P_t)_{dBm} - (P_s)_{dBm}) + (G_s)_{dB} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

G_t = *Gain antenna* yang dites / diukur (dB)

G_s = *Gain antenna* referensi (dB)

P_t = Kuat sinyal max diterima *antenna* terukur (dBm)

P_s = Kuat sinyal max diterima *antenna* referensi (dBm)

II.2.2. Pola Radiasi

Pola radiasi *antenna* atau *radiation pattern* adalah parameter yang menjelaskan ke arah sudut mana sebuah *antenna* memancarkan atau mendistribusikan energinya (Alaydrus, 2011).

II.2.3. Directivity

Directivity adalah parameter yang menyatakan perbandingan antara kerapatan daya maksimal dengan kerapatan rata-rata (Milligan, 2005). *Directivity* dinyatakan :

$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- D = *Directivity*
- θ_H = *H-plane half-power beamwidth* (derajat)
- θ_E = *E-plane half-power beamwidth* (derajat)

II.2.4. Efficiency

Efisiensi adalah sejauh mana *antenna* dapat memancarkan dayanya (*gain*) ke arah *beamwidth* utamanya (*directivity*). Sehingga perhitungan efisiensi *antenna* yaitu :

$$k = \frac{G}{D} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

- k = *Efficiency* (dalam persen)
- G = *Gain antenna* (*dimensionless*)
- D = *Directivity antenna* (*dimensionless*)

II.2.5. VSWR

VSWR adalah perbandingan tegangan maksimum dan tegangan minimum gelombang berdiri pada saluran transmisi. Sebuah *antenna* mempunyai performa VSWR yang bagus apabila $VSWR \leq 1,92$ (Alaydrus, 2011). VSWR dinyatakan :

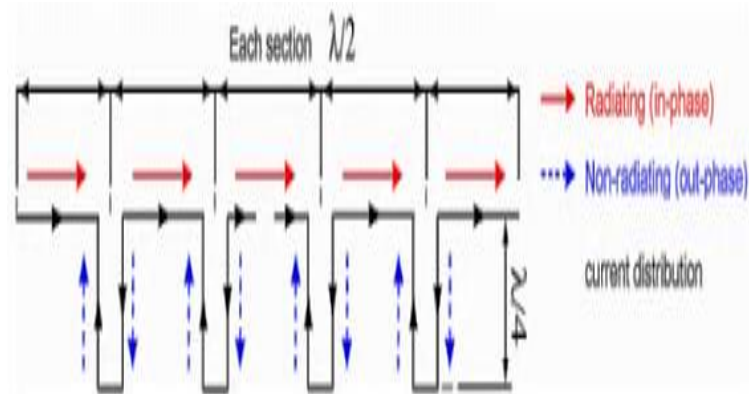
$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- VSWR = rasio gelombang tegangan berdiri
- Γ = koefisien pantul

II.3. Franklin Antenna

Antenna Franklin adalah *antenna* dengan tambahan sebuah *phase-reversing stub* atau *stub* pembalik fasa di setiap ujung elemen $\frac{1}{2} \lambda$, dimana panjang tiap elemen *stub* ini adalah $\frac{1}{4} \lambda$. Dengan adanya *stub* ini, fasa berlawanan dari arus yang mengalir di kawat radiator dapat ditekan, dan menghasilkan arus dengan fasa yang searah di sepanjang kawat. Sehingga lobes yang semula banyak terbentuk akibat perbedaan fasa dapat ditekan, daerah *null* berkurang dan terjadi pemusatan energi di daerah *feed*. Gambar 2.1 adalah rancangan orisinal *antenna Franklin* dengan 5 elemen dengan impedansi 200Ω .

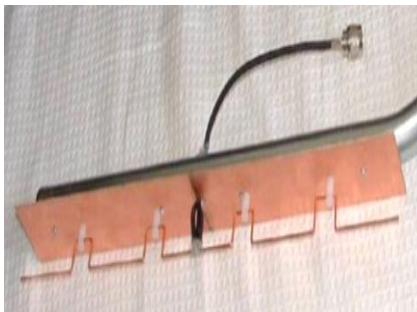


Gambar 2.1 Antenna Franklin Horizontal 5 Elemen

II.4. Sectoral Antenna oleh Dragoslav Dobričić

Dragoslav Dobričić, seorang RF *Engineer* dari Serbia, membuat rancangan *sectoral antenna* yang diterbitkan di *AntenneX, Issue No. 127, November 2007*. Dobričić menggunakan prinsip *Antenna Franklin* lima elemen dengan tambahan *reflector* logam untuk

membentuk pola *semicircular*. Digunakan kawat tembaga diameter 2mm untuk *radiator*, PCB untuk *reflector*, konektor tipe N, dan RG-58 untuk *feed* dan BalUn nya. Gambar 2.2 merupakan hasil rancangan Dobričić yang diberi nama *Amos Sectoral Antenna*.



Gambar 2.2 Amos Sectoral Antenna Dragoslav Dobričić

II.5. *Sectoral Antenna* oleh Dan Santillan

Dan Santillan juga membuat *sectoral antenna* lima elemen dari Franklin *Antenna* dan reflektor seperti gambar 2.3. *Antennanya* menggunakan kawat las tembaga diameter 2mm untuk *radiator*, lempengan aluminium untuk *reflector*, dan konektor tipe-N untuk *feed* dan RG-58 untuk BalUn-nya.



Gambar 2.3 Sectoral Antenna oleh Dan Santillan

II.6. Bagian – bagian *Antenna*

Radiator adalah bagian dari *antenna* yang secara khusus dirancang untuk menghasilkan dan memancarkan sinyal RF. *Reflector* berfungsi

mengarahkan gelombang elektromagnet ke arah tertentu dan membentuk berkas pancaran sesuai dengan kebutuhan. *Feed Line* adalah kabel atau bahan transmisi lainnya yang menghubungkan *antenna* dengan radio *transmitter* atau *receiver*. *Connector* digunakan sebagai penghubung kabel koaksial dengan *antenna* dan perangkat radio. *Balun (Balance–Unbalance)*, berguna untuk menghubungkan *antenna* yang *balance* dengan *feed line* yang *unbalance*, dapat pula digunakan untuk *matching impedance*.

II.7. *Wireless LAN*

Wireless Local Area Network atau WLAN merupakan salah satu jaringan komputer bersifat lokal yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisi data (Sofana, 2008). Informasi data elektronik ditransfer dari satu komputer ke komputer lain melalui gelombang radio. Spesifikasi IEEE 802.11 b/g ini bekerja pada frekuensi 2400 MHz sampai 2483,5 MHz, terdiri dari 11 channel, masing-masing selebar 22 MHz dan berjarak 5 MHz antar channelnya.

III. METODE PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian bertempat di Lab. Teknik Elektro UNSOED selama 22 minggu dari bulan Januari 2012 hingga April 2012.

III.2. Alat, Bahan, dan Objek Penelitian

Alat dan bahan dapat dilihat pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

Alat		Bahan
Software	Hardware	
4NEC2 V.5.8.3 NetStumbler 0.4.0 <i>Antenna</i> Radiation Diagram Plotter V.1.0.3 Handheld Software Tools v.6.6.1	Anritsu MT8212B Cell Master Gergaji besi Mesin bor Penggaris Spidol permanen <i>Cutter</i> Solder + timah solder Papan kayu Kabel ekstender listrik Tang <i>Glue gun</i> Obeng Meja / Tripod berindikator sudut	Papan PCB Kawat tembaga diameter 2- 2,3mm Lempeng / <i>Sheet</i> tembaga Kabel RG58 Konektor tipe-N <i>Female</i> <i>Pigtail</i> N <i>Male</i> to <i>RPSMA</i> <i>Male</i> Mur + baut Klem <i>antenna</i> - tiang <i>USB</i> <i>Wireless</i> <i>Adapter</i>

Sedangkan objek dalam penilitan ini adalah sebuah *sectoral Antenna* frekuensi 2.4GHz yang dibangun secara mandiri untuk aplikasi IEEE 802.11b/g.

III.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dan uji laboratorium, yang dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

III.3.1. Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan, dilakukan studi pustaka dengan mempelajari berbagai literatur cetak maupun elektronik. Di tahap ini juga disiapkan semua komponen yang diperlukan untuk membangun sebuah *sectoral antenna*.

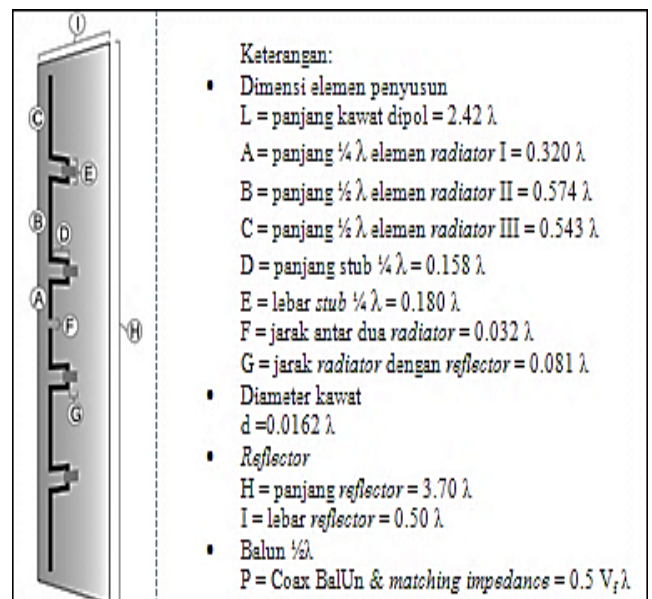
III.3.2. Tahap Perancangan dan Simulasi

Dalam Tugas Akhir ini penulis merancang sebuah *sectoral antenna* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. menentukan frekuensi kerja dari *antenna*, dalam hal ini *antenna* akan dipotimalkan untuk bekerja pada spesifikasi IEEE 802.11b/g, kemudian dicari panjang gelombangnya:

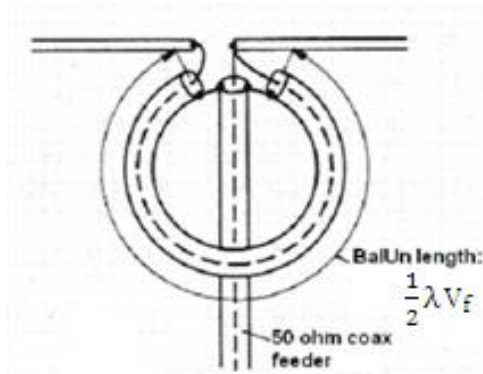
$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2.2)$$

2. menentukan panjang tiap elemen *antenna* berdasar kaidah pada gambar 3.1,



Gambar 3.1 Kaidah perancangan *sectoral antenna*

3. membuat rancangan *antenna* di 4NEC2 *antenna modeler & optimizer*,
4. melakukan optimasi terhadap desain *antenna* dengan memodifikasi variabel dimensi elemen *antenna* menggunakan fitur *optimizer and evaluator* 4NEC2,
5. membandingkan performansi simulasi dari *antenna* sebelum dan sesudah optimasi, kemudian dipilih yang terbaik untuk menjadi rancangan akhir,
6. merancangan elemen balun (*Balance-Unbalance*) 1:4 dengan panjang ½λV_f, skemabalun pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancangan BalUn 1:4 untuk antenna

III.3.3. Tahap Pembuatan

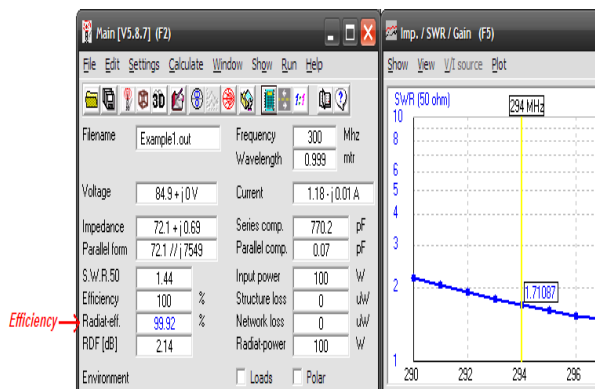
Pada proses ini, *antenna* mulai direalisasikan berdasar rancangan yang telah dioptimasi. Faktor ketelitian sangat diperhatikan karena *antenna* bekerja pada frekuensi tinggi.

III.3.4. Tahap Pengujian

Di tahap ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian simulasi melalui *software* 4NEC2, dan pengujian performansi *antenna* secara riil di lapangan.

III.3.4.1 Pengujian pada *software* 4NEC2

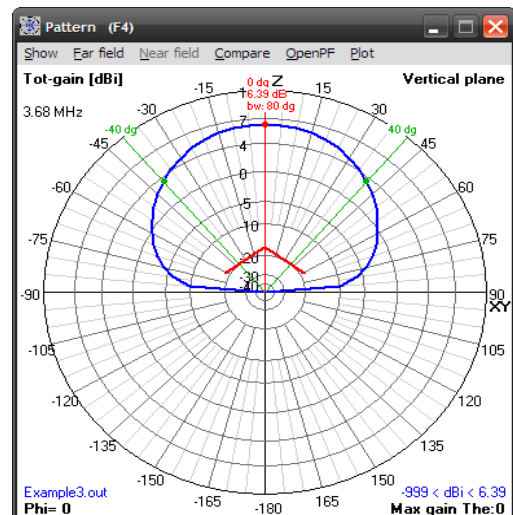
Dengan mengklik tombol *Calculate* (F7) setelah *antenna* selesai dimodelkan, dapat dilakukan simulasi *far field* untuk mencari nilai *efficiency*, dan *frequency sweep* untuk *plotting* VSWR, contohnya seperti Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Contoh simulasi nilai besaran antenna

Nilai besaran lain dapat dilihat di jendela *Pattern* (F4) Gambar 3.4. Di sini, nilai *Gain* dan bentuk *Radiation Pattern* bidang H dan E dapat langsung diamati dari plot yang muncul. Karena 4NEC2 tidak menyediakan parameter *Directivity*, sehingga untuk mendapatkan nilai *Directivity*, dilakukan perhitungan dengan rumus (2.5) dengan bantuan parameter HPBW bidang H dan E yang diketahui dari *Radiation Pattern*, yang juga dapat dilihat pada Gambar 3.4,

$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} \dots \dots \dots (2.5)$$



Gambar 3.4 Contoh tampilan simulasi gain dan pola radiasi

III.3.4.2 Pengujian Lapangan *Sectoral Antenna*

Pengujian lapangan harus memenuhi kondisi *far field* :

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk konfigurasi umum, dengan menggunakan TP-LINK TL-WN722N salah satu laptop akan bertugas sebagai *transmitter*, dan yang lainnya sebagai *receiver*. Laptop yang bertindak sebagai *transmitter* dihubungkan dengan *antenna* under test (AUT), sedangkan laptop yang

bertindak sebagai *receiver* akan mengukur sinyal yang diterima melalui *wireless adapter internal* yang terintegrasi. Konektivitas antar *devices* tersebut menggunakan mode *ad-hoc*, dan untuk mengetahui kuat sinyal yang diterima, digunakan *software* NetStumbler.

III.3.4.2.1 Pengujian *Gain*

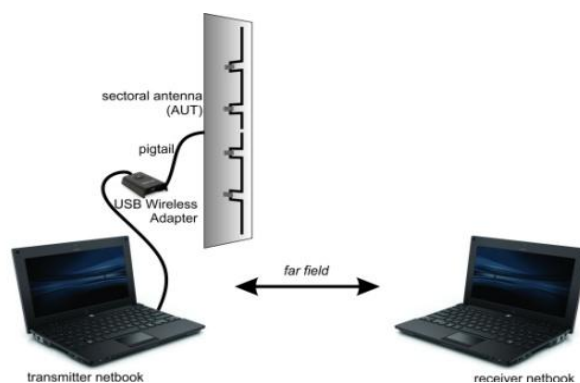
Pada pengukuran *gain* diperlukan *antenna* standar sebagai perbandingan dengan AUT, kemudian digunakan rumus *gain-transfer method* (2.3).

$$(G_t)_{dBi} = ((P_t)_{dBm} - (P_s)_{dBm}) + (G_s)_{dBi} \dots (2.3)$$

Gain antenna referensi (G_s) menurut spesifikasi TP-LINK adalah 5dBi. Untuk mencari kuat sinyal *antenna* referensi (P_s), dilakukan pengujian seperti Gambar 3.5, sedangkan untuk mencari kuat sinyal akibat AUT (P_t), dilakukan pengujian seperti Gambar 3.6.



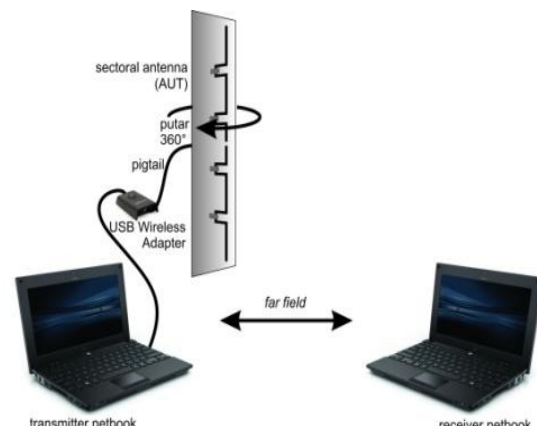
Gambar 3.5 Pengujian *gain* dengan *antenna* referensi



Gambar 3.6 Pengujian *gain* dengan *Antenna Under Test*

III.3.4.2.2. Pengujian *Radiation Pattern*

Kuat sinyal dibaca pada sisi receiver, *antenna* diputar bertahap sampai 360° searah jarum jam, tiap langkah putarannya 5° dan hasilnya dicatat. Pengujian ini dilakukan dua kali yaitu untuk *H-plane* dan *E-plane*. Data yang didapat kemudian kemudian dinormalisasi dan diplot menggunakan software ARDP untuk mendapatkan gambar *pola radiasi*. Skema pengujian dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 pengujian pola radiasi bidang-H (*horizontal*)

III.3.4.2.3. Pengujian *Directivity*

Dengan menandai titik -3dB atau titik *half power* pada pola radiasi dan menarik sudut pada titik tersebut, didapatkan *half-power beamwidth* (HPBW). HPBW bidang-H dan E digunakan pada persamaan untuk mencari *directivity* :

$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} \dots (2.4)$$

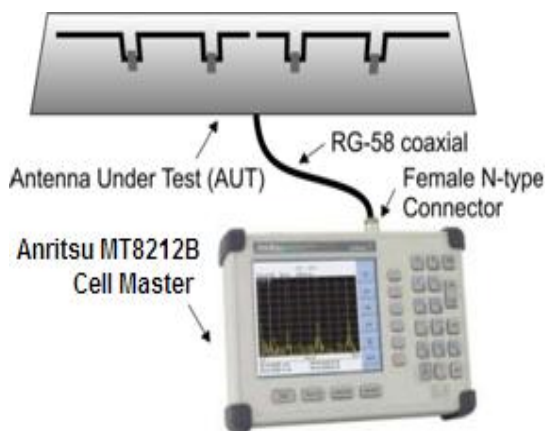
III.3.4.2.4. Pengujian *Efficiency*

Perhitungan efisiensi *antenna* dapat dicari dengan membandingkan hasil pengukuran *gain* dan *directivity* yang nilai-nilainya telah didapatkan pada pengujian sebelumnya. Persamaan (2.5) digunakan untuk menghitung efisiensi :

$$k = \frac{G}{D} \times 100\% \dots (2.5)$$

III.3.4.2.5. Pengujian VSWR

Pengujian VSWR dilakukan dengan mengukur performa VSWR *antenna* menggunakan Anritsu MT8212B Cell Master. Alat diatur pada mode VSWR meter, kemudian diset *START frequency* pada 2400MHz, dan *STOP frequency* pada 2483,5MHz. Setelah frekuensi dirubah, alat harus di kalibrasi terlebih dahulu, baru kemudian *antenna* disambungkan ke port *RF Out* dan dapat diukur. Gambar 3.15 adalah skema pengujian VSWR.



Gambar 3.8 Pengujian VSWR dengan Anritsu MT8212B

III.3.5. Tahap Analisis Data

Secara garis besar, analisis yang dilakukan adalah :

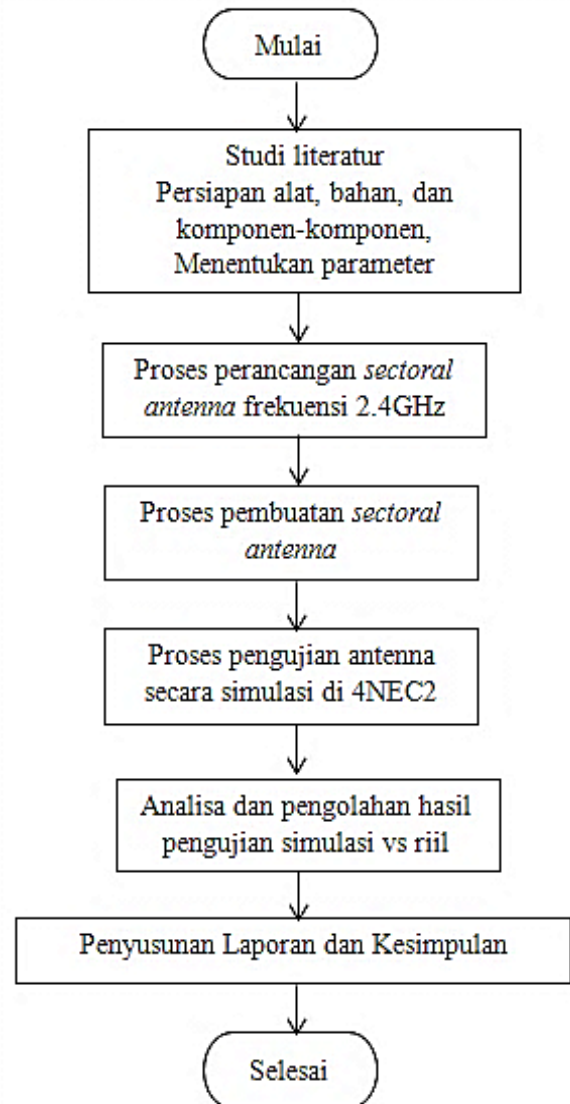
1. membandingkan performansi rancangan *sectoral antenna* sebelum dan sesudah optimasi dengan software 4NEC2,
2. membandingkan performansi rancangan *sectoral antenna* di tingkat simulasi pada 4NEC2 dengan realitas performansi *antenna* di lapangan,
3. menganalisis perbedaan jika ditemukan, menemukan penyebabnya, dan menyimpulkan desain *antenna* yang optimal.

III.3.6. Tahap Akhir

Tahap paling akhir, dimana semua hasil dihimpun, untuk kemudian diolah menjadi laporan dan diseminarkan.

III.4. Alur Penelitian

Alur penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Alur penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

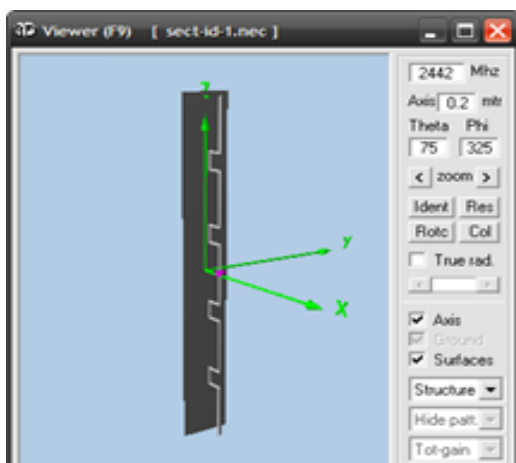
IV.1. Perancangan dan Simulasi Sectoral Antenna Tanpa Optimasi

Dengan menentukan frekuensi kerja pada 2442MHz, maka panjang gelombang dapat dicari :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{299792458 \text{ m/s}}{2442000000 \text{ Hz}} = 0.1228 \text{ meter}$$

Kemudian disubstitusikan ke dalam kaidah perancangan seperti pada Gambar 3.1 menghasilkan:

1. *Radiator*
 - $L = 2.42 \lambda = 2.42 \times 0.1228 \text{ m} = 0.29718 \text{ m}$
 - $A = 0.320 \lambda = 0.320 \times 0.1228 \text{ m} = 0.03930 \text{ m}$
 - $B = 0.574 \lambda = 0.574 \times 0.1228 \text{ m} = 0.07049 \text{ m}$
 - $C = 0.543 \lambda = 0.543 \times 0.1228 \text{ m} = 0.06668 \text{ m}$
 - $D = 0.158 \lambda = 0.158 \times 0.1228 \text{ m} = 0.01940 \text{ m}$
 - $E = 0.180 \lambda = 0.180 \times 0.1228 \text{ m} = 0.02210 \text{ m}$
 - $F = 0.032 \lambda = 0.032 \times 0.1228 \text{ m} = 0.00393 \text{ m}$
 - $G = 0.081 \lambda = 0.081 \times 0.1228 \text{ m} = 0.00994 \text{ m}$
2. Diameter kawat
 - $d = 0.0162 \lambda = 0.0162 \times 0.1228 \text{ m} = 0.00199 \text{ m}$
3. *Reflector*
 - $H = 3.70 \lambda = 3.70 \times 0.1228 \text{ m} = 0.45436 \text{ m}$
 - $I = 0.50 \lambda = 0.50 \times 0.1228 \text{ m} = 0.0614 \text{ m}$
4. Balun $\frac{1}{2}\lambda$
 - $V_f (\text{RG58}) = 0.66$
 - $P = 0.5 V_f \lambda = 0.5 \times 0.66 \times 0.1228 \text{ m} = 0.04052 \text{ m}$



Gambar 4.1 Simulasi 3D sectoral antenatanpa optimasi

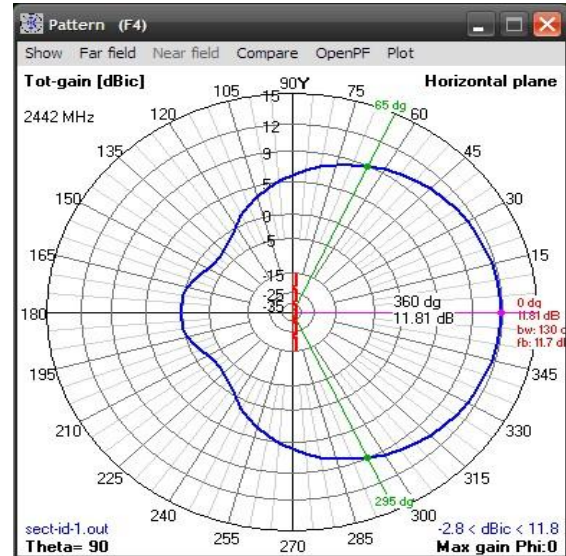
Dari desain yang didapat kemudian dimodelkan ke dalam 4NEC2, yang

tampilannya tampak pada Gambar 4.1 di atas.

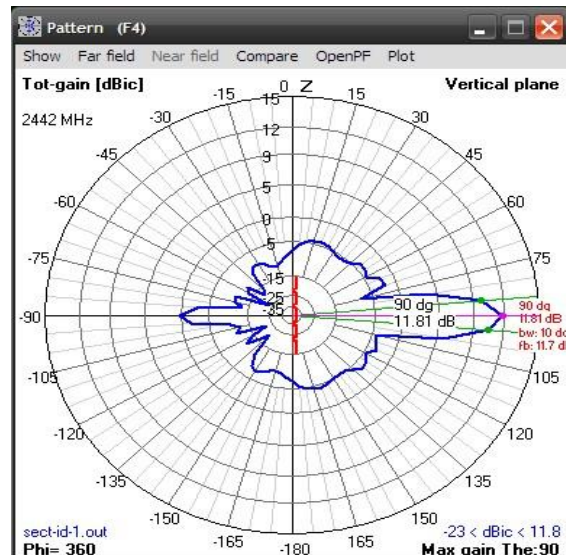
IV.2. Performansi Sectoral Antenna Tanpa Optimasi

IV.2.1. Radiation Pattern

Gambar 4.2 dan 4.3 masing-masing adalah simulasi radiation pattern tanpa optimasi H-plane dan E-plane, dimana $\theta_H = 130^\circ$, dan $\theta_E = 10^\circ$.



Gambar 4.2 Simulasi radiation pattern H-plane tanpa optimasi



Gambar 4.3 Simulasi radiation pattern E-plane tanpa optimasi

IV.2.2. Gain

Gain dapat diamati dari simulasi pola radiasi yaitu 11,81 dBi.

IV.2.3. Directivity

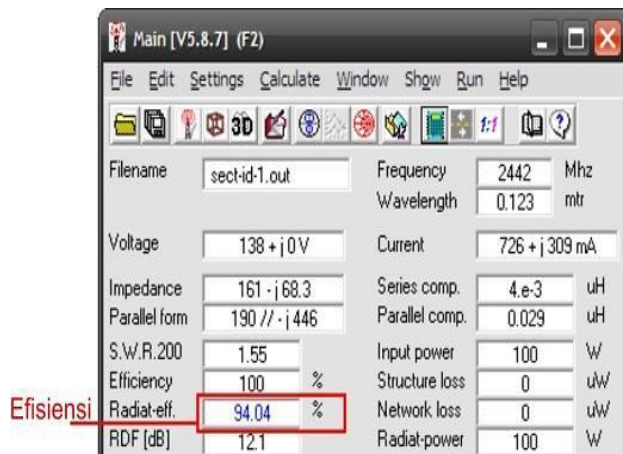
Dari hasil pola radiasi, $\theta_H = 130^\circ$, $\theta_E = 10^\circ$, sehingga *Directivity*:

$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} = \frac{41253}{130 \cdot 10} = 31,73$$

$$D_{(dB)} = 10 \log D = 10 \log 31,73 = 15,01dB$$

IV.2.4. Efficiency

Simulasi *far field* menghasilkan efisiensi 94,04% seperti Gambar 4.4



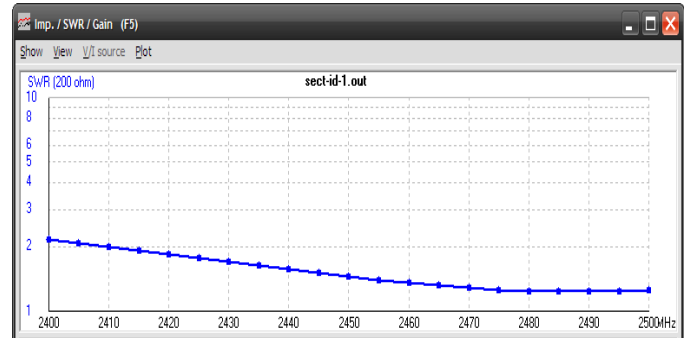
Gambar 4.4 Main Window 4NEC2 sebelum optimasi

IV.2.5. VSWR

Tabel 4.1 menunjukkan nilai VSWR terhadap frekuensi dalam step 5 MHz, rentang frekuensi 2400 MHz – 2485 MHz, sedangkan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.1 Nilai simulasi VSWR *antenna* tanpa optimasi

Frekuensi (MHz)	VSWR	Frekuensi (MHz)	VSW
2400	2.18392	2445	1.51286
2405	2.09487	2450	1.45855
2410	2.00908	2455	1.40895
2415	1.92674	2460	1.36443
2420	1.84797	2465	1.32545
2425	1.77295	2470	1.29263
2430	1.70181	2475	1.26671
2435	1.63465	2480	1.24845
2440	1.57162	2485	1.23843



Gambar 4.5 Grafik VSWR *antenna* tanpa optimasi

Nilai VSWR rata-rata :

$$\overline{VSWR} = \frac{\sum VSWR}{n} = \frac{28.86007}{18} = 1.603$$

IV.3. Perancangan dan Simulasi Sectoral Antenna Dengan Optimasi

Langkah-langkah optimasi yang ditempuh :

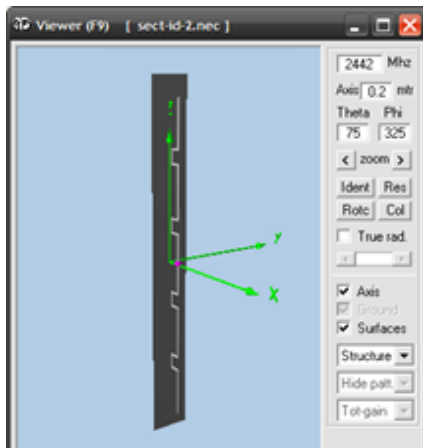
1. jari-jari kawat disesuaikan dengan bahan yang tersedia yaitu kawat NYA 4mm² dengan jari-jari 1,0625 mm,
2. *radiator* dioptimasi elemennya untuk rentang + 1cm dari dimensi awal, kecuali jarak reflektor ke *radiator* rentangnya + 0,5cm dari dimensi awal. Elemen *radiator* yang dioptimasi adalah elemen A, B, C, D, E, dan G,
3. *reflector* dioptimasi ukuran panjang (H) dan lebarnya (l) dengan menggunakan fitur *Geometry Builder* pada 4NEC2,
4. optimasi dilakukan dengan fungsi *Evolve* pada 4NEC2.

Setelah melakukan optimasi secara seksama, didapatkan dimensi elemen *antenna* teroptimasi sebagai berikut :

Radiator

- L = 0.0306 m
- A = 0.0463 m
- B = 0.0805 m
- C = 0.0728 m
- D = 0.016 m
- E = 0.0216 m
- F = 0.00393 m
- G = 0.007 m

1. Diameter kawat
d = 0.002125 m
 2. Reflector
H = 0.55 m
I = 0.0614 m
 3. Balun 1/2λ
Vf (RG58) = 0.66
P = 0.5 Vf λ = 0.5 x 0.66 x 0.1228 m = 0.04052 m
- Simulasi *sectoral antenna* dengan optimasi tampak pada Gambar 4.6.

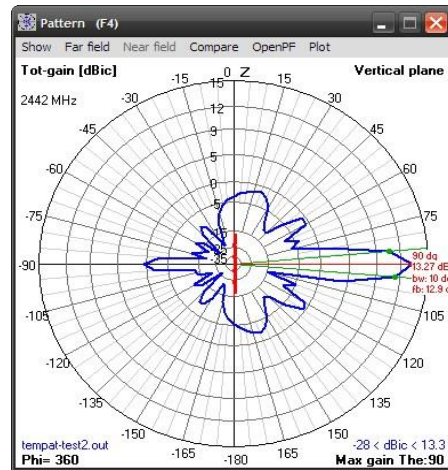


Gambar 4.6 Simulasi 3D sectoral antena tanpa optimasi

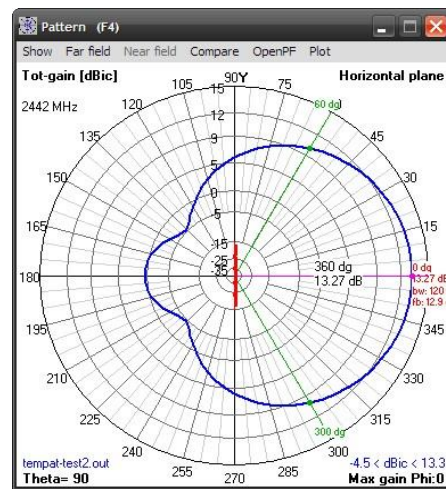
IV.4. Performansi Sectoral Antenna Dengan Optimasi

IV.4.1. Radiation Pattern

Gambar 4.7 dan 4.8 masing-masing adalah simulasi *radiation pattern* dengan optimasi H-plane dan E-plane, dimana $\theta_H = 120^\circ$, dan $\theta_E = 10^\circ$.



Gambar 4.7 Simulasi radiation pattern H-plane tanpa optimasi



Gambar 4.8 Simulasi radiation pattern E-plane tanpa optimasi

IV.4.2. Gain

Gain dapat diamati dari simulasi pola radiasi yaitu 13,27 dBi.

IV.4.3. Directivity

Dari hasil pola radiasi, $\theta_H = 120^\circ$, $\theta_E = 10^\circ$, sehingga :

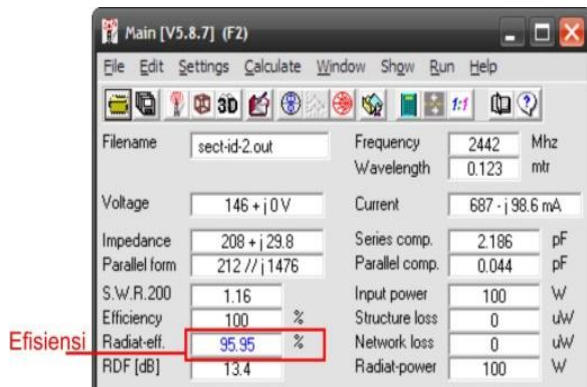
$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} = \frac{41253}{120 \cdot 10} = 34,3775$$

$$D_{(dB)} = 10 \log 34,3775$$

$$D = 15,36 \text{ dB}$$

IV.4.4. Efficiency

Dari Gambar 4.9, simulasi efisiensi menghasilkan 95,95%



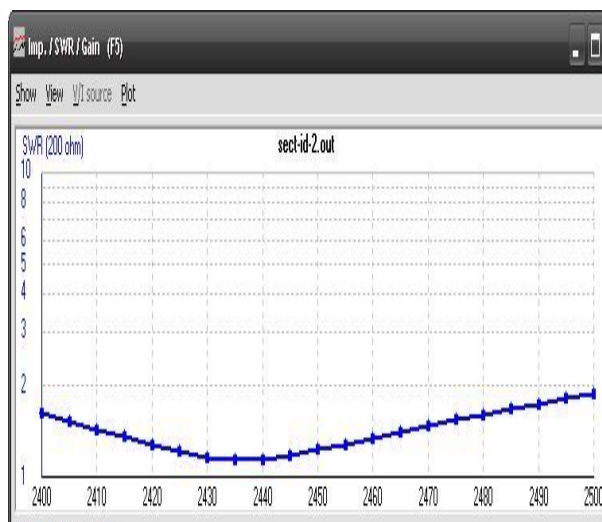
Gambar 4.9 Main Window 4NEC2 setelah optimasi

IV.4.5. VSWR

Tabel 4.2 menyajikan nilai simulasi VSWR sectoral *antenna* dengan optimasi, grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4.2 Nilai simulasi VSWR *antenna* dengan optimasi

Frekuensi (MHz)	VSWR	Frekuensi (MHz)	VSWR
2400	1.63409	2445	1.18403
2405	1.53267	2450	1.23079
2410	1.43967	2455	1.28617
2415	1.35543	2460	1.34658
2420	1.28082	2465	1.41009
2425	1.21781	2470	1.47555
2430	1.17065	2475	1.54223
2435	1.14694	2480	1.60955
2440	1.15282	2485	1.67705



Gambar 4.10 Grafik VSWR *antenna* dengan optimasi

Nilai VSWR rata-rata :

$$\overline{VSWR} = \frac{\sum VSWR}{n} = \frac{24.69294}{18} = 1.37183$$

Pada Tabel 4.3 ditunjukkan perbandingan performansi simulasi *antenna* tanpa dan dengan optimasi.

Tabel 4.3 Perbandingan performansi simulasi *antenna* tanpa dan dengan optimasi

Parameter	Tanpa Optimasi	Dengan Optimasi
H-beamwidth (θH)	130°	120°
E-beamwidth (θE)	10°	10°
Gain	11,81 dBi	13,27 dBi
Directivity	15,01 dB	15,36 dB
Efficiency	94,04 %	95,95 %
VSWR	1,6	1,37

IV.5. Realisasi dan Pembuatan *Sectoral Antenna*

Ternyata rancangan setelah optimasi menunjukkan performa yang lebih baik, sehingga dibuatlah *antenna* dengan menggunakan rancangan baru tersebut. Elemen radiator sectoral *antenna* ini dibuat dari dua batang kawat tembaga berdiameter ±2,125 mm dari inti kabel NYA 4mm². Elemen *reflector* dibuat dari bahan papan PCB dengan sisi yang mempunyai lapisan tembaga sebagai sisi *reflector*. Elemen *feed line* menggunakan kabel *coaxial* RG-58 50Ω, sedangkan *connectomya* N-type *female*. Elemen balun dibuat dengan memotong kabel *coaxial* 50Ω (RG-58) sepanjang $\frac{1}{2} V_f \lambda = 0.04052$ m atau 40,52 mm, kemudian dibentuk dan disolder mengikuti sambungan yang telah ditunjukkan pada Gambar 3.2. Semua elemen dirakit serapi dan seteliti mungkin, menghasilkan *antenna* seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Sectoral antenna yang telah selesai dibangun

IV.6. Pengujian Lapangan Sectoral Antenna

Jarak antara pemancar dan penerima harus memenuhi kriteria *far field*, yang besarnya :

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \geq \frac{2(2(0.0463 + 0.0805 + 0.0728 + (2.0.0216)) + 0.00393)^2}{0.1228} \geq 3,90 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

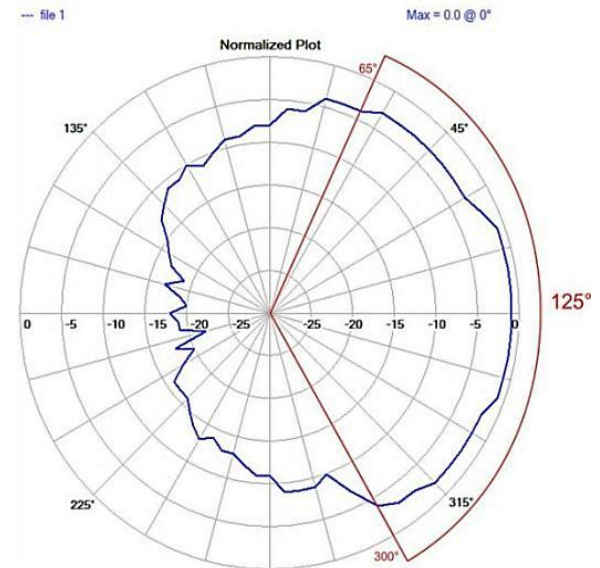
untuk lebih memastikan keadaan *far field*, penulis mengambil jarak sedikit lebih jauh, yaitu 5 m.

IV.6.1. Gain

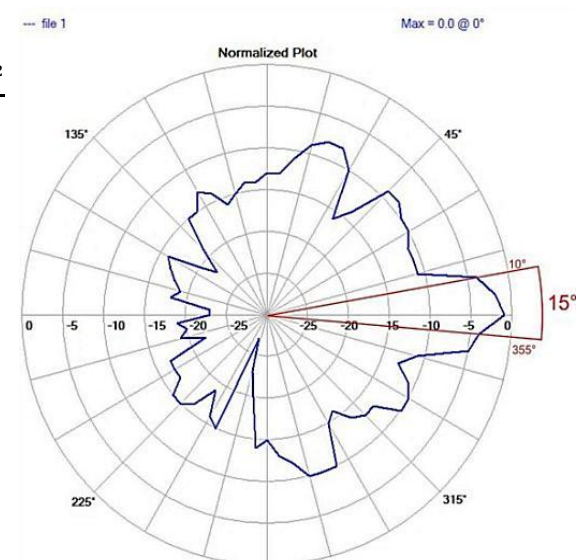
Saat menggunakan *antenna* standar, kuat sinyal terbaca -26 dBm, sedangkan saat diganti dengan *sectoral antenna*, kuat sinyal menjadi -18dBm. Sehingga *Gainnya* :

$$\begin{aligned} (G_t)_{\text{dBi}} &= ((P_t)_{\text{dBm}} - (P_s)_{\text{dBm}}) + (G_s)_{\text{dBi}} \\ &= ((-18 \text{ dBm}) - (-26 \text{ dBm})) + 5_{\text{dBi}} = 13_{\text{dBi}} \end{aligned}$$

IV.6.2. Radiation Pattern



Gambar 4.12 Radiation pattern H-plane riil dari sectoral antenna



Gambar 4.13 Radiation pattern E-plane riil dari sectoral antenna

Dari pengujian lapangan, tampak pada Gambar 4.12 *radiation pattern* H-plane dengan *horizontal beamwidth*(θ_H) 125°. Sedangkan pada Gambar 4.13. *radiation pattern* E-plane dengan *vertical beamwidth*(θ_E) 15°.

IV.6.3. Directivity

Dari hasil pola radiasi, $\theta_H = 125^\circ$, $\theta_E = 15^\circ$, sehingga *Directivity*:

$$D = \frac{41253}{\theta_H \cdot \theta_E} = \frac{41253}{125 \cdot 15} = 22$$

$$D_{(dB)} = 10 \log D = 10 \log 22 = 13,42 \text{ dB}$$

IV.6.4. Efficiency

Efficiency antenna dihitung menggunakan nilai *Gain* dan *Directivity*, yaitu:

$$G = 10^{\frac{13}{10}} = 19,95$$

$$D = 22$$

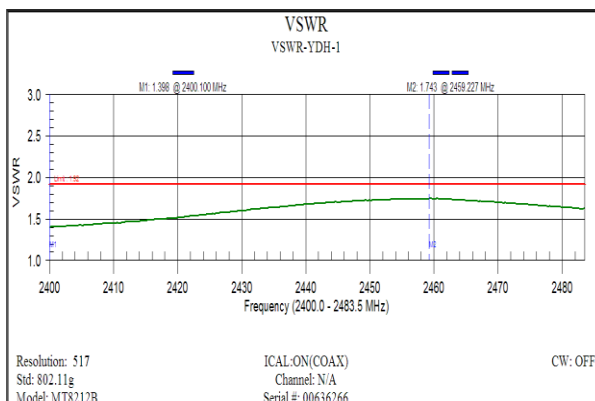
$$k = \frac{G}{D} \times 100\% = \frac{19,95}{22} \times 100\% = 90,68 \%$$

IV.6.5. VSWR

Dengan memakai Anritsu MT8212B Cell Master, penulis dapat mengukur performa VSWR *antenna* yang dibangun. Tabel 4.4 menyajikan nilai VSWR *sectoral antennayang* terukur, sedangkan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.14

Tabel 4.4 Nilai simulasi VSWR *antenna* dengan optimasi

Frekuensi (MHz)	VSWR	Frekuensi (MHz)	VSWR
2400	1.398	2445	1.702
2405	1.421	2450	1.724
2410	1.444	2455	1.739
2415	1.476	2460	1.742
2420	1.512	2465	1.727
2425	1.556	2470	1.7
2430	1.559	2475	1.668
2435	1.64	2480	1.637
2440	1.674	2485	1.622



Gambar 4.14 Grafik VSWR *antenna* dengan optimasi

Sehingga rata-rata nilai VSWR riil:

$$\overline{VSWR} = \frac{\sum VSWR}{n} = \frac{28.941}{18} = 1.608$$

IV.7. Analisa Hasil Perancangan dan Pembuatan

Pada Tabel 4.5, dapat dilihat perbandingan data hasil simulasi *antenna* dengan data pengamatan di lapangan.

Tabel 4.5 Perbandingan performansi *antenna* simulasi dan riil

Parameter	Simulasi	Riil
H-beamwidth (θ_H)	120°	125°
E-beamwidth (θ_E)	10°	15°
Gain	13,27 dBi	13 dBi
Directivity	15,36 dB	13,42 dB
Efficiency	95,95 %	90,68 %
VSWR	1,37	1,608

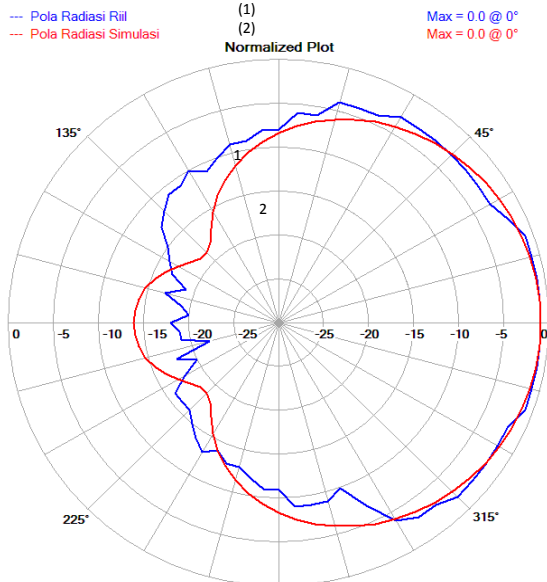
Pada pengukuran *gain*, terjadi sedikit perbedaan antara simulasi dengan kondisi riil di lapangan, yaitu:

$$\%_{er} \text{Gain} = \frac{|13,27 \text{ dBi} - 13 \text{ dBi}|}{13,27 \text{ dBi}} \times 100\% = 2,03\%$$

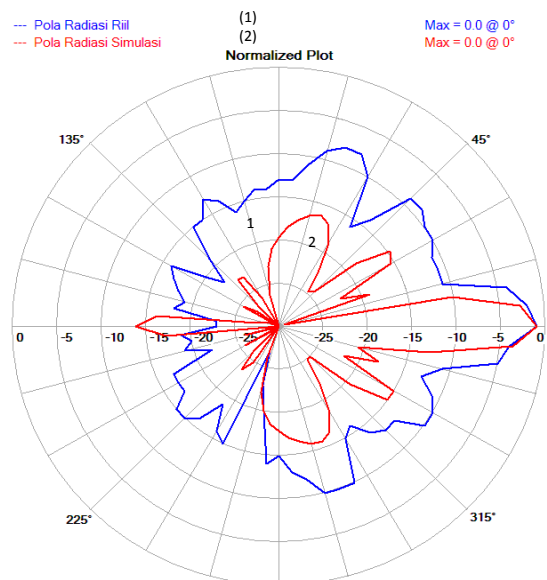
Terjadinya perbedaan antara rancangan dan kenyataan dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya :

1. faktor ketelitian pembuatan, seperti pemotongan kawat, pembentukan *radiator*, penyolderan *feed*, dan perakitan *antennayang* tidak sempurna seperti pada simulasi dapat mempengaruhi performa *antenna*,
2. kualitas bahan yang digunakan,
3. simulasi adalah *free space*, sedangkan kenyataan lapangan adalah tidak ideal.
4. pelemahan yang memungkinkan terjadi di *connector*, saluran transmisi dan *feed*.

Untuk pengujian *radiation pattern*, dapat dibandingkan antara pola hasil simulasi dengan pola riil di lapangan. Gambar 4.15 dan 4.16 berturut-turut merupakan perbandingan pola radiasi H-plane dan E-plane.



Gambar 4.15 Perbandingan Radiation pattern H-plane simulasi dan riil



Gambar 4.16 Perbandingan Radiation pattern E-plane simulasi dan riil

Dari pola radiasi *horizontal* di Gambar 4.15, dapat dilihat bahwa *antenna* rancangan dan riil memiliki karakteristik yang sama yaitu

mempunyai sebaran *semicircular*, dengan selisih *beamwidth* yang terjadi sebesar:

$$\%_{\text{err}} \theta_H = \frac{|120^\circ - 125^\circ|}{120^\circ} \times 100\% = 4,17\%$$

Selanjutnya dari Gambar 4.16, pola radiasi *vertical* juga mempunyai karakteristik yang sama. Yaitu mempunyai *beamwidth* yang sempit dan cenderung kuat di daerah *centerfeed*. Dalam pengujian *antenna* riil, *beamwidth vertical* lebih lebar 5°, yang memberikan peningkatan performa sebesar :

$$\%_{\text{err}} \theta_E = \frac{|10^\circ - 15^\circ|}{10^\circ} \times 100\% = 50\%$$

Selain itu, terdapat kekurangan apabila dilihat dari pola radiasi yang terbentuk, yaitu *side lobe* yang cukup kuat. Perbedaan yang terjadi dalam pengukuran pola radiasi tersebut diatas disebabkan oleh banyak hal, diantaranya:

1. lingkungan yang tidak terkontrol, sedangkan gelombang elektromagnetik sangat peka,
2. konstruksi elemen penyusun *antenna* yang menyebabkan pola radiasi menjadi berbeda,
3. sensitivitas alat ukur mempengaruhi ketelitian pengukuran,
4. posisi pengukuran yang tidak selalu tepat,

Pada pengujian *Directivity*, menghasilkan nilai sebesar 15,36 dB untuk simulasi, dan 13,42 dB untuk *antenna* riil. Persentasi selisih yang terjadi :

$$\%_{\text{err}} D = \frac{|15,36 \text{ dB} - 13,42 \text{ dB}|}{15,36 \text{ dB}} \times 100\% = 12,63\%$$

Nilai *Directivity antenna* riil lebih rendah daripada simulasi. Untuk aplikasi

antenna sectoral, *Directivity* yang rendah berarti *antenna* akan lebih mampu menyebarkan secara lebih luas. *Antenna* dengan *Directivity* yang tinggi akan menyebabkan pancaran utamanya sangat sempit.

Dari hasil pengujian *Efficiency*, dapat diamati selisih efisiensi antara *antenna* simulasi dan riil, yaitu :

$$\%_{\text{err}}\text{Eff} = \frac{|95,95\% - 90,68\%|}{95,95\%} \times 100\% \\ = 5,49\%$$

Antenna simulasi mempunyai efisiensi yang lebih bagus karena daya yang diberikan dapat dipancarkan dengan baik akibat dari konstruksi *antenna* simulasi yang ideal, begitu pula lingkungannya yang terkontrol. Namun demikian efisiensi *antenna* riil yang mencapai 90,68 % juga termasuk bagus, walaupun masih perlu diperhitungkan faktor kekurangan telitian pengukuran yang menyebabkan pembacaan sinyal lebih kuat maupun lebih lemah dari sebenarnya.

VSWR *sectoral antenna* dari hasil simulasi adalah 1,37, sedangkan pada pengukuran riilnya adalah 1,608. Dari keduanya didapat selisih sebesar :

$$\%_{\text{err}}\text{Eff} = \frac{|1,37 - 1,608|}{1,37} \times 100\% = 17,37\%$$

Perbedaan VSWR dapat terjadi karena konstruksi balun yang kurang sempurna, sehingga terjadi *mismatch* antara *feed* dengan *antenna*. Selain itu, faktor *connector*, penyolderan, dan lengkungan kabel juga mempengaruhi VSWR. Namun, menurut literatur, VSWR 1,6 masih dalam kriteria yang baik.

IV. PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. sebuah *sectoral antenna* terbukti dapat dirancang berdasar rancangan Franklin *Antenna* yang kemudian dimodifikasi

dengan penambahan reflektor logam,

2. parameter yang perlu diperhatikan untuk mengetahui performansi suatu *antenna* antara lain *Gain*, *Radiation Pattern*, *Directivity*, *Efficiency*, dan VSWR,
3. performansi rancangan awal *antenna* sebelum optimasi adalah *Gain* 11,81 dBi, *H-plane beamwidth* 130°, *E-plane beamwidth* 10°, *Directivity* 15,01 dB, *Efficiency* 94.04%, dan VSWR 1,6. Performansi *antenna* setelah optimasi adalah *Gain* 13,27 dBi, *H-plane beamwidth* 120°, *E-plane beamwidth* 10°, *Directivity* 15,36 dB, *Efficiency* 95,95%, dan VSWR 1,37. Sedangkan performansi riil *antenna* di lapangan adalah *Gain* 13 dBi, *H-plane beamwidth* 125°, *E-plane beamwidth* 15°, *Directivity* 13,42 dB, *Efficiency* 90,68%, dan VSWR 1,6. Secara keseluruhan, sebuah *sectoral antenna* telah tercipta dengan baik dan telah berhasil dioptimasi,
4. terdapat perbedaan performansi antara perancangan simulasi dengan riil, hal ini disebabkan karena ketelitian pada saat pembuatan, kualitas bahan yang digunakan, keadaan lingkungan saat pengukuran, kecermatan pengukuran, dan keakuratan alat.

V.2 Saran

1. sebuah *radome* atau *casing* dapat ditambahkan untuk memperkuat *antenna* pada aplikasi *outdoor*,
2. agar lebih memperhatikan ketelitian dalam perancangan dan pembuatan *antenna*,
3. hendaknya pengukuran

- dilakukan di tempat yang terkontrol, misalnya dalam *anechoic chamber*,
4. sectoral *antenna* ini dapat dikembangkan untuk menangani frekuensi lain, dimodifikasi jumlah elemen radiatornya, diteliti pengaruh penggunaan bahan *radiator* atau *reflector* terhadap performa, maupun penelitian lebih lanjut dengan menggunakan pengujian untuk OSI *Application Layer*.

New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.

Rudge, Alan W. 1982. *The Handbook of Antenna Design – Volume 1*. London : Peter Peregrinus on Behalf of The Institution of Electrical Engineers.

Zennaro, Marco. 2004. *Radio Laboratory Handbook of the ICTP “School On Digital Radio Communications for Research and Training in Developing Countries”*. Trieste, Italy : ARPL.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, Mudrik. 2011. *Antena – Prinsip & Aplikasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Bakhsi, U.A. 2009. *Antenna and Wave Propagation*. Pune, India : Technical Publication Pune.
- British Patent 242,232. 1925. *Improvement in Wireless Telegraph and Telephone Aerials*. London : The Hereford Times Ltd.
- Dobričić, Dragoslav. 2007. *AMOS Antenna with Semicircular Radiation Diagram for 2.4 GHz – AntenneX – The Magazine All About Antennas, Issue No. 127*. Corpus Christi, Texas : AntenneX.
- IEEE Std 149-1979. 1979. *IEEE Standard Test Procedures for Antennas*. New York : The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Komputer, Wahana. 2010. *Tip Jitu Optimasi Jaringan Wi-Fi*. Semarang : Penerbit Andi.
- Kraus, John. D. 2001. *Antennas – Second Edition*. New Delhi : Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd.
- Lifländer, Jouni. 2010. *Radiated Efficiency: A True Measure of Antenna Performance*. Finland: Pulse Electronics, Corp.
- Milligan, Thomas A. 2005. *Modern Antenna Design – Second Edition*.