

RANCANG BANGUN ANTENA YAGI-UDA COHEN-MINKOWSKI PADA FREKUENSI 433MHz

Syarifah Asyura, Ali Hanafiah Rambe

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

email: Syarifah_asyura@students.usu.ac.id or Syarifah_asyura@yahoo.com

Abstrak

Antena Yagi-Uda adalah perangkat telekomunikasi yang dapat memancarkan dan menerima gelombang radio dari arah tertentu dimana antena Yagi-Uda memiliki gain yang relatif tinggi di bandingkan gain antena lainnya. Namun seiring banyaknya penelitian tentang Yagi-uda, maka antena Yagi-Uda pun dapat dimodelkan secara fraktal agar parameter yang terdapat pada antena Yagi-Uda secara umum dapat di tingkatkan. Pada tulisan ini dilakukan rancang bangun antenna Yagi-Uda model Cohen-Minkowski yang diterapkan pada frekuensi kerja 433MHz. Perancangan dilakukan menggunakan simulator MMANA-GAL. Dari hasil simulasi, antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski memiliki nilai *gain* sebesar 10.72dbi, VSWR bernilai 1.75 dengan jumlah elemen sebesar lima buah. Dari pengukuran langsung terhadap antena menggunakan VNA Meter Anritsu MS2034B, nilai VSWR pada frekuensi 433 MHz sebesar 1,36.

Kata kunci : Yagi-Uda, Cohen-Minkowski, radiosonde, gain, VSWR.

1. Pendahuluan

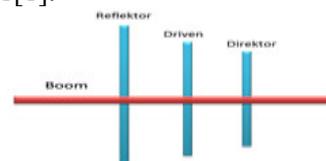
Saat ini teknologi informasi mengalami perkembangan pesat seiring dengan permintaan kebutuhan manusia. Salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah radiosonde. Radiosonde adalah sebuah peralatan yang digunakan pada balon cuaca yang berfungsi untuk mengukur berbagai parameter atmosfer dan mengirimkan data tersebut ke stasiun penerima. Agar stasiun penerima bisa berkomunikasi dengan *radiosonde* yang akan diterbangkan melalui suatu balon atmosfer, maka dibutuhkan sebuah antena yang memiliki *gain* yang relatif tinggi seperti antena Yagi-Uda.

2. Studi Pustaka

2.1 Antena Yagi-Uda

Antena Yagi-Uda adalah antena yang sangat populer karena sederhana dan memiliki nilai *gain* yang relative tinggi dibandingkan dengan antena yang lain. Antena Yagi-Uda pertama kali dibuat oleh Shintaro Uda di Universitas Tohoku di Sendai, Jepang. Antena Yagi-Uda paling sederhana adalah antena Yagi-Uda yang terdiri dari elemen driven tunggal dan elemen parasitik tunggal. Antar elemen pada antena Yagi-Uda ditempatkan secara paralel dimana elemen tersebut diletakkan di sebuah *boom*. Elemen parasitik adalah istilah sebuah elemen *reflector* yang diletakkan dibelakang elemen driven yang bertolak belakang dengan

pengarahan radiasi maksimum yang disebut dengan direktor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1[1].



Gambar 1. Elemen Antena Yagi-Uda

Elemen *driven* yang terdapat pada antena Yagi-Uda berfungsi sebagai penerima daya atau energi dari pemancar yang biasanya terhubung langsung ke saluran transmisi. Elemen reflektor pada antena Yagi-Uda pada berfungsi untuk memantulkan sinyal yang terlewatkan oleh elemen *driven*. Elemen direktor pada antena Yagi-Uda berfungsi untuk mengarahkan sinyal ke titik yang dituju.

Berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya, maka pada Tulisan ini, perancangan antena Yagi-Uda menggunakan rumus untuk elemen reflektor, *driven*, direktor sebagai berikut [2]:

$$\text{Reflector} = 0.4886 \lambda \quad (1)$$

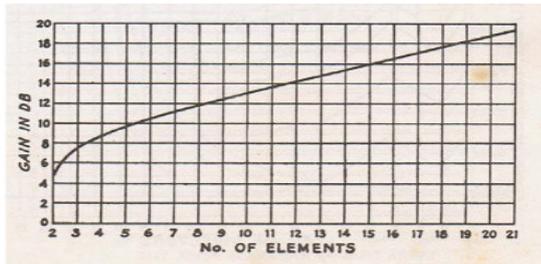
$$\text{Driven} = 0.4614 \lambda \quad (2)$$

$$\text{Direktor} = 0.43 \lambda \quad (3)$$

Dimana:

λ = Panjang gelombang (m)

Untuk mempermudah dalam perancangan antena Yagi-Uda agar menghasilkan *gain* yang optimal, maka dibutuhkan grafik nilai *gain* yang dibandingkan terhadap jumlah elemen yang akan dirancang dan dibangun seperti pada Gambar 2[3].



Gambar 2. Grafik Nilai Gain terhadap Jumlah Elemen

2.2 Parameter-parameter Antena

Parameter-parameter antena digunakan untuk menguji atau mengukur performa antena yang digunakan, yaitu frekuensi antena, VSWR, bandwidth, gain antena, dan polaradiasi [4].

a. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) merupakan perbandingan tegangan antara tegangan rms maksimum ($|V|_{max}$) dan minimum ($|V|_{min}$) yang terjadi pada saluran yang tidak match.

b. Bandwidth

Bandwidth antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi antena dengan beberapa karakteristik sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Bandwidth dapat dipertimbangkan sebagai range frekuensi, dibagian lain dijadikan sebagai frekuensi tengah dimana karakteristik antena bisa diterima menjadi nilai frekuensi tengah. Untuk antena Broadband, bandwidth dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*)[3].

c. Gain

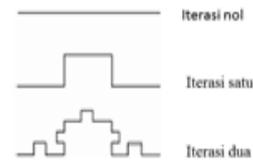
Penguatan (*gain*) pada sebuah antena ada dua jenis yaitu penguatan absolut (*absolute gain*) dan penguatan relatif (*relative gain*). Penguatan absolut pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara *isotropic*.

d. Pola Radiasi

Polaradiasi sebuah antena dapat didefinisikan sebagai pola radiasi fungsi matematis atau gambaran secara grafis dari karakteristik radiasi sebuah antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Pada kasus secara keseluruhan, pola radiasi dihitung/diukur pada medan jauh dan digambarkan kembali sebagai koordinat arah.

2.3 Geometri Cohen-Minkowski

Nathan Cohen yang pertama kali memperkenalkan fraktal antena pada tahun 1988. Di dalam artikel Cohen, diperkenalkan konsep fraktal geometri pada sebuah dipole atau antena loop. Cohen membuat berbagai macam fraktal geometri salah satunya bernama fraktal Minkowski berbentuk bujur sangkar seperti pada Gambar 3 [5].



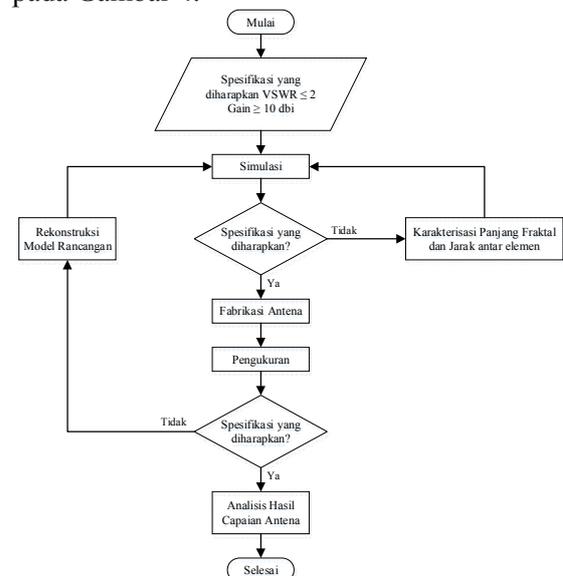
Gambar 3 Geometri Cohen-Minkowski

Untuk menghasilkan gambar seperti Gambar 3, dibutuhkan sebuah rumus yang digunakan untuk mengetahui panjang total sierpinski gasket seperti pada persamaan berikut [6]:

$$L = h \left(\frac{5}{3}\right)^n \tag{4}$$

3. Metodologi Penelitian

Pada saat melakukan rancang bangun antena Yagi-Uda Cohen Minkowski diperlukan diagram alir perancangan untuk membantu proses merancang bangun antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Perancangan

3.1 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk perancangan sebuah antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada tulisan ini adalah sebuah

laptop *e-machines* 14 inci yang berkapasitas memori sebesar 1 *Gigabyte* dengan dengan CPU intel Pentium T4400. Berdasarkan kapasitas yang dimiliki oleh laptop tersebut, maka digunakan simulator MMANA-GAL yang berkapasitas 937 *byte* dimana simulator ini dapat digunakan untuk merancang sebuah antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski enam elemen yang terdiri dari satu buah reflektor, satu buah *driven*, dan empat buah director dimana ketebalan kawat pipa aluminium adalah 8.6mm.

3.2 Perancangan Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada tulisan ini menggunakan enam elemen antena, dimana ada satu buah elemen digunakan sebagai pencatu (*Driven*), satu buah elemen digunakan sebagai reflektor dan empat buah elemen digunakan sebagai direktor. Sebelum melakukan perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada frekuensi 433MHz dengan menggunakan simulator MMANA-GAL, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan panjang gelombang dan dimensi tiap elemen antena Yagi-Uda Cohen Minkowski. Nilai dimensi dari tiap elemen antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski dapat dilihat pada Tabel 1 dimana semua dimensi dalam satuan panjang gelombang terlebih diubah ke dalam bentuk meter. Kemudian setelah itu, cari nilai dimensi total setiap elemen reflektor, *driven*, dan direktor, kemudian panjang dimensi tersebut dibagi lagi untuk mendapatkan dimensi fraktal seperti pada Gambar 3.

Salah satu contoh perhitungan elemen antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski menggunakan Persamaan 1 dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Reflektor } (\lambda) &= 0.4886\lambda = 0.4886 * 0.692 \\ &= 0.3385\text{m} \end{aligned}$$

Setelah di dapat nilai reflektor, tahap selanjutnya adalah bagi dua jumlah total panjang reflektor yang di dapat untuk di ruas kanan dan kiri, sehingga:

$$\frac{\text{Reflektor total(meter)}}{2} = \frac{0.3385}{2} = 0.16925 \text{ m}$$

Setelah reflektor dibagi dua, kemudian cari dimensi fraktal iterasi pertama untuk masing-masing ruas dengan menggunakan Persamaan 2:

$$L = h \left(\frac{5}{3}\right)^n = 0.16925 \left(\frac{5}{3}\right)^1 = 0.2820 \text{ meter.}$$

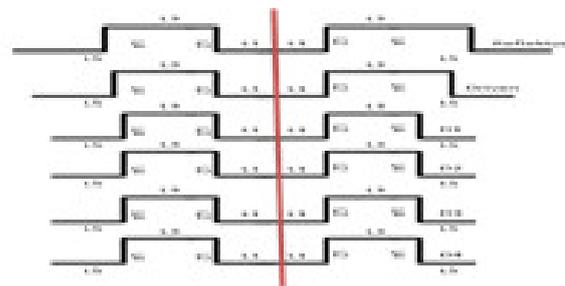
Ruas kanan (L1) = $\frac{1}{5}$ dari panjang ruas bagian reflektor. Ruas kanan (L1) = $\frac{1}{5} * 0.2820 = 0.0564$ meter. Ruas kanan (L2) = $\frac{1}{5}$ dari panjang ruas bagian reflektor. Ruas kanan (L2) = $\frac{1}{5} * 0.2820 = 0.0564$ meter. Ruas kanan (L3) = $\frac{1}{5}$ dari panjang ruas bagian reflektor. Ruas kanan (L3) = $\frac{1}{5} * 0.2820 = 0.0564$ meter. Ruas kanan (L4) = $\frac{1}{5}$ dari panjang ruas bagian reflektor. Ruas kanan (L4) = $\frac{1}{5} * 0.2820 = 0.0564$ meter. Ruas kanan (L5) = $\frac{1}{5}$ dari panjang ruas bagian reflektor. Ruas kanan (L5) = $\frac{1}{5} * 0.2820 = 0.0564$ meter.

Untuk bagian ruas reflektor yang lain, ukuran yang digunakan sama dengan ukuran fraktal yang telah dihitung diatas. Untuk lebih jelas, perhitungan elemen berikutnya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Elemen	posisi (m)	panjang elemen (m)	Panjang Fraktal				
			L1(m)	L2(m)	L3(m)	L4(m)	L5(m)
Reflektor	0.104	0.3385	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564
Driven	0	0.3196	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054
D1	0.09	0.2979	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
D2	0.18	0.2979	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
D3	0.27	0.2979	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
D4	0.36	0.2979	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 1 yang dilakukan, maka tampilan rancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan rancangan yang telah dilakukan kemudian disimulasikan, maka dihasilkan sebuah grafik VSWR sebesar 20.9 dengan *gain* sebesar 3.73 dbi dengan pola radiasi *bidirectional* dimana nilai tersebut tidak

dapat memenuhi parameter yang diinginkan. Berhubung hasil simulasi perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski belum memenuhi parameter yang diinginkan, maka tahap selanjutnya yang akan dilakukan adalah karakterisasi antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski.

4.1 Karakterisasi Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Untuk mendapatkan rancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski yang optimal, maka dibutuhkan karakterisasi antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski baik dari segi ukuran fraktalnya maupun dari segi jarak antar elemen.

4.2 Karakterisasi Ukuran Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Pada bagian ini, dilakukan karakterisasi ukuran fraktal antena Yagi-Uda Cohen Minkowski dengan menggunakan satu elemen *driven* dan satu elemen reflektor antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski yang ditunjukkan pada Tabel 2. Hal ini dilakukan agar lebih mudan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Tabel 2. Karakterisasi Ukuran Antena

Elemen	Ukuran Panjang Fraktal (m)					Hasil	
	L1	L2	L3	L4	L5	VSWR	Gain (dbi)
Reflektor	0.0568	0.0568	0.0568	0.0568	0.0568	20.9	3.76
<i>Driven</i>	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054		
Reflektor	0.05	0.057	0.057	0.057	0.057	11.2	3.94
<i>Driven</i>	0.049	0.055	0.055	0.055	0.055		
Reflektor	0.01	0.067	0.067	0.067	0.067	7.17	3.56
<i>Driven</i>	0.01	0.065	0.065	0.065	0.065		
Reflektor	0.006	0.069	0.069	0.069	0.069	4.94	3.63
<i>Driven</i>	0.005	0.066	0.066	0.066	0.066		

Berdasarkan grafik *gain* terhadap jumlah elemen pada Gambar 2, menunjukkan bahwa karakterisasi ukuran fraktal pada Tabel 2 belum memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Oleh karena itu, akan dilakukan perubahan panjang total elemen fraktal dimana panjang total fraktal iterasi pertama sama dengan setengah dari panjang total elemen antena Yagi-Uda seperti persamaan berikut:

$$L = h \tag{5}$$

Dimana:

- L = Dimensi total fraktal iterasi pertama
- h = Panjang kawat iterasi awal

Setelah di dapat nilai dimensi total fraktal iterasi pertama, lakukan hal yang sama seperti pada saat perancangan antena Yagi-uda Cohen-Minkowski dimana pada bagian ini hanya merancang elemen reflektor dan *driven*.

Setelah dilakukan perancangan, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi. Berdasarkan rancangan yang disimulasikan,

didapat nilai VSWR sebesar 23.5 dan nilai *gain* sebesar 3.57. Berhubung hasil simulasi perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski belum memenuhi parameter yang diinginkan, maka tahap selanjutnya yang akan dilakukan adalah karakterisasi ukuran fraktal seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakterisasi Ukuran Fraktal

Elemen	Ukuran Panjang Fraktal (m)					Hasil	
	L1	L2	L3	L4	L5	VSWR	Gain (dbi)
Reflektor	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	18	4.09
<i>Driven</i>	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03		
Reflektor	0.1	0.018	0.018	0.018	0.018	4.76	5.08
<i>Driven</i>	0.09	0.018	0.018	0.018	0.018		
Reflektor	0.142	0.007	0.007	0.007	0.007	1.18	6.37
<i>Driven</i>	0.132	0.007	0.007	0.007	0.007		

Berdasarkan karakterisasi ukuran fraktal pada Tabel 3, maka digunakan ukuran panjang fraktal sebesar 0.007 meter. Alasan terpilihnya ukuran panjang fraktal sebesar 0.007 meter karena ukuran panjang fraktal 0.007 meter mempunyai nilai VSWR yang cukup baik dan memiliki *gain* terbaik dibanding ukuran panjang fraktal lainnya. Setelah didapat ukuran panjang fraktal yang akan digunakan, maka pada Tabel 4 akan memunculkan dimensi fraktal untuk empat elemen direktor dengan ukuran panjang fraktal untuk masing-masing elemen direktor adalah 0.007 meter dimana jarak antar elemen yang digunakan tetap sesuai dengan jarak antar elemen pada saat perancangan awal.

Tabel 4. Karakterisasi Ukuran Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Elemen	Ukuran Panjang Fraktal (m)					Hasil	
	L1	L2	L3	L4	L5	VSWR	Gain (dbi)
Reflektor	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	10.7
<i>Driven</i>	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
D1	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00		
D2	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00		
D3	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00		
D4	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		

Berhubung hasil simulasi optimasi perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski belum memenuhi parameter yang diinginkan, maka tahap selanjutnya yang akan dilakukan adalah karakterisasi jarak antar elemen antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski.

4.3 Karakterisasi Jarak Antar Elemen Yagi-Uda Cohen-Minkowski

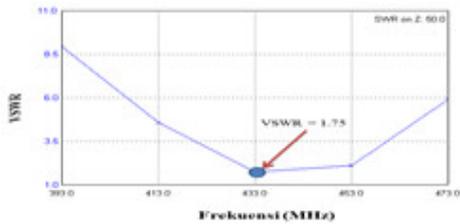
Pada bagian ini, dilakukan karakterisasi jarak antar elemen fraktal antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski dimana X1 adalah jarak

dari *driven* ke reflektor, X2 adalah jarak *driven* ke direktor 1, X3 jarak dari *driven* ke direktor 2, X4 adalah jarak dari *driven* ke jarak direktor 3, dan X5 adalah jarak dari *driven* ke direktor 4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakterisasi Jarak Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

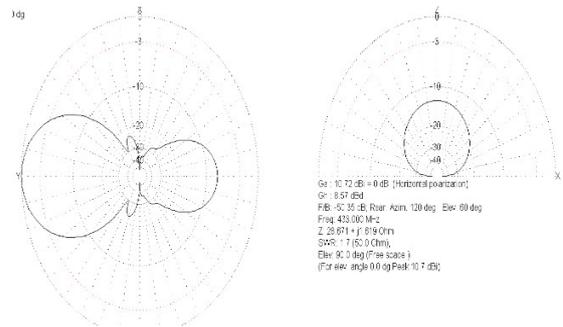
Elemen	Ukuran Panjang Fraktal (m)					Hasil	
	L1	L2	L3	L4	L5	VSWR	Gain (dbi)
Reflektor	0.142	0.007	0.007	0.007	0.007		
<i>Driven</i>	0.132	0.007	0.007	0.007	0.007		
D1	0.122	0.007	0.007	0.007	0.007		
D2	0.122	0.007	0.007	0.007	0.007		
D3	0.122	0.007	0.007	0.007	0.007		
D4	0.122	0.007	0.007	0.007	0.007	1.75	10.72
						1.35	10.81

Berdasarkan dari hasil simulasi dengan merubah jarak antar elemen antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski, ternyata dengan lima jumlah elemen fraktal Yagi-Uda Cohen-Minkowski dapat mencapai parameter yang diinginkan oleh sistem radiosonde untuk kota besar yang mengisyaratkan untuk kota besar dibutuhkan $gain \geq 10\text{dbi}$ dengan $VSWR \leq 2$. Hasil simulasi optimasi perubahan jarak antar elemen fraktal dapat dilihat pada Gambar 6 untuk grafik VSWR.



Gambar 6. VSWR karakterisasi jarak antar elemen

Gambar 6 menunjukkan bahwa VSWR yang dihasilkan setelah dilakukan karakterisasi jarak antar elemen diperoleh nilai sebesar 1.75. berdasarkan hasil tersebut, maka antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski ini dapat dilanjutkan ketahap membangun antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski. Untuk memastikan apakah dengan melakukan karakterisasi jarak antar elemen dapat dilanjutkan ketahap selanjutnya, maka hal yang harus diperhatikan lagi adalah nilai *gain* dan pola radiasi yang dihasilkan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Gambar 7 Gain karakterisasi jarak Antar Elemen



Gambar 7. Gain karakterisasi jarak Antar Elemen

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai *gain* yang dihasilkan setelah dilakukan karakterisasi jarak antar adalah sebesar 10.72 dengan pola radiasi *unidirectional*. Berdasarkan dari hasil simulasi dan parameter yang ingin dicapai, ternyata dengan lima buah elemen fraktal Yagi-Uda Cohen-Minkowski dapat mencapai parameter yang diinginkan oleh sistem radiosonde untuk kota besar yang mengisyaratkan $VSWR \leq 2$ dan $gain \geq 10\text{dbi}$.

4.4 Analisis Pengukuran

Pengukuran VSWR dilakukan untuk mengetahui kinerja antena pada frekuensi yang diinginkan. Kriteria VSWR yang diperbolehkan adalah bernilai $VSWR \leq 2$. Pengukuran VSWR antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada frekuensi 433MHz dilakukan di Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara dengan bantuan alat ukur VNA Master Anritsu MS2034B. Dengan bantuan alat ukur VNA Master Anritsu MS2034B, maka didapat grafik VSWR seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Pengukuran VSWR

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa VSWR yang dihasilkan pada saat pengukuran adalah sebesar 1.36 dimana pengukuran VSWR antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski ini berada pada rentang frekuensi antara 400MHz – 530 MHz. Batas frekuensi bawah dan batas frekuensi atas antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada frekuensi 433MHz ini adalah 405.835 MHz dan 514.806 MHz. Jadi, besarnya *bandwidth* antena ini adalah:

$$B = F_u - F_d$$

$$B = 514.806 - 405.835 = 108.971\text{MHz}$$

4.5 Analisis Hasil Capaian

Pada bagian ini akan membahas tentang perbandingan simulasi dan pengukuran antena Yagi-Uda dengan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski. Perbandingan simulasi dan pengukuran antena Yagi-Uda biasa dengan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Antena Yagi-Uda dengan Antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski

Parameter	Hasil Simulasi 5 elemen		Hasil Simulasi 6 elemen	
	Yagi-Uda	Yagi-Uda Cohen-Minkowski	Yagi-Uda	Yagi-Uda Cohen-Minkowski
VSWR	2.24	1.75	1.86	1.35
Gain	10.38	10.72	10.47	10.81
polaradiasi	Uni direksional	Uni direksional	Uni direksional	Uni direksional

Berdasarkan hasil perbandingan antena Yagi-Uda dengan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada Tabel 6, menunjukkan bahwa antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski mempunyai nilai VSWR dan nilai *gain* yang lebih baik daripada antena Yagi-Uda dimana persentase yang diperoleh Antena yagi-Uda Cohen-Minkowski untuk meningkatkan *gain* antena Yagi-Uda adalah sebesar 31.53% untuk lima elemen dan 31.79% untuk enam elemen dimana selisih *gain* lima elemen dan enam elemen adalah sebesar 0.09 dbi. Hal ini dapat terjadi karena antena Yagi-uda Cohen-Minkowski dapat mengurangi efek mutual kopling. Setelah didapat hasil simulasi yang optimal, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengukuran. Nilai VSWR Yagi-uda Cohen-Minkowski lima elemen yang didapat dari pengukuran adalah sebesar 1.36. berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, dapat disimpulkan bahwa nilai VSWR pada saat pengukuran lebih baik daripada pada saat simulasi. Hal ini dapat terjadi karena benda-benda disekitar pengukuran antena dapat merubah VSWR.

5. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai VSWR antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada saat simulasi sebesar 1.75 dan pada saat pengukuran sebesar 1.36.
2. Nilai *gain* antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski pada saat simulasi sebesar 10.72 dbi.

3. Jika perancangan menggunakan rumus sesuai dengan teori model Cohen-Minkowski, maka semakin besar ukuran fraktal nilai VSWR semakin mendekati ≤ 2 tetapi nilai *gain* semakin kecil.
4. Jika perancangan menggunakan ukuran total panjang fraktal sama dengan setengah panjang elemen antena Yagi-Uda, maka semakin kecil ukuran fraktal nilai VSWR yang didapat ≤ 2 dan semakin besar *gain* yang diperoleh.
5. Ukuran fraktal yang menghasilkan hasil yang paling optimal adalah 0.007meter.
6. Hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan antena Yagi-Uda Cohen-Minkowski adalah jenis elemen, ketebalan elemen, ukuran fraktal dan jarak antar elemen fraktal.

6. Daftar Pustaka

- [1] 1974. "The ARRL Antenna Book 21st Edition". US: *Amateur Radio Antenna, Transmissions Lines and Propagation*.
- [2] Muhammad, Kharisma. 2014. "Rancang Bangun Antena Stacking Yagi Untuk Stasiun Penerima Sistem Komunikasi Muatan Balon Atmosfer Frekuensi 433MHz". Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- [3] 1974. "The ARRL Antenna Book 13th Edition". US: The American Radio Relay League.
- [4] Balanis, Constantine A. 2005. "Antena Theory : Analysis and Design". USA: John Willey and Sons.
- [5] Kamal A.Rahim, Mohamad.2008. "Design And Development Of Fractal Antenna For Ultra High Frequency Band Application". Fakulti Kejuruteraan Elektrik. Universiti Teknologi Malaysia.
- [6] Simarpreet Kaur, Rajni, dan Anupma Marwaha.2014. "Fractal Antennas: A Novel Miniaturization Technique for Next Generation Networks". *IJETT International Journal of Engineering Trends and Technology*, Vol.9, No.15, Hal:744-747, Maret 2014.