

RANCANG BANGUN ANTENA *STACKING* YAGI UNTUK STASIUN PENERIMA SISTEM KOMUNIKASI MUATAN BALON ATMOSFER FREKUENSI 433 MHZ

Kharisma Muhammad, Arman Sani

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: alkharizmame@gmail.com

Abstrak

Salah satu cara untuk mendapatkan informasi tekanan udara, temperatur, kelembaban, kecepatan arah angin horizontal serta informasi lainnya pada pengamatan vertikal atmosfer adalah dengan menerbangkan balon udara yang membawa *radiosonde* pada atmosfer di ketinggian tertentu di atas permukaan laut. Untuk menjamin kontinuitas hubungan komunikasi antara *radiosonde* dan stasiun penerima diperlukan antena stasiun penerima yang memiliki *gain* yang tinggi dan *beamwidth* tertentu, seperti antena *Stacking* Yagi. Dalam tulisan ini dirancang antena *Stacking* Yagi dengan frekuensi operasi 433 MHz. Perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak 4NEC2. Dari pengukuran langsung terhadap antena menggunakan VNA Meter Anritsu MS2034B, nilai VSWR pada frekuensi 433 MHz sebesar 1,45 dan dari pengujian langsung di lapangan, antena *Stacking* Yagi yang dirancang dapat menjangkau jarak 5 km dengan baik pada frekuensi yang diinginkan.

Kata kunci: *radiosonde, unidirectional, Stacking Yagi, 4NEC2, VSWR*

2. Pendahuluan

Pengamatan cuaca yang diperlukan dalam dunia penerbangan tidak hanya di permukaan bumi, akan tetapi diperlukan pula informasi kondisi vertikal atmosfer seperti tekanan udara, temperatur, kelembaban dan profil angin horizontal. Salah satu teknologi pengamatan vertikal atmosfer dari permukaan bumi adalah peluncuran balon sonde atau *radiosonde* pada lapisan atmosfer di ketinggian tertentu di atas permukaan laut. *Radiosonde* tersebut bekerja pada frekuensi 433 MHz yang akan mengukur profil tersebut menggunakan penerima GPS.

Untuk menjamin kontinuitas hubungan komunikasi antara *radiosonde* dan stasiun penerima diperlukan antena dengan pola radiasi *unidirectional*. Antena *unidirectional* ini harus memiliki *gain* yang tinggi dan lebar berkas (*beamwidth*) tertentu. Salah satu antena yang dapat memenuhi kriteria ini adalah antena *Stacking* Yagi.

Antena *Stacking* yagi dipilih karena memiliki kelebihan antara lain nilai *gain* yang tinggi dan *beamwidth* yang sempit sehingga komunikasi dapat menjangkau jarak yang cukup jauh.

3. Antena

Antena didefinisikan sebagai suatu perangkat logam yang berfungsi meradiasikan atau menerima gelombang radio[1]. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Dimana:

λ = panjang gelombang (m)

c = cepat rambat cahaya (m/s)

f = frekuensi (Hz)

2.1 Parameter Antena

Parameter-parameter antena yang digunakan untuk menggambarkan kinerja suatu antena adalah Pola radiasi, lebar berkas (*beamwidth*), *gain*, *bandwidth* dan VSWR.

a. Pola Radiasi

Pola radiasi dari sebuah antena didefinisikan sebagai fungsi matematis atau gambaran secara grafis dari karakteristik radiasi sebuah antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang[1].

b. Lebar Berkas (*Beamwidth*)

Lebar berkas dari suatu pola didefinisikan sebagai sudut interval dari dua titik identik yang terletak berlawanan dari pola maksimum[1].

c. *Gain*

Penguatan absolut atau *gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara *isotropic*. Penguatan absolut dapat dihitung pada Persamaan (2) [1]:

$$G = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2)$$

d. *Bandwidth*

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai "rentang frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan".

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan pada Persamaan (3) sampai (5) [2] :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (3)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (4)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (5)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

e. VSWR

Perbandingan tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) yang ditunjukkan pada Persamaan (6) [1] :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (6)$$

Rumus untuk VSWR ditunjukkan pada Persamaan (7) [1] :

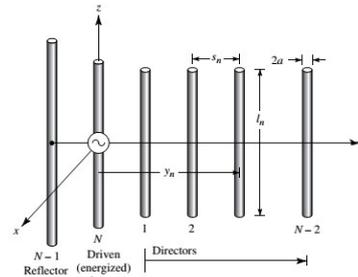
$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (7)$$

Nilai standar VSWR yang diijinkan dalam perancangan antenna adalah ≤ 2 .

2.2 Antena *Unidirectional*

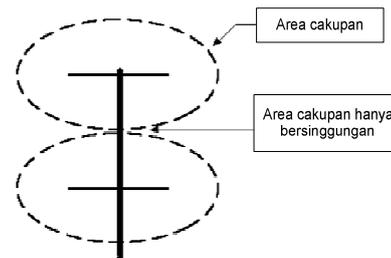
Antena *unidirectional* adalah antenna yang mengkonsentrasikan energi ke suatu arah tertentu. Salah satu modelnya adalah Yagi-Uda yang beroperasi pada rentang frekuensi UHF

(300-3000 MHz) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [1].



Gambar 1 Antena Yagi-Uda

Model antenna *unidirectional* yang lainnya adalah antenna *Stacking Yagi*. *Stacking Yagi* adalah suatu metode untuk meningkatkan *gain* antenna Yagi dengan cara memberikan jarak tertentu kepada antenna sehingga area cakupan dari masing-masing antenna tunggal hanya bersentuhan satu sama lain[3]. Penambahan *gain* untuk antenna Yagi kedua dengan jarak optimal *Stacking* adalah 3 dB [4]. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi *Stacking Yagi*

2.3 Propagasi Gelombang Radio

Propagasi Gelombang Radio adalah proses perambatan gelombang radio dari sisi pengirim (T_x) ke sisi penerima (R_x) melalui medium udara. Adapun parameter-parameter untuk perhitungan propagasi gelombang radio yaitu:

2.3.1 EIRP

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan energi efektif yang diperoleh pada *lobe* utama dari sebuah antenna pengirim. EIRP dirumuskan melalui Persamaan (8) [5].

$$EIRP_{dB} = P_{TxdBm} + G_{TxdB} - L_{WGdB} - L_{RdB} \quad (8)$$

dimana :

$EIRP_{dB}$ = *Effective Isotropic Radiated Power*

P_{TxdBm} = daya keluaran *transmitter*

G_{TxdB} = *gain* antenna pengirim

2.3.2 Receiver Gain

Gain penerima dapat dihitung melalui Persamaan (9) [5].

$$G_{RdB} = G_{RxdB} - L_{RadomedB} - L_{WGdB} - L_{Pol} - L_{Pt} \quad (9)$$

Keterangan :

- G_{RdB} = gain total
- G_{RxdB} = gain antenna penerima
- L_{RadB} = rugi – rugi radome
- L_{WGdB} = rugi – rugi kabel atau waveguide
- L_{Pol} = rugi –rugi polarisasi
- L_{Pt} = rugi – rugi pointing

2.3.3 Persamaan Friis

Persamaan rugi-rugi ruang bebas Friis dapat dirumuskan pada Persamaan (10) dalam dB [5].

$$FSL = 32.4 + 20 \log d + 20 \log f \quad (10)$$

dengan nilai d dalam km, dan f dalam MHz.

2.3.4 Persamaan Okumura-Hata

Dalam formulasi Hata itu, rugi – rugi lintasan di perkotaan diberikan oleh Persamaan (11) [6] :

$$L_{urban}(dB) = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_{be} - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log h_{be}) \log d \quad (11)$$

dimana :

- f = frekuensi antara 150–1,500 MHz
- d = jarak dalam km (1–20)
- h_{be} = tinggi efektif base station (30–200 m)

2.3.5 Link Budget

Link Margin adalah ukuran seberapa besar margin yang ada pada link komunikasi antara titik operasi dan titik di mana link tidak dapat lagi bekerja dengan baik, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (12) [5]:

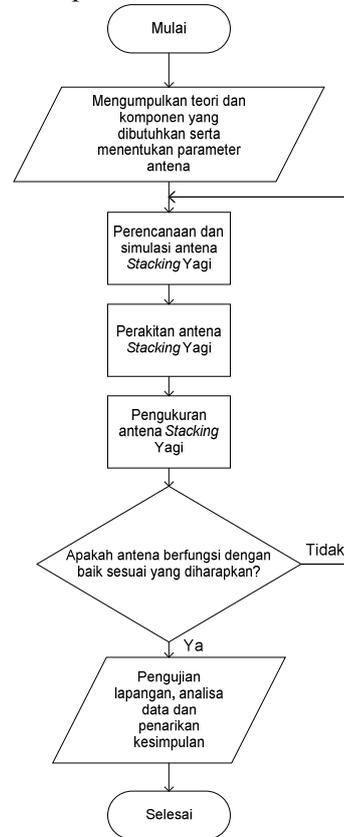
$$Link\ margin = EIRP - L_{path} + G_{Rx} - TH_{Rx} \quad (12)$$

Dimana:

- $EIRP$ = Effective Isotropic Radiated Power (dBW/dBm)
- L_{path} = total rugi – rugi lintasan, termasuk kerugian lain dan fading (dB)
- G_{Rx} = gain antenna penerima dalam dB
- TH_{Rx} = ambang batas penerima minimum (dBW/dBm)

3. Metode Penelitian

Pengerjaan antenna Stacking Yagi digambarkan dalam diagram alur seperti yang digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alur Perancangan dan Perakitan Yagi dan Stacking Yagi 433 MHz

3.1 Spesifikasi Stacking Yagi

Spesifikasi antenna Stacking Yagi dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Antena Stacking Yagi yang Dirancang

Parameter	Nilai
Frekuensi	433 MHz
Bandwidth	10 – 100 MHz
Teknik Pencatuan	Wilkinson Power Divider
Gain Stacking Yagi (Rx)	≥ 15 dB
Gain antenna radiosonde (Tx)	2.15 dB
Beamwidth	≤ 45°
VSWR	1 ≤ VSWR ≤ 2
Daya Tx dan Rx	20 dBm
Jarak jangkauan	5 – 10 km

3.2 Perencanaan dan Simulasi *Stacking* Yagi

Perancangan dan perhitungan elemen antenna *Stacking* Yagi menggunakan parameter antenna Yagi-Uda tunggal 12 elemen yang ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Perancangan Yagi 433 MHz 12 Elemen

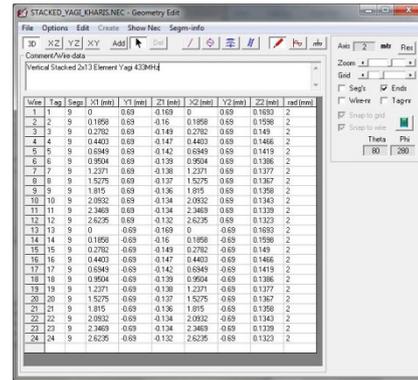
Elemen	Posisi (λ)	Panjang (λ)	λ (cm)	Posisi (cm)	Panjang (cm)
Ref	0	0.4886	69.28	0	33.852
DE	0.2681	0.4614	69.28	18.575	31.9676
D1	0.4015	0.43	69.28	27.817	29.7921
D2	0.6355	0.4232	69.28	44.030	29.3210
D3	1.003	0.4096	69.28	69.491	28.3787
D4	1.3718	0.4002	69.28	95.04	27.7274
D5	1.7855	0.3974	69.28	123.70	27.5334
D6	2.2047	0.3946	69.28	152.75	27.3394
D7	2.6197	0.392	69.28	181.50	27.1593
D8	3.0212	0.3878	69.28	209.32	26.8683
D9	3.3873	0.3864	69.28	234.68	26.7713
D10	3.7866	0.382	69.28	262.35	26.4665

Parameter-parameter yang dibutuhkan sebelum memulai simulasi *Stacking* Yagi 433 MHz ditampilkan pada Tabel 3.

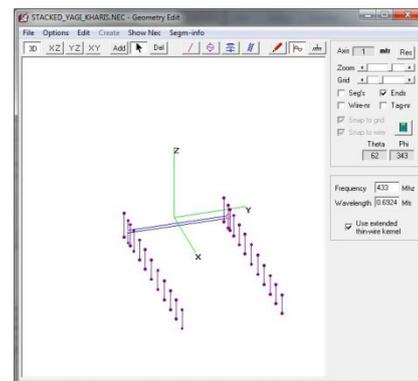
Tabel 3 Parameter *Stacking* Yagi 433 MHz

Parameter	Nilai
Jarak Spasi Antar Antena Yagi	2λ
Polarisasi	Vertikal
Impedansi Saluran Transmisi	50 Ohm

Perancangan dilakukan pada *software* simulasi 4NEC2. 4NEC2 adalah *software* gratis berbasis NEC2, NEC4 dan berbasis sistem operasi Windows untuk membuat, mengamati, mengoptimalkan dan memeriksa struktur geometri suatu antenna[7]. Nilai parameter *Stacking* Yagi 12 Elemen pada tampilan *software* 4NEC2 dapat dilihat pada pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4 Tampilan Menu *Comment/Wire*



Gambar 5 Tampilan Menu *Geometry Edit* Untuk *Stacking* Yagi 433MHz

3.3 Perakitan

Setelah dirancang melalui *software* 4NEC2, berikut ini adalah antenna *Stacking* yagi yang telah dirakit, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Antena *Stacking* Yagi

3.4 Pengukuran

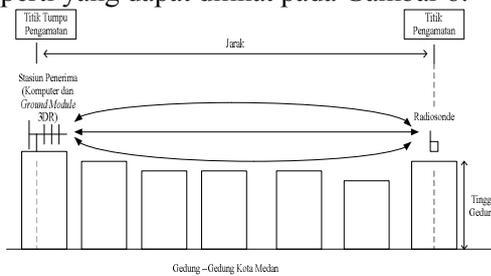
Setelah antenna *Stacking* Yagi dirakit, selanjutnya dilakukan pengukuran dengan alat ukur VNA Master Anritsu MS2034B pada Gambar 7 dan pengujian langsung di lapangan.



Gambar 7 Pengukuran VSWR

3.5 Pengujian Lapangan

Titik tumpu pengamatan ditetapkan sebelum titik-titik pengujian diambil. Pada titik tumpu pengamatan diletakkan antenna *Stacking Yagi*, PC dan modul receiver (Rx). Lalu pada titik pengujian diletakkan *radiosonde* yang berisi sensor GPS dan modul transmitter (Tx), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Pengujian Lapangan

Titik tumpu pengamatan terletak pada koordinat *latlong* (3.55754033, 98.62595452) yaitu Ruko Graha Galeria Lantai 5 di Jalan Gagak Hitam (Ringroad) No.18 Medan. Titik-titik yang akan diuji adalah sebagai berikut:

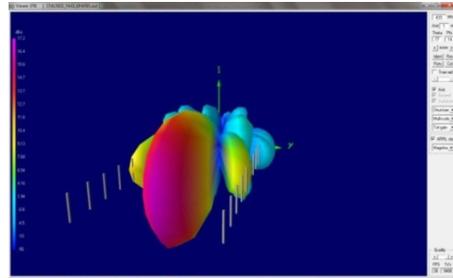
1. Gedung T3 Lantai 4 DTE USU Medan, jarak LOS 3.11 Km dan *bearing* pada 82.16°.
2. Parkiran mobil lantai atas (Roof) Mall Sun Plaza, jarak LOS 5.71 Km dan *bearing* pada 61.58°.
3. Lantai 5 Gedung Utama PT. Pelindo I, jarak LOS 11.01 Km dan *bearing* pada 33.21°.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi antenna *Stacking Yagi* dengan simulator 4NEC2, pengukuran parameter VSWR *Stacking Yagi* dengan alat ukur VNA Master Anritsu MS2034B dan pengujian lapangan dengan *radiosonde* adalah sebagai berikut :

4.1 Hasil Simulasi Antena *Stacking Yagi*

Pola pancar *Stacking Yagi* 433 MHz 12 elemen dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil simulasi dilakukan pada frekuensi 390 – 460 MHz dan pada Theta= 90 dan Phi= 0.



Gambar 9 Pola Pancar Antena *Stacking Yagi* 433 MHz dengan 4NEC2

Nilai *Gain* dari *Stacking Yagi* 433 MHz 12 elemen adalah 17,21 dB. Nilai Front to Back Ratio dari *Stacking Yagi* 433 MHz 12 elemen adalah 23,19. Nilai VSWR dari *Stacking Yagi* 433 MHz 12 elemen adalah 1,84.

4.2 Hasil Pengukuran VSWR Antena *Stacking Yagi*

Pengukuran VSWR antenna *Stacking Yagi* dengan alat ukur VNA Master Anritsu MS2034B ini berada pada rentang frekuensi antara 390 MHz sampai 490 MHz. Nilai VSWR antenna *Stacking Yagi* pada 433 MHz bernilai 1.45. Besarnya *bandwidth* antenna *Stacking Yagi* ini menurut Persamaan (3) adalah :

$$B_p = \frac{93,334 \text{ MHz}}{437,251 \text{ MHz}} \times 100\% = 21,346\%$$

4.3 Hasil Pengujian Lapangan

Tampilan data pengujian lapangan yang dikirimkan oleh *radiosonde* yang berupa data *latitude* dan *longitude* GPS untuk Gedung T3 Lantai 4 DTE USU Medan dapat dilihat pada Gambar 10.

477	3.561543	98.653464	245	11/01/2014	06:53:08	710	54.20	85.95	1.22	HW	3	261.69 W
478	3.561537	98.653411	621	11/01/2014	06:53:09	784	54.10	85.95	0.43	HW	3	261.70 W
479	3.561538	98.653411	888	11/01/2014	06:53:10	855	54.10	85.95	0.46	HW	3	261.71 W
480	3.561538	98.653419	245	11/01/2014	06:53:12	607	54.20	85.95	2.81	HW	3	261.72 W
480	3.561509	98.653419	317	11/01/2014	06:53:13	482	54.20	85.95	2.94	HW	3	261.76 W
481	3.561500	98.653419	393	11/01/2014	06:53:14	255	54.40	85.95	2.91	HW	3	261.78 W
482	3.561483	98.653450	467	11/01/2014	06:53:15	631	54.50	85.95	3.28	HW	3	261.81 W
482	3.561484	98.653450	542	11/01/2014	06:53:16	704	54.70	85.95	3.30	HW	3	261.80 W
482	3.561491	98.653457	615	11/01/2014	06:53:17	779	54.70	85.95	2.20	HW	3	261.81 W
268	3.561463	98.653489	688	11/01/2014	06:53:18	851	49.80	85.95	3.07	HW	3	261.88 W
268	3.561467	98.653488	245	11/01/2014	06:53:20	407	51.50	85.95	3.30	HW	3	261.87 W
268	3.561464	98.653488	315	11/01/2014	06:53:21	478	51.60	85.95	2.04	HW	3	261.88 W
489	3.561466	98.653511	378	11/01/2014	06:53:22	247	51.60	105.87	0.93	SSE	3	261.92 W
489	3.561429	98.653511	468	11/01/2014	06:53:23	632	51.50	105.87	0.72	SSE	3	261.93 W
486	3.561443	98.653503	544	11/01/2014	06:53:24	708	51.50	105.87	0.32	SSE	3	261.92 W
486	3.561445	98.653503	614	11/01/2014	06:53:25	780	51.40	105.87	1.61	SSE	3	261.92 W
487	3.561442	98.653511	687	11/01/2014	06:53:26	851	51.40	105.87	1.83	SSE	3	261.93 W
488	3.561438	98.653518	250	11/01/2014	06:53:28	415	51.30	105.87	2.09	SSE	3	261.94 W
489	3.561436	98.653511	323	11/01/2014	06:53:29	485	51.30	105.87	1.65	SSE	3	261.94 W
489	3.561431	98.653526	398	11/01/2014	06:53:30	263	51.30	105.87	2.11	SSE	3	261.96 W
490	3.561429	98.653526	472	11/01/2014	06:53:31	637	51.30	105.87	2.15	SSE	3	261.96 W
491	3.561431	98.653541	625	11/01/2014	06:53:33	788	51.20	105.87	2.82	SSE	3	261.96 W
491	3.561429	98.653541	691	11/01/2014	06:53:34	855	51.20	105.87	2.02	SSE	3	261.96 W
492	3.561432	98.653541	242	11/01/2014	06:53:36	405	51.20	105.87	1.17	SSE	3	261.96 W
493	3.561434	98.653533	316	11/01/2014	06:53:37	482	51.10	105.87	0.63	SSE	3	261.95 W

Gambar 10 Data Gedung Teknik Tegangan Tinggi DTE USU

Tampilan data pengujian lapangan untuk Sun Plaza tepatnya Parkiran mobil lantai atas (Roof) Medan dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 Data Parkiran Mobil Lantai Atas Sun Plaza

4.4 Analisis

Berikut ini adalah analisis-analisis dari hasil-hasil yang diperoleh sebelumnya.

4.4.1 Analisis Pengukuran VSWR

Antena Stacking Yagi

Nilai VSWR antena Stacking Yagi yang diperoleh dari simulator 4NEC2 pada 433 MHz adalah 1,84. Sedangkan dari hasil pengukuran langsung dengan VNA Master Anritsu MS2034B, nilai VSWR pada 433 MHz sebesar 1,45. Hasil yang didapatkan ini tidak begitu sesuai dengan hasil simulasi menggunakan simulator 4NEC2. Akan tetapi, masih berada dalam rentang di bawah 2 ($1 \leq \text{VSWR} \leq 2$).

4.4.2 Analisis Pengujian Lapangan

Dari hasil pengujian lapangan dengan *radiosonde* pada titik pertama dan kedua, diperoleh bahwa antena dapat beroperasi dengan baik pada jarak 3 km dan 5 km.

Mode propagasi Okumura-Hata pada Persamaan (11) digunakan untuk menganalisis rugi-rugi lintasan pada titik-titik pengujian.

Perhitungan *link budget* tiap titik pengujian berdasarkan pendekatan perhitungan rugi-rugi propagasi Okumura-Hata dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 *Link Budget*

T_x Power	20	20	20
T_x Loss	-4.95	-4.95	-4.95
T_x Antena Gain	17.4	17.4	17.4
EIRP	32.45	32.45	32.45
P_{Loss} Okumura-Hata	-124.29	-128.83	-143.52
T_x Pointing Error	-1	-1	-1
Multipath	-2	-2	-2
Atmospheric Loss	-0.2	-0.2	-0.2
Total Path Loss	-127.49	-132.03	-146.72
R_x Antena Gain	2.15	2.15	2.15
Polarization Loss	-0.2	-0.2	-0.2
R_x Loss	-1	-1	-1
R_x Pointing Error	-1	-1	-1
Total Rx Gain	-0.05	-0.05	-0.05
Interference Margin	-1	-1	-1
Threshold	117	117	117
Link Margin	20.91	16.37	1.68

Dari hasil perhitungan pendekatan *link budget* di atas, besarnya nilai *link margin* jarak 3 km dan 5 km masih termasuk dalam kriteria yang diharapkan. Hal ini menandakan bahwa propagasi masih dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan pada jarak 11 km, nilai *link margin* sangat kecil, sehingga sangat kecil kemungkinan tersedianya jalur propagasi.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan :

1. Antena Stacking Yagi yang dirancang dapat dipergunakan pada 433 MHz, dengan nilai VSWR pada 1.45.
2. Bandwidth antena Stacking Yagi yang dirancang memiliki nilai 93,334 MHz.
3. Antena Stacking Yagi dapat menjangkau jarak 5 km ke arah horizontal permukaan bumi secara *Line of Sight*.
4. Antena Stacking Yagi yang dirancang sangat ekonomis dari segi perakitan.
5. Penggunaan perangkat 4NEC2 untuk rancang bangun antena Stacking Yagi sangat membantu kerja penulis untuk menganalisa dan menentukan beberapa parameter antena.

6. Daftar Pustaka

- [1] Balanis, Constantine A. 2005. *Antenna Theory : Analysis and Design 3rd Edition*. US: John Wiley & Sons.
- [2] Alaydrus, Mudrik. 2011. *Antena Prinsip dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Ifwtech. VHF/UHF Long Yagi Workshop.
<http://www.ifwtech.co.uk/g3sek/diy-yagi/>. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2014.
- [4] Orr, William I. 1993. *Beam Antenna Handbook*. New Jersey: Radio Publications.
- [5] Seybold, John S. 2005. *Introduction to RF Propagation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [6] Barclay, Les. 2013. *Propagation of Radiowaves 3rd Edition*. UK: Institution of Electrical Engineers.
- [7] Anonim. *Numerical Electromagnetics Code*.
http://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_Electromagnetics_Code. Diakses pada tanggal 5 September 2014.