

Perancangan Antena Yagi Cetak untuk Mendeteksi Petir pada Pita *Very High Frequency*

Mia Maria Ulfah¹, Dean Corio², Rheyuniarto S. Asthan³, Achmad Munir⁴

¹Program Studi Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Sumatera

²Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera

³Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera

⁴Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro, Institut Teknologi Bandung

*mia.ulfah@tt.itera.ac.id¹

INTISARI

Antena Yagi konvensional dan antena Yagi cetak sebagai komponen penyusun sensor deteksi petir telah dirancang dan disimulasikan pada penelitian ini. Kedua antena memiliki jumlah elemen yang sama dan dicatu dengan menggunakan *coaxial probe*. Antena Yagi cetak menggunakan medium berupa bahan substrat dielektrik dengan nilai permitivitas relatif tertentu sedangkan antena yagi konvensional menggunakan medium udara. Dimensi akhir rancangan antena Yagi adalah sebesar $0,84\lambda \times 0,5\lambda$, sementara antena Yagi cetak $0,595\lambda \times 0,47\lambda$ atau dengan kata lain ukuran antena mampu berkurang hingga 33,42%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan ukuran yang lebih kecil, ringan, dan planar, antena Yagi cetak mampu bekerja pada frekuensi yang sama dengan koefisien refleksi sebesar -17,1dB, *gain* puncak 8,8dBi, dan memiliki pola radiasi *directional* pada pita VHF.

Kata kunci: Antena Yagi, Antena Yagi Cetak, Pita VHF, Sensor Deteksi Petir

ABSTRACT

In this research, Yagi antenna and printed Yagi antenna as one of the components of lightning detection sensors have been designed and simulated. Both antennas have the same number of elements and are fed by coaxial probe technique. Printed Yagi antennas use a dielectric substrate with a certain relative permittivity as a medium, while the conventional one uses an air as a medium. The final dimension of the Yagi antenna is $0.84\lambda \times 0.5\lambda$, while the printed Yagi antenna is $0.595\lambda \times 0.47\lambda$, i.e., the size is reduced by 33.42%. The simulation results show that with a smaller, lighter, and compact size, printed Yagi antenna is able to work at the same frequency as conventional Yagi antenna with a reflection coefficient of -17.1dB, peak gain of 8.8dBi, and has a directional radiation pattern in the VHF-band.

Keywords: Yagi Antenna, Printed Yagi Antenna, VHF-band, Lightning Detection Sensors

I. PENDAHULUAN

Petir merupakan salah satu fenomena listrik statis yang paling berbahaya dan sering terlihat di langit. Petir terjadi karena adanya pelepasan muatan-muatan listrik yang terdapat pada atmosfer bumi. Berdasarkan tempat pelepasan muatan listrik, petir dapat dibagi ke dalam tiga jenis yaitu *Cloud-to-Cloud* (CC), *Cloud-to-Ground* (CG), dan *Intracloud* (IC) [1]. Awan merupakan salah satu medium penyebab petir. Ketika jumlah muatan elektron pada awan lebih banyak dari muatan proton, maka elektron akan mencari proton agar seimbang. Muatan proton di bumi dapat memancing terjadinya petir. Petir akan mencari

lintasan terpendek untuk mendapatkan muatan proton sehingga bangunan-bangunan tinggi sering menjadi daerah paling rawan tersambar petir. Sensor deteksi petir memiliki peranan yang sangat penting untuk melacak badai, peringatan dini, dan sebagainya.

Sensor untuk mendeteksi petir menerima medan listrik dan/atau magnet dari medan peradiasi dalam interval frekuensi tertentu. Antena merupakan salah satu komponen penting dalam sensor pedeteksi petir. Frekuensi kerja dan lebar pita yang digunakan pada antena akan menentukan jarak deteksi dan tingkat akurasi. Selain itu juga akan menentukan ukuran dan

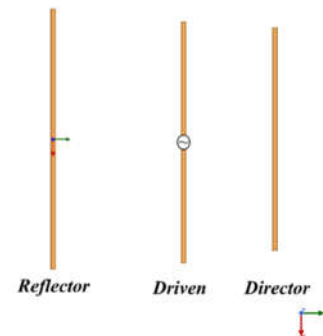
sensitifitas antenna terhadap berbagai macam efek propagasi.

Antena Yagi adalah salah satu jenis antenna yang cocok digunakan sebagai komponen penyusun sensor petir karena memiliki karakteristik seperti *gain* yang besar, hemat biaya, efisiensi radiasi yang tinggi, dan mudah difabrikasi [2]. Antena Yagi yang paling sederhana dapat tersusun dari *driven*, *reflector*, dan satu buah elemen *director* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Perancangan antenna Yagi dengan jumlah elemen yang kecil akan sederhana. Namun, semakin banyak jumlah elemen yang terlibat maka perancangan akan lebih rumit, ukuran antenna pun akan menjadi semakin besar dan ringkih.

Perkembangan sistem komunikasi nirkabel yang sangat pesat menyebabkan banyak munculnya inovasi-inovasi baru, salah satunya antenna yang dapat dicetak pada substrat. Hal tersebut dapat dipahami pasalnya antenna cetak (*printed antenna*) memiliki aplikasi yang luas karena ringan, *low-profile*, *compact*, dan mudah diintegrasikan dengan perangkat lain. Antena cetak Yagi pada dasarnya merupakan pengembangan untuk mengatasi kekurangan pada Antena Yagi konvensional.

Antena Yagi cetak pertama kali diusulkan oleh Qian pada tahun 1998 [3]. Setelah itu banyak peneliti yang mengusulkan berbagai konfigurasi dengan memanfaatkan bentuk elemen dan teknik pencatutan yang berbeda [4],[5],[6],[7]. Pada penelitian [5], dihasilkan lebar pita sebesar 0,96GHz dan *gain* puncak 7,23 dBi. Antena Yagi cetak ini terdiri dari dua elemen *director* yang digunakan untuk aplikasi pada pita LTE. Teknik pencatutan menggunakan *tapered balun*. Merancang *tapered balun* cukup sulit karena akan berpengaruh terhadap kesesuaian impedansi.

Penelitian ini membahas karakterisasi antara antenna Yagi konvensional dengan antenna Yagi cetak dalam hal dimensi dan kinerja. Antena ini dirancang sebagai komponen penyusun sensor deteksi petir pada frekuensi 150MHz. Setelah rancangan antenna Yagi konvensional selesai kemudian akan diimplementasikan ke dalam antenna Yagi cetak. Antena tersebut dicatu dengan teknik pencatutan berupa *coaxial probe*. Antena Yagi cetak menggunakan medium berupa bahan substrat dielektrik dengan nilai



Gambar 1. Struktur dasar antenna Yagi

permitivitas relatif (ϵ_r) tertentu. Dengan keberadaan substrat dielektrik ini diharapkan pada frekuensi kerja yang sama dimensi antenna Yagi dapat berkurang dari ukuran semula tanpa mengganggu kinerjanya.

II. LANDASAN TEORI

A. Petir

Petir merupakan gejala alam yang terjadi akibat proses pelepasan muatan listrik baik positif maupun negatif dalam awan yang terjadi di atmosfer bumi. Berdasarkan tempat terjadinya pelepasan muatan listrik, petir terbagi menjadi 3 jenis yaitu yang terjadi antar awan (*Inter Cloud*, IC), antara awan dengan awan (*Cloud to Cloud*, CC) atau antara awan dengan permukaan (*Cloud to Ground*, CG). Di dalam awan terjadi perbedaan yang besar antara muatan elektron dan proton sehingga awan perlu melakukan penetralan. Penetralan ini bermaksud agar jumlah proton dan elektron didalam awan berjumlah sama. Karena di dalam awan terdapat lebih banyak muatan elektron, maka petir akan mencari daerah yang memiliki banyak muatan positif. Selain itu, petir mencari daerah yang tinggi agar memperpendek lintasan [8].

Petir dapat dideteksi menggunakan sensor optik, gelombang medan listrik ataupun magnetik pada rentang frekuensi tertentu seperti *Low Frequency* (LF, 30kHz – 300kHz), *Very Low Frequency* (VLF, 3kHz – 30kHz), *Extremely Low Frequency* (ELF, 30Hz – 300Hz), dan *Very High Frequency* (VHF, 30MHz – 300MHz) [9]. Pita frekuensi LF dan VHF paling umum digunakan untuk menghindari kanal komunikasi dan transmisi radio. Frekuensi kerja dan lebar pita antenna sebagai salah satu komponen sensor menentukan jarak deteksi dan akurasi. Di sisi lain frekuensi kerja menentukan ukuran antenna dan lebar pita berhubungan dengan sensitifitas antenna terhadap efek propagasi. Petir CG menghasilkan emisi yang kuat pada frekuensi

LF, sementara petir IC mengemisikan sinyal pada frekuensi VHF [10].

Gelombang radio petir dapat berpropagasi dalam jarak ribuan kilometer bahkan lebih. Frekuensi yang lebih tinggi akan lebih dulu beratenuasi, sementara frekuensi yang lebih rendah dapat merambat pada jarak yang jauh. Oleh karena itu, sensor petir yang digunakan secara lokal biasanya menggunakan pita VHF, yang dapat mendeteksi kanal petir dalam spasial dan temporal yang tinggi [1]. Alasan tersebut pula lah pada penelitian ini dipilih frekuensi 150MHz (pita VHF) sebagai frekuensi kerja untuk sensor deteksi petir.

B. Antena Yagi

Antena Yagi atau juga dikenal sebagai antena Yagi-Uda pertama kali dipublikasikan oleh S. Uda dalam jurnal berbahasa Jepang [11]. Rekan Uda yaitu H. Yagi menjelaskan tentang prinsip kerja antena tersebut dalam tulisan berbahasa Inggris [12] yang kemudian dikenal luas dan publik menyebut antena jenis ini sebagai antena Yagi. Antena Yagi umum digunakan untuk aplikasi pada pita frekuensi HF, VHF, dan UHF. Antena Yagi terdiri dari sejumlah dipol linier yang mana catuan langsung dari saluran transmisi hanya terhubung ke satu elemen, sementara elemen lain bersifat *parasitic*.

Antena Yagi memiliki beberapa elemen penyusun seperti *driven*, *reflector*, dan *director*. *Driven* merupakan inti dari antena Yagi karena merupakan elemen yang akan membangkitkan gelombang elektromagnetik menjadi sinyal yang akan dipancarkan. *Driven* umumnya berupa antena dipol. *Reflector* atau pemantul berfungsi agar semua pancaran radiasi mengarah ke depan, sementara *director* berfungsi sebagai pengarah. Jumlah *director* pada antena Yagi dapat beragam yang disesuaikan dengan kebutuhan. Panjang dan diameter dari setiap elemen *director* pada antena Yagi dapat berbeda tidak harus selalu *uniform*. Jarak antar elemen *director* berkisar antara $0,3\lambda - 0,4\lambda$, yang mana λ merupakan panjang gelombang di udara. Panjang dari *driven* umumnya kurang dari $\lambda/2$ (berkisar antara $0,45\lambda - 0,49\lambda$), sementara panjang *director* sebesar $0,4\lambda$ sampai $0,45\lambda$. Jarak antara *driven* ke elemen *director* terdekat maksimum sebesar $0,25\lambda$ [13].

C. Antena Cetak

Antena cetak merupakan salah satu modifikasi atau cara agar suatu antena dapat berbentuk *compact*. Antena ini umumnya dicetak ke dalam suatu medium

berupa bahan substrat dielektrik dengan nilai permitivitas relatif tertentu. Semakin besar nilai permitivitas relatif suatu bahan, maka dimensi antena akan semakin kecil, dan berlaku juga sebaliknya sesuai dengan persamaan (1)

$$\lambda_g = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

dimana λ_g adalah panjang gelombang pada suatu bahan, c adalah kecepatan gelombang di udara, dan f_r adalah frekuensi resonansi antena.

III. PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA

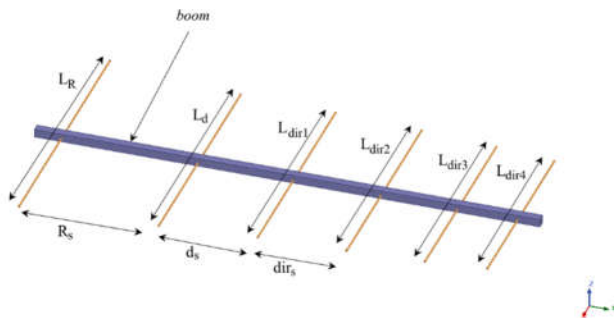
A. Kriteria Perancangan

Antena yang dirancang terdiri dari antena Yagi konvensional dan antena Yagi cetak untuk melihat perbandingan dari segi ukuran maupun kinerjanya. Antena ini dirancang untuk memenuhi kriteria yang dibutuhkan pada aplikasi sensor petir yang meliputi frekuensi kerja, koefisien refleksi, *gain*, dan pola radiasi. Antena Yagi dan antena Yagi cetak dirancang pada frekuensi tengah sebesar 150MHz, koefisien refleksi $< -10\text{dB}$, *gain* diatas 7dBi , dan pola radiasi *directional*.

B. Konfigurasi Antena Yagi

Geometri antena Yagi yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk menyangga elemen-elemen antena, terdapat suatu bahan melintang yang ditempatkan di sepanjang pusat elemen yang disebut *boom*.

Antena Yagi ini terdiri dari *driven*, *reflector*, dan empat buah elemen *director*. Jumlah elemen *director* akan mempengaruhi *gain* antena [14]. Semakin banyak elemen *director* maka *gain* antena akan semakin tinggi, namun dimensi nya akan semakin besar pula. Elemen-elemen antena terbuat dari pipa berbahan tembaga dengan diameter 6,35mm, sedangkan *boom* terbuat dari bahan aluminium. Panjang semua elemen *director* berbeda. Antena terhubung dengan konektor dengan impedansi sebesar 50Ω pada *driven* untuk pencatuan. Dimensi awal masing-masing elemen antena Yagi ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Geometri rancangan antenna Yagi

Tabel 1. Variabel fisik rancangan awal antenna Yagi

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
L_R	$0,5\lambda$	L_{dir4}	$0,325\lambda$
L_d	$0,45\lambda$	R_s	$0,225\lambda$
L_{dir1}	$0,4\lambda$	d_s	$0,15\lambda$
L_{dir2}	$0,375\lambda$	dir_s	$0,25\lambda$
L_{dir3}	$0,35\lambda$	L_{boom}	$1,125\lambda$

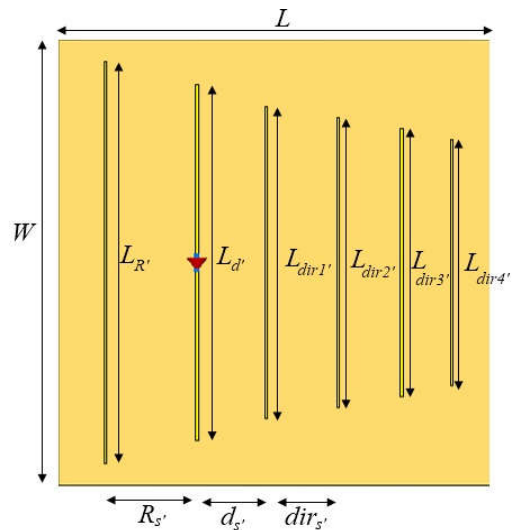
C. Konfigurasi Antena Yagi Cetak

Antena Yagi konvensional yang telah dirancang sebelumnya akan dicetak ke dalam suatu bahan substrat dielektrik yang memiliki permitivitas relatif tertentu. Sementara itu *driven*, *reflector*, dan *director* terbuat dari tembaga. Berdasarkan persamaan (1), dengan frekuensi kerja yang sama, dimensi antena Yagi cetak dapat lebih kecil dari antena Yagi konvensional karena nilai $\epsilon_r = 1$ (udara) untuk antena Yagi konvensional. Pada perancangan ini jumlah elemen dibuat sama seperti pada antena Yagi konvensional, namun yang berbeda hanya pada dimensi. Selain itu elemen *boom* juga tidak diperlukan pada antena cetak. Antena Yagi cetak yang dirancang diilustrasikan pada Gambar 3.

D. Simulasi Perancangan Antena

Simulasi perancangan antena menggunakan bantuan perangkat lunak *CST Studio Suite 2019*. Pada proses simulasi ini dilakukan studi parameter untuk mengetahui pengaruh variabel fisik pada kinerja antena yang mencakup koefisien refleksi dan frekuensi resonansi. Antena yang dirancang pertama kali adalah antena Yagi konvensional.

Variabel pertama yang diamati adalah jarak antar elemen *director*. Terdapat beberapa skenario pada kasus ini seperti yang disajikan pada Tabel 2. Pengaruh



Gambar 3. Geometri rancangan antenna Yagi cetak

perubahan jarak antar elemen *director* (dir_s) terhadap nilai koefisien refleksi ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 1 mendapatkan koefisien refleksi terbaik, sedangkan skenario lainnya mendapatkan hasil yang mirip. Namun, skenario 1 memiliki dimensi antena yang sangat besar sehingga skenario 5 yang dipilih karena mempunyai dimensi yang paling kecil dengan kinerja yang cukup baik.

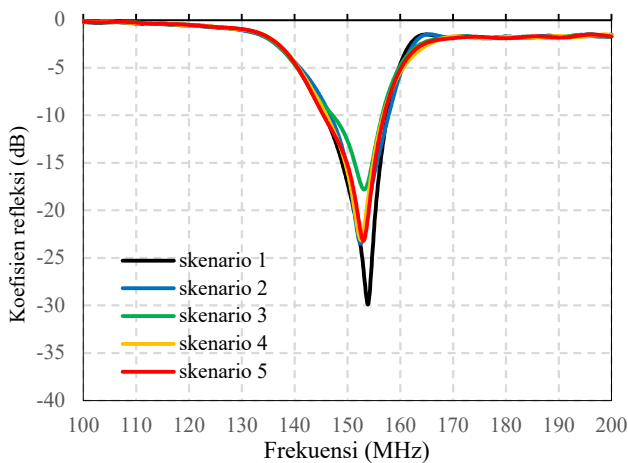
Perubahan variabel yang diamati selanjutnya adalah jarak antara *driven* dengan elemen *director* terdekat (d_s). Nilai nya bervariasi dari $0,15\lambda$, $0,165\lambda$, $0,175\lambda$, dan $0,2\lambda$. Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 5, perubahan jarak *driven* ke *director* terdekat berpengaruh pada pergeseran frekuensi yaitu semakin kecil jaraknya, maka frekuensi resonansi akan bergeser ke arah frekuensi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, jarak $0,2\lambda$ sebesar dipilih karena memiliki koefisien refleksi yang paling baik.

Studi parameter untuk antena Yagi cetak dilakukan dengan mengubah kembali variabel panjang setiap elemen antena Yagi, jarak antar elemen, permitivitas relatif substrat (ϵ_r), dan ketebalan substrat (h_s). Hal ini dilakukan karena untuk frekuensi kerja yang sama, dimensi pada antena Yagi cetak dapat lebih kecil dibandingkan antena Yagi biasa. Dimensi antena Yagi yang diperoleh dari hasil optimasi sebelumnya digunakan pada antena Yagi cetak.

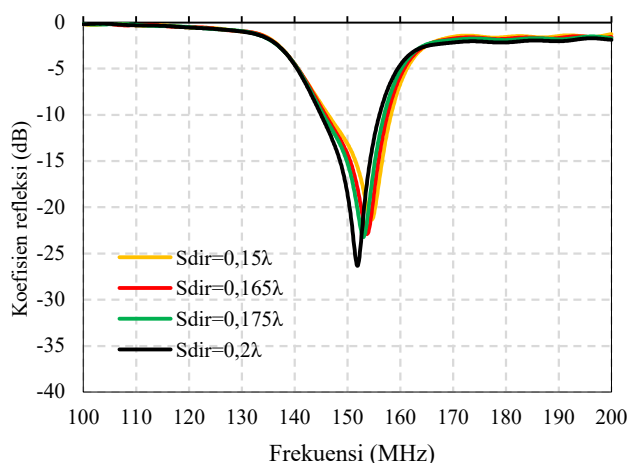
Tabel 2. Skenario pada perubahan jarak antar elemen *director* antenna Yagi

Skenario ke -	$dir_{1,2}$	$dir_{2,3}$	$dir_{3,4}$
1	$0,25\lambda$	$0,25\lambda$	$0,25\lambda$
2	$0,25\lambda$	$0,2\lambda$	$0,15\lambda$
3	$0,2\lambda$	$0,15\lambda$	$0,1\lambda$
4	$0,165\lambda$	$0,15\lambda$	$0,135\lambda$
5	$0,165\lambda$	$0,14\lambda$	$0,11\lambda$

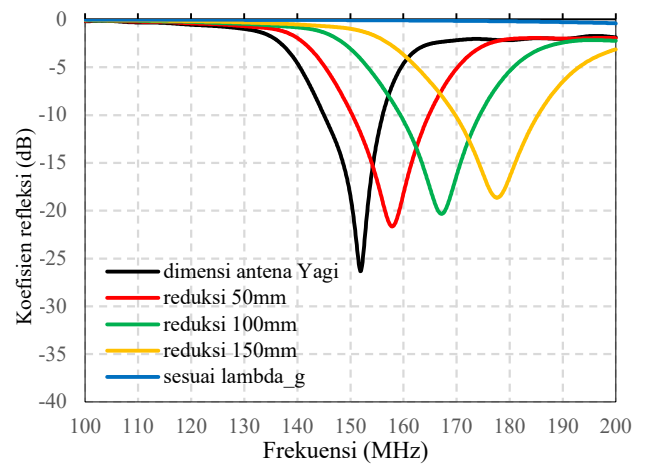
dimana $dir_{1,2}$ adalah jarak antara *director* 1 dengan *director* 2, $dir_{2,3}$ adalah jarak antara *director* 2 dengan *director* 3, dan $dir_{3,4}$ merupakan jarak antara *director* 3 dengan *director* 4.



Gambar 4. Pengaruh jarak antar elemen *director* terhadap koefisien refleksi



Gambar 5. Pengaruh perubahan jarak *driven* – *director* terdekat terhadap koefisien refleksi

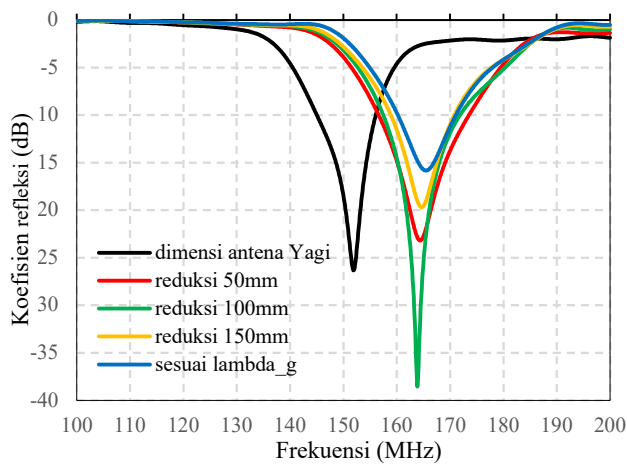


Gambar 6. Pengaruh penyesuaian panjang antenna Yagi cetak terhadap koefisien refleksi

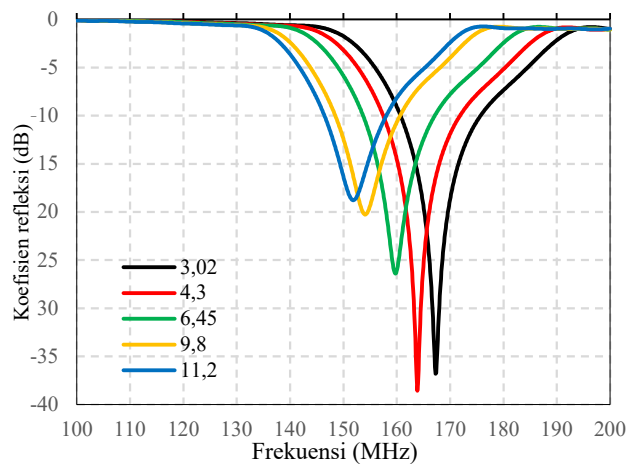
Variabel yang diamati berikutnya adalah panjang setiap elemen. Penyesuaian panjang dilakukan dengan mengurangi dimensi panjang pada antenna Yagi konvensional, sementara lebar setiap elemen (w_{el}) sebesar 6,35mm. Substrat awal yang digunakan adalah jenis FR-4 epoxy dengan $\epsilon_r = 4,3$ dan ketebalan 1,6mm. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 6, semakin kecil ukuran panjang setiap elemen, maka frekuensi resonansi akan bergeser menuju frekuensi yang lebih tinggi. Sementara itu jika panjang setiap elemen mengacu pada persamaan (1), frekuensi akan bergeser menjauh lebih tepatnya pada frekuensi 284MHz. Selain itu, nilai koefisien refleksi juga terpengaruh karena semakin pendek ukuran semakin besar koefisien refleksi. Reduksi 100mm dari ukuran semula dipilih untuk dioptimasi kembali. Hal serupa dilakukan pada pengamatan terhadap jarak antar elemen. Hasil simulasi pada Gambar 7 menunjukkan bahwa perubahan jarak antar elemen mempengaruhi nilai koefisien refleksi. Reduksi 100mm dipilih pada tahap ini karena memiliki koefisien refleksi yang paling baik yaitu sebesar -38,6dB walaupun frekuensi tengah belum terjadi pada frekuensi 150MHz. Oleh karena itu diperlukan optimasi lanjutan.

Variabel terakhir yang diamati adalah nilai permitivitas relatif dan ketebalan substrat. Nilai ϵ_r berpengaruh terhadap frekuensi antenna yang mana semakin besar nilai ϵ_r , maka frekuensi akan bergeser menuju frekuensi yang lebih rendah seperti yang ditampilkan pada Gambar 8. Selain itu, nilai ϵ_r juga berpengaruh pada nilai koefisien refleksi. Substrat jenis Rogers RO3010 dengan ϵ_r sebesar 11,2 dipilih karena

memiliki frekuensi tengah 150MHz dengan koefisien refleksi sebesar -18,8dB. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar.9, tebal substrat juga berpengaruh pada pergeseran frekuensi yang mana semakin tipis substrat, maka frekuensi akan bergeser ke arah yang lebih tinggi. Lebih lanjut lagi, semakin tipis substrat maka semakin kecil koefisien refleksi yang dihasilkan. Dari hasil ini maka dipilih tebal susbtrat sebesar 1,9mm dengan koefisien refleksi sebesar -17,1dB karena memiliki frekuensi resonansi tepat di 150MHz.

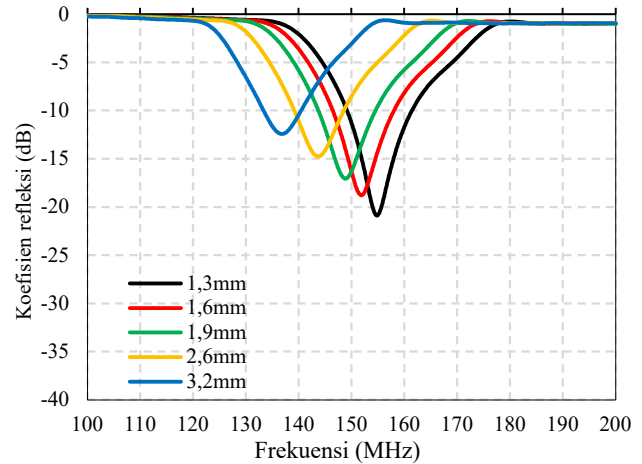


Gambar 7. Pengaruh penyesuaian jarak elemen antenna Yagi cetak terhadap koefisien refleksi



Gambar 8. Pengaruh nilai permitivitas relatif substrat terhadap koefisien refleksi

Variabel fisik rancangan akhir antenna Yagi dan antenna Yagi cetak masing-masing tercantum pada Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 9. Pengaruh ketebalan substrat terhadap koefisien refleksi

Tabel 3. Variabel fisik rancangan akhir antenna Yagi

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
L_R	$0,5\lambda$	L_{dir4}	$0,325\lambda$
L_d	$0,45\lambda$	R_s	$0,225\lambda$
L_{dir1}	$0,4\lambda$	d_s	$0,2\lambda$
L_{dir2}	$0,375\lambda$	dir_s	skenario 5
L_{dir3}	$0,35\lambda$	L_{boom}	$0,84\lambda$

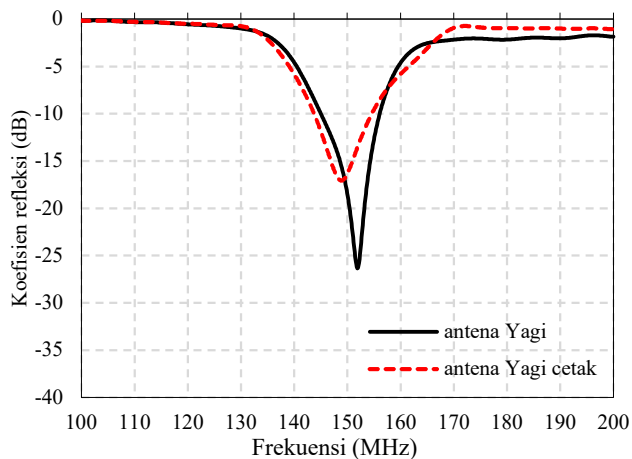
Tabel 4. Variabel fisik rancangan akhir antenna Yagi cetak

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
$L_{R'}$	$0,45\lambda$	$d_{s'}$	$0,125\lambda$
$L_{d'}$	$0,4\lambda$	$dir_{s'}$	$dir_s - 100mm$
$L_{dir1'}$	$0,35\lambda$	L	$0,595\lambda$
$L_{dir2'}$	$0,325\lambda$	W	$0,47\lambda$
$L_{dir3'}$	$0,3\lambda$	ϵ_r	11,2
$L_{dir4'}$	$0,275\lambda$	h_s	1,9mm
$R_{s'}$	$0,175\lambda$	w_{el}	6,35mm

IV. HASIL PENELITIAN

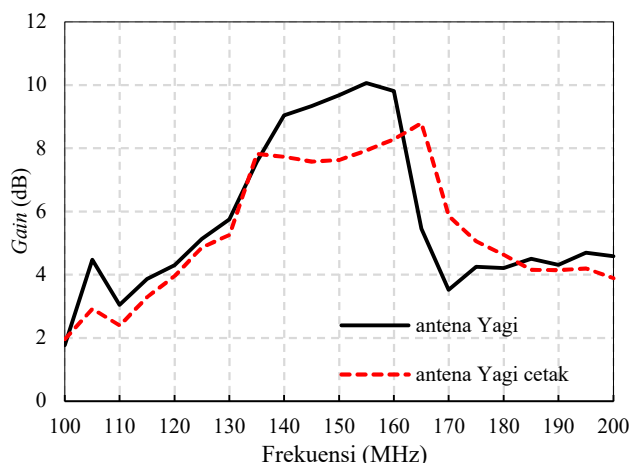
Berdasarkan hasil studi parameter pada sub-bab sebelumnya, karakterisasi antenna Yagi dan antenna Yagi cetak dilakukan dengan meninjau dari beberapa parameter seperti koefisien refleksi, *gain*, dan pola radiasi. Dimensi akhir antenna Yagi adalah sebesar $0,84\lambda \times 0,5\lambda$ sedangkan antenna Yagi cetak sebesar $0,595\lambda \times 0,47\lambda$. Dengan kata lain antenna Yagi cetak mampu mereduksi ukuran sampai 33,42% dari antenna Yagi biasa. Perbandingan nilai koefisien refleksi hasil simulasi ditampilkan pada Gambar 10 yang mana dengan ukuran yang berbeda kedua antenna memiliki

frekuensi tengah pada 150MHz. meskipun koefisien refleksi antenna Yagi cetak lebih besar yaitu sebesar -17,1dB dibandingkan antenna Yagi konvensional sebesar -26,3dB.

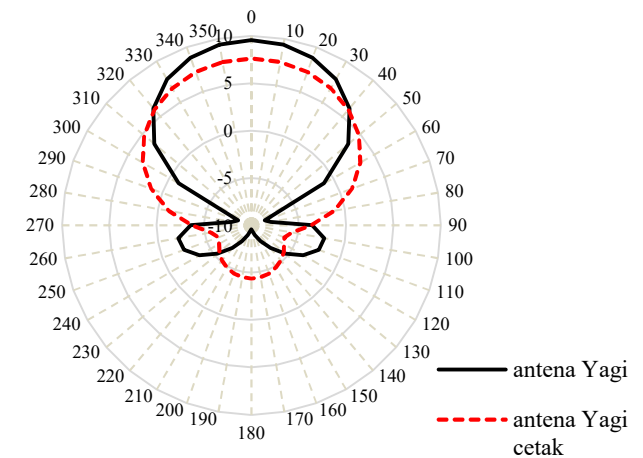


Gambar 10. Karakterisasi berdasarkan nilai koefisien refleksi

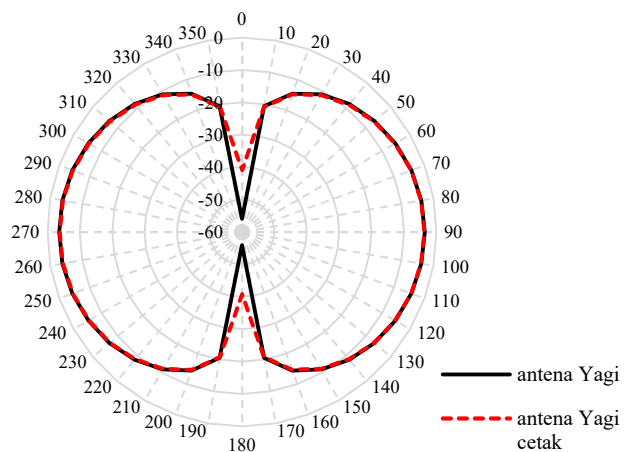
Jika ditinjau dari parameter *gain*, antenna Yagi memiliki *gain* yang lebih besar dibandingkan antenna Yagi cetak. Pada frekuensi 150MHz *gain* antenna Yagi sebesar 9.7dBi sedangkan antenna Yagi cetak sebesar 7,6dBi seperti yang ditunjukkan pada Gambar.11. Sementara *gain* puncak sebesar 10,1dBi untuk antenna Yagi terjadi pada 155MHz, dan 8,8dBi untuk antenna Yagi cetak pada 165MHz atau *gain* berkurang sebesar 12,87%. *Gain* pada antenna Yagi cetak lebih rendah dibandingkan antenna Yagi konvensional dapat juga dipengaruhi oleh rugi-rugi bahan dielektrik.



Gambar 11. Karakterisasi berdasarkan *gain*



Gambar 12. Karakterisasi berdasarkan pola radiasi arah azimuth



Gambar 13. Karakterisasi berdasarkan pola radiasi arah elevasi

Hasil simulasi untuk pola radiasi arah azimuth dan elevasi ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13 secara berurutan. Pola radiasi dari kedua antenna termasuk *uni-directional* meskipun terdapat *side lobe*.

V. KESIMPULAN

Proses perancangan dan simulasi antenna Yagi dan Yagi cetak telah dilakukan pada penelitian ini. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada frekuensi kerja yang sama dimensi antenna Yagi konvensional dapat berkurang hingga 33,42% jika menggunakan antenna Yagi cetak. Dari segi kinerja, antenna Yagi memiliki nilai koefisien refleksi sebesar -26,3dB dan *gain* puncak sebesar 10,1 dBi sementara antenna Yagi cetak dapat menghasilkan koefisien refleksi sebesar -17,1dB

dan *gain* puncak 8,8dBi. Dengan ukuran yang lebih *compact* dan planar, antenna Yagi cetak juga memenuhi kriteria untuk digunakan pada aplikasi sensor petir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, dan Penjaminan Mutu Pendidikan (LP3) Institut Teknologi Sumatera yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian ITERA SMART nomor B/325/IT9.C1/PT.01.03/2019.

REFERENSI

- [1] C. Price, "Lightning Sensors for Observing, Tracking and Nowcasting Severe Weather," *Sensors*, vol. 8, hal. 157-170, Jan. 2008.
- [2] R. A. Alhalabi dan G. M. Rebeiz, "High-Gain Yagi-Uda Antennas for Millimeter-Wave Switched-Beam Systems," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 57, hal. 3672-3676, Nov. 2009.
- [3] Y. Qian, W. R. Deal, N. Kaneda, dan T. Itoh, "Microstrip-fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics," *Electronics Letters*, vol. 34, hal. 2194-2196, Nov. 1998.
- [4] S. Liu, R. Raad, dan F. E. M. Tubbal, "Printed Yagi-Uda antenna array on CubeSat," *11th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, Jan. 2018.
- [5] M. Awais, M. Hamza, dan W. T. Khan, "A Compact Ultra-Wideband Single Element Planar Yagi Antenna," *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, hal. 1939-1940, Juli. 2018.
- [6] H. Kumar dan G. Kumar, "Compact planar Yagi-Uda antenna with improved characteristics," *2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, hal. 2008-2012, Mei. 2017.
- [7] L. P. Smith, J. C. Howell, dan S. Lim, "A Size-Reduced, 15-Element, Planar Yagi Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 69, hal. 2410-2415, April. 2021.
- [8] A. Suryadi, "Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Metoda Franklin pada Politeknik Enjinereng Indorama", *Sinergi*, vol. 21, hal. 219-230, Okt. 2017.
- [9] D. MacGorman dan W. D. Rust, *The Electrical Nature of Storms*, 1st ed., Oxford University Press., 1998.
- [10] U. Finke dan O. Kreyer, "Detect and Locate Lightning Events from Geostationary Satellite Observations," *Report Part 1 of Institute für Meteorologie und Klimatologie Universität Hannover*, Sept. 2002.
- [11] S. Uda, "Wireless Beam of Short Electric Waves," *J. IEE (Japan)*, hal.273-282, Mar.1926 dan hal 1209-1219, Nov. 1927.
- [12] H. Yagi, "Beam Transmission of Ultra Short Waves," *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 16, hal. 715-740, Juni.1928.
- [13] C. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc., 2016.
- [14] L. Kibona dan A. Sam, "Yagi-Uda Antenna Gain Improvement for Enhanced Reception of DVB-T2 Signals," *Journal of Information Engineering and Applications*, vol. 14, hal. 57-64, 2014.