9th Industrial Research Workshop and National Seminar
Peran Penelitian dan Inovasi di Era Industri 4.0 Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan Menuju Kemandirian Bangsa
POLBAN
IRONS

Realisasi Antena Yagi untuk Objek Pengukuran dalam Implementasi Simulasi Pola Radiasi Antena

Asep Barnas Simanjuntak[1, 2], Budi Mulyanti[2], Enjang Akhmad Juanda[2], Ade Gaffar Abdulah[2], Tata Supriyadi[1]

[1]Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung
[2]Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
E-mail: asep.barnas@polban.ac.id

ABSTRAK

Abstrak **–** Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan implementasi antena Yagi 7 elemen pada frekuensi 915 MHz menggunakan balun bazooka untuk objek pengukuran propagasi dan pola radiasi antena. Antena Yagi ini memiliki kontruksi yang sederhana dimana elemen-elemen parasitnya bisa diatur, ditambah atau dikurangi. Sistem pencatuan bazooka digunakan untuk meminimalisir efek pembebanan dari elemen-elemen parasit. Dengan demikian penambahan atau pengurangan elemen parasit untuk simulasi pola radiasi tidak akan mengubah impedansi input antena. Hasil pengukuran menunjukkan antena ini bekerja pada frekuensi 877.3 – 943.2 MHz pada VSWR ≤ 2 dengan bandwidth 65.7_MHz. Pola radiasi yang dihasilkan uni-direksional dengan gain H-plane 10.65 dB dan gain E-plane 11.45 dB.

Kata Kunci: *Antena Yagi, balun bazooka, pola radiasi antena*

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem komunikasi radio, antena Yagi sudah sangat dikenal, terutama karena antena Yagi ini umum digunakan sebagai antena penerima siaran televisi komersial. Selain itu, antena Yagi banyak digunakan oleh para praktisi telekomunikasi mengingat kontruksinya yang sederhana dan biayanya ringan. Salah satu kelebihan antena Yagi yang lain adalah bahwa dari sejumlah elemen yang disusun, hanya elemen driver saja yang diberi pencatuan arus dari generator. Hal ini berbeda, misalnya, dengan kompetitornya yaitu antena log-periodik yang memiliki jumlah elemen dan gain yang relaif sama dengan antena Yagi. Kedua antena ini memiliki pola radiasi yang sama yaitu unidireksional dengan gain yang relatif sama juga. Akan tetapi, pada antena log-periodik, semua elemen harus diberikan pencatu arus, sehingga menimbulkan kesulitan tersendiri.

Antena Yagi-Uda dikembangkan oleh H. Yagi dan S. Uda dan dipublikasikan ke dalam bahasa Inggris dalam Prosiding Imperial Academy di Jepang pada bulan Februari 1926 [1], sampai tahun 1928 tulisan mengenai konsep Yagi–Uda antena ke seluruh dunia [2]. Dasar antena susun Yagi-Uda dasar terdiri dari satu set paralel dari radiator dipol linier (elemen parasit). Elemen paling kiri sedikit lebih besar dari panjang resonan dan disebut elemen reflektor. Elemen berikutnya adalah elemen dipol yang panjang resonan. Elemen paling kanan sedikit lebih pendek dari panjang resonan dan disebut direktor. Jumlah elemen direktor ini bisa lebih banyak dari satu elemen untuk menambah gain.

Jarak antar elemen sekitar $0.15\lambda - 0.4\lambda$ [1][2]. Antena Yagi memberikan radiasi unidireksional, yaitu radiasinya diarahkan ke arah kanan array sepanjang sumbu antena. Gain optimum antena Yagi adalah 9 dB – 12 dB [2].

Akan tetapi, di sisi lain, antena Yagi bersifat resonan, dan memberikan bandwidh yang sempit (narrow-band). Sifat resonan ini terjadi karena elemen-elemen antena Yagi adalah elemen dipol. Selain itu, pada susunan elemen, terjadi interaksi antar elemen karena terjadi kopling elektromagnetik antar elemen tersebut [3]. Semakin tinggi frekuensi akan semakin kuat kopling tersebut. Kopling ini akan menimbulkan pembebanan pada elemen driver (*resonant element*).

Masalah lain yang terjadi adalah ketika antena Yagi dihubungkan dengan saluran transmisi koaksial, yaitu saluran yang umumnya digunakan, akan menimbulkan ketidak-sesuaian. Hal ini terjadi karena antena Yagi adalah elemen antena yang "balance" sedangkan saluran koaksial merupakan saluran yang "unbalance."
Masalah tersebut bisa diatasi dengan menerapkan

antena disisipkan perangkat "balun", kependekan dari *balance-to-unbalance*. Pada prinsipnya, teknik balun ini dilakukan untuk mengeliminasi efek diskontinuitas antara saluran koaksial dan input antena. [2] [4]

Ketika balun diimplementasikan, efek pembebanan elemen parasit terhadap impedansi input elemen driver diminimalisir [2]. Atas dasar ini antena Yagi dengan teknik balun bazooka bisa digunakan untuk mengubah, menambah, atau mengurangi elemen tanpa banyak mempengaruhi impedansi input antena. Pengubahan terhadap dimensi dan jumlah elemen dilakukan untuk mencari optimasi gain dan bandwidth dalam perancangan antena Yagi.

Dengan demikian, dalam implementasinya, mahasiswa dapat melakukan penelitian terkait dengan konfigurasi susunan elemen antena dan juga jumlah elemen antena sehingga bisa menghasilkan pola radiasi yang optimum. Pola radiasi untuk setiap susunan elemen dipol diukur dan di-plot menggunakan alat pengukur pola radiasi otomatis [5].

Pola radiasi yang terukur dibandingkan dengan simulasi menggunakan Matlab sehingga mahasiswa bisa melakukan analisis terhadap hasil pengukuran pola radiasi dibandingkan dengan simulasi komputer.

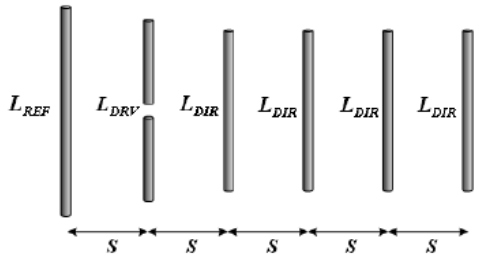
Dalam proses realisasi antena Yagi ini khususnya terdapat beberapa tahapan. Pertama, perhitungan dimensi dan impedansi input antena secara manual berdasarkan tabel Yagi. Kemudian dimensi antena tersebut disimulasikan dengan menggunakan software dalam hal ini Ansoft HFSS v.9 atau software lain yang sejenis. Dalam simulasi ini dilakukan optimasi dimensi sehingga parameter antena yang telah ditentukan dipenuhi. Selanjutnya berdasarkan dimensi hasil simulasi direalisasikan dan diukur respon frekuensinya. Setelah itu diukur bentuk pola radiasi dan gain-nya.

2. KONFIGURASI ANTENA

Antena yang akan dirancang dan diimplemen-tasikan merupakan antena Yagi yang terdiri dari tujuh elemen. Sistem pencatuan antena susun menggunakan teknik *balun.*

2.1 Kontruksi Antena Yagi

Antena Yagi merupakan antena susun linier parasitik yang terdiri dari sebuah antena dipol aktif (*driven element*), dipol reflektor (*reflector element*), dan beberapa dipol pengarah (*director elements*), seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Gambar ini elemen reflektor (L_{REF}), driver (L_{DRV}), dan empat buah elemen direktor (L_{DIR}). S adalah jarak antar elemen.



Gambar 1. Konfigurasi antena Yagi

Parameter-parameter ukuran untuk konfigurasi fisik antena Yagi adalah panjang elemen reflektor, panjang elemen drver, panjang elemen-elemen pengarah, jarak antar elemen yang berdekatan, dan bahkan diameter masing-masing elemen. Ukuran-ukuran tersebut adalah relatif terhadap panjang gelombang. Terdapat beberapa konfigurasi untuk parameter-parameter tersebut, disini diberikan konfigurasi berdasarkan tabel [2]. Konfigurasi ini selain cukup lengkap, juga dapat dilihat dimana jarak antar elemen yang berdekatan sama, dan selain itu panjang semua elemen pengarah juga sama. Ukuran panjang ini relative terhadap panjang gelombang frekuensi kerja.

2.2 Pola radiasi antena Yagi

Antena Yagi memiliki pola radiasi uni-direksional, artinya antena mengarahkan atau merespon rapat daya gelombang elektromagnetik ke atau dari satu arah tertentu. Pola radiasi antena Yagi diperlihatkan pada Gambar 2.

Persamaan pola radiasi untuk antena Yagi diberikan pada persamaan berikut [3, orfanidis]. Persamaan ini adalah untuk susunan elemen linier parallel terhadap sumbu-z dan radiasi mengarah ke x-positip.

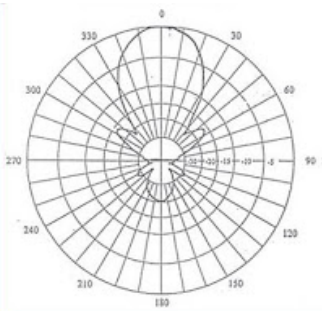
$$g(\theta,\phi) = \left| \sum_{p=1}^{K} I_p \frac{\cos\left(kh_p \cos\theta\right) - \cos kh_p}{\sin kh_p \sin\theta} e^{jkx_p \sin\theta \cos\phi} \right|^2$$

dimana $k = 2\pi/\lambda$ dan I_p adalah arus pada elemen ke-p, dan h_p adalah setengah panjang elemen ke-p.

2.3 Balun

Balun adalah singkatan dari *balanced to unbalanced*. Balun digunakan untuk menghubungkan komponen yang *balance* [4] [6], dalam hal ini antena Yagi, dan komponen yang tidak *balanced*, yaitu kabel koaksial sebagai saluran transmisi. Antena Yagi disusun oleh elemen-elemen antena dipol yang secara fisik simetris. Di sisi lain

simetris antara saluran positif dan saluran negatifnya.



Gambar 2. Pola radiasi Antena Yagi

Tidak seperti saluran kawat sejajar dimana saluran positip dan negatipnya sama sama (simetris) secara fisik, saluran koaksial dibentuk oleh saluran positip yang diselubungi oleh selubung konduktor sebagai saluran negatifnya sehingga tidak simetris. Efek dari ketidak-simetrisan ini akan menyebabkan terjadinya *scattering* ("kebocoran") gelombang elektro-magnetik di sepanjang saluran transmisi [2]. Efek dari kebocoran ini harus diatasi dengan menggunakan perangkat balun tertentu.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Spesifikasi Antena

Langkah awal dari suatu perancangan adalah menetapkan spesifikasi sebagai acuan dalam perancangan yang akan dilakukan. Spesifikasi antena yang diinginkan adalah:

- Frekuensi kerja (tengah) : 915 MHz
- Impedansi antena : 50 ohm
- Polarisasi : Linear
- Pola radiasi : Direksional
- Directivity : > 10 dB

3.2 Perancangan Kontruksi Antena

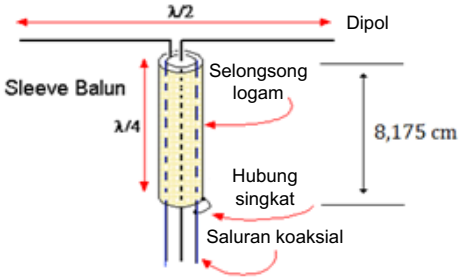
Perancangan kontruksi antena bermaksud untuk mendapatkan spesifikasi untuk merealisasikan antenna serta pola radiasi yang diinginkan. Untuk mendapatkan nilai-nilai impedansi beban mendekati 50 Ω maka karakteristik antena Yagi yang mengacu pada tabel [2] adalah dengan impedansi 57.2 – j1.9 dan gain yang ingin diperoleh sebesar 12 dB.

Sebelum melakukan penyusunan antena yagi, harus dicari terlebih dahulu ukuran masing-masing elemen. Untuk mencari nilai dari masing-masing elemen, diperoleh melalui perhitungan berdasarkan tabel. Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran elemen driven, reflektor dan direktor sebagai berikut: Jarak antar elemen = 8.18 cm, reflektor = 15.60 cm, driven = 14.85 cm, dan direktor = 14.19 cm

3.3 Perancangan Bazooka Balun

Teknik *balun* yang dipakai dari elemen *driven* ini adalah balun bazooka yang terdapat dalam elemen *driven*. Bazooka balun ini terbuat dari sebuah selongsong pipa tembaga dimana panjang gelombang terlihat pada Gambar-3 yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{1/4}{\sqrt{\varepsilon r}} \times \lambda = \frac{1/4}{\sqrt{1}} \times 32{,}7\ cm = 8{,}175\ cm$$



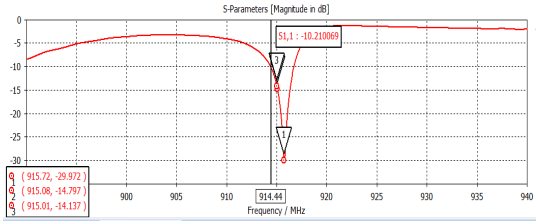
Gambar 3. Balun *bazooka*

3.4 Simulasi Menggunakan Ansoft HFSS v.9

Pada perancangan ini digunakan software Ansoft HFSS v.9 sebagai alat bantu untuk mensimulasikan antena hasil perancangan sebelum akhirnya direalisasikan. Simulator ini dibutuhkan agar dalam tahapan realisasi tidak terlalu banyak dilakukan perbaikan-perbaikan yang pada akhirnya akan menambah biaya fabrikasi.

3.4.1 Hasil Simulasi Respon return-loss

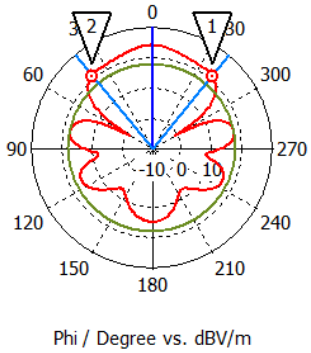
Data hasil simulasi return-loss diperlihatkan pada Gambar 4. Dari hasil tersebut dapat ditunjukan bahwa frekuensi kerja yang didapat adalah 915,72 MHz. Dengan nilai return loss sebesar -29.972. Pada frekuensi 915,01 MHz dengan nilai return loss sebesar -14,137. Besar *bandwidth*-nya yaitu 916.72 MHz – 914.14 MHz = 2.28 MHz.



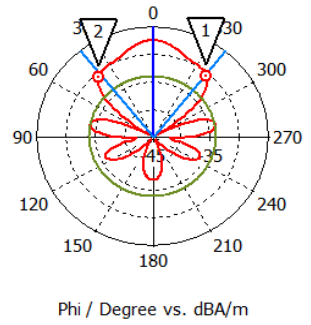
Gambar 4. Return loss dari hasil simulasi

3.4.2 Hasil Simulasi Pola Radiasi dan Gain

Gambar-5 dan Gambar-6 masing-masing menampilkan pola radiasi H-plane dan E-plane hasil simulasi. Dari bidang-H diperoleh HPBW-H = 61.38° dan dari bidang-E, HPBW-E = 41.81°. Dari data ini dapat dihitung direktivitas (gain) dengan cara pendekatan, yaitu 12.06 dB. Hasil ini



Gambar-5. Hasil plot pola radiasi H-plane menggunakan *software* CST *Studio Suite* 2016
Marker 1 = 320.4^0, 20.96 dBV/m
Marker 2 = 40.29^0 , 20.85 dBV/m



Gambar-6. Hasil plot pola radiasi E-plane menggunakan *software* CST *Studio Suite* 2016
Marker 1 = 320.4^0, -30.63 dBV/m
Marker 2 = 40.29^0, -30.75 dBV/m

Maka gain antena dapat dihitung yaitu:

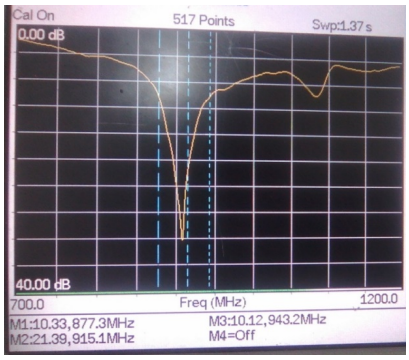
$$G = 10\,log\,\frac{41253}{BW\phi BW\theta} = \frac{41253}{41{,}81 \times 61{,}38} = 12.06\,dB\,.$$

Gain hasil perhitungan simulasi ini hampir sama nilai gain pada tabel Yagi.

4. PENGUKURAN UNJUK KERJA DAN ANALISIS

4.1 Pengukuran Return Loss dan Bandwidth

Pengukuran return loss dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara impedansi antena dan saluran transmisi pada rentang frekuensi yang telah ditentukan (sesuai dengan spesifikasi). Pengukuran return loss ini dilakukan dengan menggunakan *Scalar Network Analyzer.*
Tampilan gambar hasil pengukuran *return loss* dengan penunjukan respon pada daerah frekuensi kerja yang ditandai oleh M1,M2,M3 pada Gambar-7.



Gambar-7. Hasil pengukuran r*eturn loss*

Dari Gambar-8 terlihat bahwa frekuensi tengah yang didapat adalah 910.3 MHz dengan nilai *return loss* sebesar 27.94 dB.

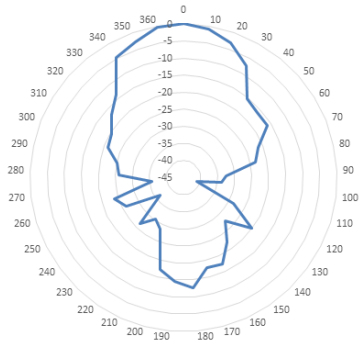
Berdasarkan data hasil pengukuran, besar *bandwidth* dari antena yagi yang dibuat adalah:
$f_L = 877.3\,MHz,\ f_C = 910.3\,MHz,\ f_H = 943.2\,MHz$
$BW = 943.2 - 877.3 = 65.9\,MHz$

Dari hasil pengukuran *return loss* terlihat bahwa antena Yagi bekerja pada frekuensi 877.3 MHz – 943.2 MHz dihasilkan badwidth sebesar 65.9 MHz dan frekuensi tengah yang dihasilkan adalah 910.3 MHz pada *return loss* yang 10 dB. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi perancangan yang diinginkan.

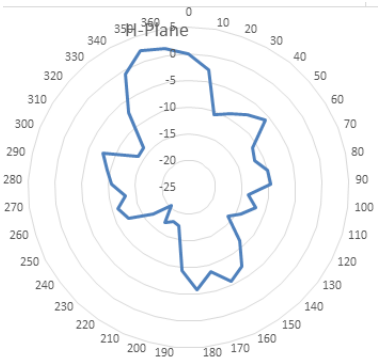
4.2 Pengukuran Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan bentuk tiga dimensi (pola ruang) dan menggambarkan intensitas medan di semua arah dari antena tersebut. Pengukuran pola radiasi dilakukan bidang-E (*E-Plane*) dan bidang-H (*H-Plane*). AUT (*antena under test)* sebagai antena penerima, sedangkan antena pemancar menggunakan antena referensi yang mempunyai frekuensi kerja 915 MHz. Plot hasil pengukuran pola radiasi E-Plane diperlihatkan Gambar-8, sedangkan plot hasil pengukuran pola radiasi H-plane dapat dilihat pada Gambar-9. Hasil pengukuran pola radiasi menunjukan bahwa antena Yagi 7 elemen yang direalisasikan ini memiliki pola radiasi *unidirectional* . Antena Yagi ini memiliki besar *front to back ratio*- nya adalah 12.6dB pada E-plane, sedangkan pada H-Plane 5.8dB.

Bentuk pola radiasi antena yagi yang diukur tidak terlalu jauh dengan bentuk pola radiasi simulasi dan teori yang ada. Penulis melakukan pengukuran pola radiasi di dalam ruangan. Hal ini dikarenakan lokasi pengukuran pola radiasi seharusnya merupakan tanah lapang yang tidak terdapat banyak penghalang



Gambar-8. Plot Pola Radiasi Bidang E-Plane



Gambar 9. Plot Pola Radiasi Bidang H-Plane

4.3 Pengukuran Gain

Pengukuran *gain* dari sebuah antena dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sebuah antena meradiasikan gelombang ke arah diinginkan dan dilakukan dengan membandingkan intensitas maksimum antena tersebut dengan intensitas maksimum antena referensi. Dalam pengukuran ini ini digunakan antena dipol setengah panjang gelombang sebagai antena pembanding yang telah diketahui *gain*-nya.

Dari data hasil pengukuran dilakukan perhitungan gain sebagai berikut.

E-Plane

G_{ref} = 2.15 dBi

P_{ref}(dipol) = −46 dBm

P_{test}(yagi) = -36.7 dBm

G_{test} = 2.15 dB – (-46 dBm) + (-36.7dBm) = 11.45 dB

H-Plane

P_{ref}(dipol) = -40.5 dBm

P_{test} (yagi) = -32 dBm

G_{test} = 2.15 dBi – (-40.5 dBm) + (-32 dBm) = 10.65 dB

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan *gain* antena yagi pada E-Plane 11.45 dB dan 10.65 dB pada H-Plane. *Gain* antena yagi hasil rancangan mendekati besar gain dari spesifikasi awal berdasarkan tabel karakteristik antena yaitu sebesar 12 dB. Nilai *gain* hasil pengukuran ternyata lebih besar dari hasil simulasi dimana besar *gain* hasil simulasi yaitu 7.23 dB. Hal ini dikarenakan level daya terima antena yagi dan antena referensi berubah setiap waktunya, sehingga sulit untuk mendapatkan hasil yang akurat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengukuran antena antena Yagi 7 elemen dapat disimpulkan:

1. Proses perancangan dan realisasi antena Yagi cukup mudah mengingat hanya satu elemen yang diberi pencatuan, sedangkan elemen yang lainnya merupakan elemen pasif.
2. Penggunaan balun bazooka diterapkan untuk mengeliminir terjadinya pembebanan pada impedansi input antena.
3. Pada penelitian ini telah berhasil direalisasikan antena Yagi 7 elemen dengan frekuensi kerja 877.3 MHz-943.2MHz, frekuensi tengah 910.3 MHz, *Bandwidth*-nya sebesar 65.9 MHz pada *return loss* 10 dB.
4. Hasil pengukuran pola radiasi menunjukan bahwa antena Yagi 7 elemen ini memiliki pola radiasi unidireksional.
5. *Gain* yang diperoleh dari hasil pengukuran 7 elemen ini sebesar 11.45 dBi hanya sedikit berbeda dari perancangan awal yaitu 12 dBi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada UPPM Politeknik Negeri Bandung yang telah membantu dan memfasilitasi dalam pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Sun, H. Zang, G. Wen, P. Wang. “Research Progress in Yagi Antennas”, 2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), Procedia Engineering , 2012

[2] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1981.

[3] S. J. Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antennas, Rutgers University, 2002, tersedia pada www.ece.rutgers.edu/orfanidi/ewa

[4] J.D Krauss, R.J. Marhefka, *Antennas for All Applications*, 3rd Edition, Boston: Mc. Graw Hill, 2002.

[5] A. B. Simanjuntak, T. Supriyadi: Pengembangan Alat untuk Mengukur dan Memvisualisasikan Pola Radiasi Antena sebagai Alat Bantu Pengajaran Praktikum Teknik Antena dan Propagasi di Laboratorium Radio, Laporan Penelitian Unggulan Peningkatan Kapasitas Laboratorium Polban, 2017.

[6] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd ed*. New Jersey: John Willey & Sons, Inc., 2005.