

PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA J-POLE DUALBAND DENGAN VARIASI BENTUK “T” UNTUK KOMUNIKASI RADIO TRANSCEIVER PADA PITA VHF DAN UHF

Yoga Krismawardana^{*)}, Yuli Christyono, and Munawar Agus Riyadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*Email: yoga.krismawardana@gmail.com*

Abstrak

Radio transceiver merupakan salah satu aplikasi dari sistem telekomunikasi nirkabel yang masih banyak digunakan sampai saat ini. Istilah transceiver digunakan karena radio tersebut dapat berfungsi sebagai transmitter dan receiver. Pada penelitian ini disimulasikan dan diimplementasikan sebuah antena J-Pole dualband untuk komunikasi radio transceiver pada pita VHF dan UHF. Antena tersebut dirancang pada frekuensi 146 MHz dan masih dapat beresonansi dengan baik pada pita UHF dengan menambahkan elemen pengkompensasi berbentuk “T”. Material yang digunakan adalah kawat besi dengan diameter 4 mm. Antena J-Pole-T ini diuji untuk mendapatkan nilai-nilai frekuensi kerja, VSWR, return loss, lebar pita, gain, dan pola radiasi untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil simulasinya menggunakan CST Microwave Studio pada CST Studio Suite 2011. Pengujian juga dilakukan langsung menggunakan radio transceiver dan menggunakan antena radio lain sebagai pembanding. Berdasarkan hasil pengujian, antena J-Pole-T memiliki frekuensi kerja pada 148 MHz dengan nilai VSWR 1:1,1, sementara pada pita UHF didapatkan frekuensi kerja pada 454 MHz dengan nilai VSWR 1:1,05. Pola radiasi antena J-Pole-T menunjukkan pola omnidirectional. Hasil pengujian kualitatif pada skala laboratorium dengan mengimplementasikan antena J-Pole-T pada radio transceiver juga menunjukkan bahwa antena J-Pole-T dapat memancarkan dan menerima sinyal sejauh 1.470 meter pada pita VHF dan 930 meter pada pita UHF.

Kata Kunci: antena J-Pole-T, VHF-UHF dualband, VSWR, omnidirectional

Abstract

Transceiver radio is a kind of wireless telecommunication system application that still commonly used nowadays. The term transceiver is used due to its function as transmitter and receiver at once. In this research, a dualband J-Pole antenna was simulated and implemented for transceiver radio communication at VHF and UHF band. This antenna is designed at frequency of 146 MHz and still able to resonate well at UHF band by adding a “T” shaped compensating element. The material used is an iron wire with diameter of 4 mm. That J-Pole-T antenna is measured to get the resonance frequency, VSWR, return loss, bandwidth, gain, and radiation pattern then compared to the simulation result using software CST Studio Suite 2011. Based on measurement results, the J-Pole-T antenna is resonating at frequency of 148 MHz with VSWR 1:1,1, while at the UHF band it is resonating at 454 MHz with VSWR 1:1,05. The radiation pattern of J-pole-T antenna is showing an omnidirectional shape. The measurement result based on the laboratory scale also showed that the J-Pole-T antenna can transmit and receive radio signal as far as 1,470 meters at VHF band and 930 meters at UHF band.

Keyword : J-Pole-T antenna, VHF-UHF dualband, VSWR, omnidirectional

1. Pendahuluan

Sampai saat ini, telekomunikasi telah berkembang pesat dalam berbagai hal, salah satunya adalah pada antena. Antena berfungsi sebagai pengubah gelombang listrik pada saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik pada udara bebas, dan juga sebaliknya [1]. Ada banyak tipe antena berdasarkan bentuk, pola

radiasi, dan karakteristik lainnya. Salah satu pengimplementasian antena pada sistem telekomunikasi nirkabel adalah pada radio transceiver. Radio transceiver masih banyak digunakan sampai saat ini karena keandalan dan kepraktisannya dapat digunakan untuk berkomunikasi dua arah dengan jarak yang relatif jauh[9]. Jenis antena yang dapat digunakan juga bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan radio transceiver tersebut.

Namun antenna radio transceiver yang banyak dijual di pasaran seringkali dilabeli dengan harga yang mahal. Terlebih lagi rentang frekuensi kerjanya sudah diatur pada frekuensi tertentu saja oleh pabrik pembuatnya, sehingga jika kita memiliki sebuah radio transceiver yang baru dan ternyata antenna lama yang kita miliki tidak sesuai dengan frekuensi kerja radio tersebut maka kita juga harus membeli sebuah antenna yang baru lagi. Antena J-Pole muncul sebagai salah satu solusi terhadap permasalahan tersebut. Para pengguna komunikasi radio seringkali menggunakan antenna J-Pole ini sebagai antenna alternatif atau bahkan antenna utama karena berbagai keunggulan yang dimilikinya, seperti kinerja yang bagus untuk penggunaan komunikasi bergerak atau tetap, dapat digunakan secara dualband pada pita VHF dan UHF, serta tidak memerlukan ground plane sehingga relatif mudah untuk dibuat sendiri dengan bahan-bahan yang murah. [10][4][7].

2. Metode

2.1 Dasar-Dasar Perancangan Antena

Tipe antenna yang dirancang dan dianalisis pada penelitian ini adalah sebuah antenna J-Pole dualband untuk komunikasi pada pita VHF dan UHF dengan frekuensi kerja yang dirancang pada 146 MHz[10]. Berdasarkan teori dan artikel terkait, sebuah antenna J-Pole yang dengan desain dasar untuk komunikasi pada pita VHF dapat juga beresonansi dengan baik pada pita UHF[4]. Namun jika antenna J-Pole tersebut didesain untuk digunakan pada pita frekuensi yang lebih tinggi, maka antenna tersebut tidak dapat digunakan pada pita frekuensi di bawahnya.

Desain dasar dari sebuah antenna J-Pole adalah terdiri dari dua elemen, yaitu sebuah elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan sebuah elemen $\frac{1}{4} \lambda$ yang terhubung pada masing-masing salah satu ujungnya dengan logam konduktor sejenis. Feedpoint dari antenna ini terletak melintang horizontal di atas elemen penghubung tersebut[7]. Elemen penghubung dari elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan elemen $\frac{1}{4} \lambda$ dibentuk dengan cara membengkokkan material antenna sebesar 180 derajat pada seperempat ujungnya dengan jari-jari kelengkungan sebesar setengah dari jarak antara elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan elemen $\frac{1}{4} \lambda$. Dengan cara tersebut maka antenna J-Pole ini akan nampak seperti huruf "J"[8] seperti terlihat pada Gambar 1.a.

Bagian A adalah elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan bagian B adalah elemen $\frac{1}{4} \lambda$. Nilai dari lambda dapat dicari melalui persamaan (1)[5] berikut ini:

$$\lambda = \frac{300}{f} \times k \quad (1)$$

di mana:

λ = panjang gelombang (meter)

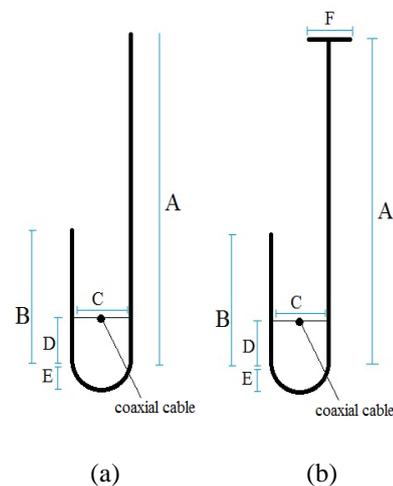
f = frekuensi kerja yang digunakan (MHz)

k = velocity factor (0,95)

Bagian C adalah letak dari dari feedpoint antenna J-Pole. Panjangnya sama dengan jarak antara elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan

elemen $\frac{1}{4} \lambda$. Bagian D adalah jarak antara feedpoint dengan bagian paling bawah dari elemen penghubung yang berbentuk melengkung. Sementara bagian E adalah radius dari elemen penghubung sebesar setengah dari panjang elemen C. Panjang elemen C dan D adalah tidak kritis[4]. Hal tersebut berarti berarti tidak ada patokan tertentu mengenai panjangnya. Oleh karena itu pada simulasi perlu dilakukan metode trial and error untuk mendapatkan panjang optimal berdasarkan nilai-nilai parameter antenna yang dihasilkan.

Pada beberapa kasus, antenna J-Pole yang dirancang dengan frekuensi kerja pada pita VHF dapat juga beresonansi dengan baik pada pita UHF. Namun setelah melalui proses simulasi, frekuensi kerja pada pita UHF yang dihasilkan adalah di atas 460 MHz, di mana ada beberapa radio transceiver yang memiliki bandwidth maksimal di 470 MHz pada pita UHF. Apabila hal tersebut diaplikasikan begitu saja tanpa adanya perubahan, maka lebar pita pada frekuensi kerja UHF-nya akan sangat sempit. Oleh karena itu, perlu ditambahkan semacam elemen pengkompensasi untuk mengatur frekuensi kerja pada pita UHF sehingga antenna J-Pole ini dapat digunakan di radio transceiver UHF pada umumnya. Elemen pengkompensasi tersebut terbuat dari logam konduktor yang sejenis dengan material elemen utama antenna J-Pole. Letak dari elemen pengkompensasi ini adalah terhubung melintang horizontal di atas elemen $\frac{3}{4} \lambda$, seperti terlihat pada Gambar 1.b.



Gambar 1. Desain antenna J-Pole: (a) desain dasar dan (b) dengan elemen pengkompensasi berbentuk "T"

Bagian F pada Gambar 1.b mengilustrasikan elemen pengkompensasi pada antenna J-Pole. Elemen pengkompensasi tersebut terlihat seperti bentuk alfabet "T", maka untuk selanjutnya antenna ini dinamakan dengan antenna J-Pole-T. Panjang dari elemen F ini juga tidak kritis karena sifatnya yang merupakan sebuah pengkompensasi. Metode trial and error dilakukan untuk menentukan panjang dari elemen F untuk mendapatkan

nilai-nilai parameter antenna yang optimal berdasarkan hasil simulasi.

Antena J-Pole-T dapat dibuat menggunakan berbagai macam logam konduktor. Dimensi-dimensi antenna ini merujuk pada Gambar 1 dan Tabel 1. Feedpoint dari antenna J-Pole-T terbuat dari soket SO-239, kawat tembaga 2 mm, dan konektor kabel 5 mm[8]. Konektor kabel digunakan untuk menghubungkan feedpoint dengan elemen $\frac{3}{4} \lambda$ dan elemen $\frac{1}{4} \lambda$, dan juga agar tingginya dapat diatur sesuai dengan frekuensi kerja dan VSWR yang diinginkan saat tuning. Contoh dari pengimplementasian feedpoint pada antenna J-Pole-T dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut:



Gambar 2. Feedpoint yang terpasang pada antenna J-Pole-T

2.2 Simulasi Antena

2.2.1 Perencanaan Bahan Konduktor

Bahan konduktor yang digunakan adalah Besi (Fe), karena nilai-nilai parameter antenna yang dihasilkan material besi pada simulasi sama dengan yang dihasilkan menggunakan bahan PEC (Perfect Electric Conductor). Di samping itu, harga dari besi relatif murah dan mudah didapatkan di pasaran. Material besi yang digunakan dalam perancangan ini adalah kawat besi berdiameter 4 mm. Material tersebut terbukti cukup kokoh dan dengan bantuan tambahan penyangga, antenna ini tidak mudah berubah bentuk saat tertiuip angin.

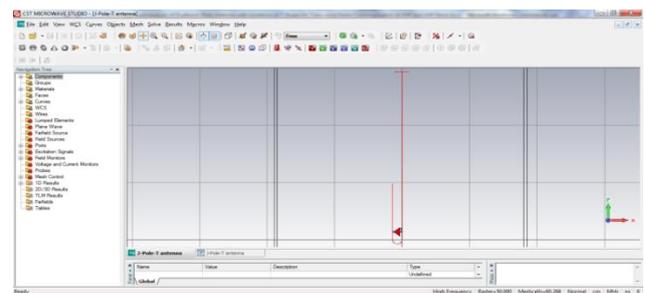
2.2.2 Perencanaan Pita Frekuensi

Sebelum merencanakan pita frekuensi, harus ditentukan terlebih dahulu pada perangkat seperti apa antenna J-Pole-T tersebut akan diimplementasikan. Antena J-Pole-T ini akan diimplementasikan untuk komunikasi radio transceiver. Radio transceiver yang digunakan untuk pengimplementasian antenna J-Pole-T ini adalah jenis radio handheld transceiver (HT) merek Firstcom FC-27. Radio Firstcom FC-27 ini dapat beroperasi dualband pada 136 – 174 MHz pada pita VHF dan 400 – 475 MHz pada pita UHF. Pada pita uji UHF, feekuensi ujinya diatur pada 430 – 468 MHz agar rentang frekuensinya sama dengan pada pita uji VHF yaitu 38 MHz.

2.2.3 Perencanaan Dimensi Antena

Dimensi antenna J-Pole-T merujuk pada Gambar 1 menggunakan persamaan (1). Frekuensi kerja yang

dirancang adalah pada 146 MHz. Bahan konduktor yang digunakan adalah kawat besi berdiameter 4 mm. Berdasarkan persamaan (1), panjang dari elemen $\frac{3}{4} \lambda$ adalah 146,404 cm dan elemen $\frac{1}{4} \lambda$ sepanjang 48,801 cm. Untuk panjang elemen C, D, dan F adalah tidak kritis, dan karena karakteristiknya tersebut digunakan metode trial and error pada proses simulasi antenna menggunakan CST Studio Suite 2011 untuk mendapatkan panjang yang optimal. Pilih CST Microwave Studio pada jendela awal CST Studio Suite 2011 untuk menggambar desain antenna J-Pole-T dan mendapatkan nilai-nilai parameter antenna berdasarkan simulasi. Untuk menggambar pola antenna J-Pole-T pada bidang gambar digunakan menu “Line” dan “Arc” dari dropdown menu dari menu utama “Curve”. Desain antenna ini merujuk pada Gambar 1 dan Persamaan (1). Pola antenna J-Pole-T pada bidang gambar CST Microwave Studio dapat dilihat pada **Gambar 3**. Ada tiga desain antenna J-Pole-T yang disimulasikan dan diuji pada penelitian ini dengan variasi pada panjang elemen F. Rincian dari dimensi-dimensi ketiga antenna tersebut dapat dilihat pada **Tabel I**.



Gambar 3. Pola antenna J-Pole-T pada bidang gambar simulasi

Tabel 1. Dimensi Antena J-Pole-T

Antena	Dimensi (cm)					
	A	B	C	D	E	F
J-Pole-T1	146,404	48,801	7,1	7	3,55	10
J-Pole-T2	146,404	48,801	7,1	7	3,55	10,5
J-Pole-T3	146,404	48,801	7,1	7	3,55	11,2

Setelah pola antenna tergambar, perlu didefinisikan material antenna menggunakan dropdown menu “Circle” dan “Sweep Curve” dari menu utama “Curve”. Tentukan material pada kotak dialog “Sweep Curve” dengan Iron (Fe) dan atur radiusnya dengan 0,2 cm.

2.2.4 Pengaturan Port

Port adalah bagian dari antenna yang menghubungkan antenna dengan saluran transmisi. Titik port ini mengilustrasikan feedpoint antenna. Untuk menggambar port, pilih ikon “Discrete Ports” pada Toolbar, lalu isikan dimensinya berdasarkan Tabel I. Port akan ditampilkan sebagai garis biru horizontal dengan segitiga merah di tengahnya seperti yang terlihat pada Gambar 3. Untuk menjalankan simulasi antenna, pilih menu “Solve” lalu klik “Transient Solver” lalu akan muncul kotak dialog

“Transient Solver Parameter”. Pada kolom “S-Parameter Setting” hilangkan tanda cek pada “Normalize to Fixed Impedance” karena impedansi default-nya sudah 50 Ohm. Klik Start untuk memulai proses simulasi.

2.3 Pembuatan Hardware Antena

Pada umumnya teknik pembuatan antena J-Pole dilakukan dengan material batang rod, pipa *tubing*, maupun kabel TV *twin-lead*. Namun setelah melakukan percobaan pada simulasi di perangkat lunak CST *Studio Suite 2011* dimungkinkan untuk menyusunnya dari suatu bahan semacam kawat. Pada penelitian ini material yang digunakan adalah kawat besi berdiameter 4 mm. Dengan mengacu pada dimensi antena J-Pole-T yang sudah didapatkan melalui hasil simulasi pada Tabel I, antena J-Pole-T dapat diwujudkan seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Realisasi antena J-Pole-T

3. Hasil dan Analisis

Parameter-parameter antena yang diuji adalah frekuensi kerja, VSWR, return loss, bandwidth, gain, dan pola radiasi. Hasil pengujian lalu dibandingkan dengan hasil simulasinya.

3.1 Frekuensi Kerja

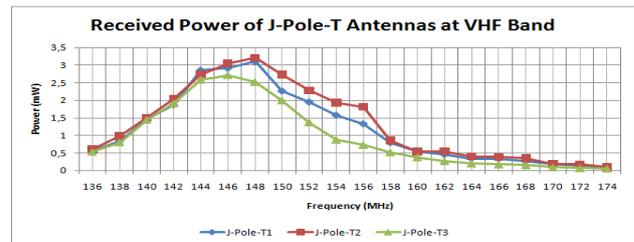
3.1.1 Simulasi Frekuensi Kerja

Frekuensi kerja antena J-Pole-T ditentukan berdasarkan frekuensi yang menunjukkan nilai S-Parameter terendah berdasarkan proses simulasi. Hasil simulasi dari frekuensi kerja antena J-Pole-T tertera pada Tabel II. Tabel tersebut menunjukkan letak frekuensi dengan nilai S-Parameter terendah, yang kemudian ditentukan sebagai frekuensi kerjanya. Dari Tabel II juga dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil simulasi antena J-Pole-T dapat digunakan di pita VHF dan UHF.

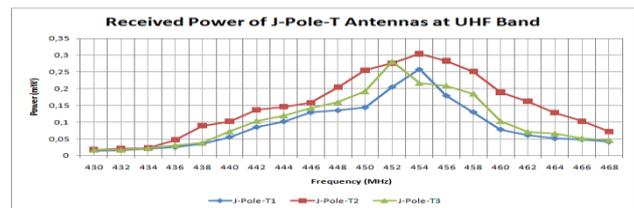
3.1.2 Pengujian Frekuensi Kerja

Alat ukur yang digunakan dalam pengujian frekuensi kerja ini adalah pembangkit sinyal *Hewlett Packard*

8656B sebagai pemancar, penganalisis modulasi *Hewlett Packard 8901A* sebagai penerima, dan antena J-Pole-T sebagai antena uji. Pada pengujian ini, frekuensi kerja ditetapkan berdasarkan daya terima yang paling tinggi. Daya sinyal yang dibangkitkan diatur pada 17 dBm (50,11 mW), yaitu daya maksimal yang dapat dibangkitkan *Hewlett Packard 8656B*. Rentang frekuensi uji diatur sesuai dengan subbab 2.2.2 dengan kenaikan 2 MHz untuk tiap pita frekuensinya. Hasil pengujian frekuensi kerja dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik pengujian daya terima antena J-Pole-T pada pita VHF



Gambar 6. Grafik pengujian daya terima antena J-Pole-T pada pita UHF

Dari kedua grafik di atas, dapat dilihat bahwa antena J-Pole-T memiliki daya terima paling tinggi pada 148 MHz untuk pita VHF dan 454 MHz pada pita UHF. Frekuensi dengan daya terima tertinggi ditetapkan sebagai frekuensi kerja dari antena J-Pole-T. Perbandingan frekuensi kerja dari antena J-Pole-T. Perbandingan frekuensi kerja hasil simulasi dengan pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil simulasi dan pengujian frekuensi kerja

Antena	Frekuensi (MHz)			
	Pita Uji VHF		Pita Uji UHF	
	Simulasi	Pengujian	Simulasi	Pengujian
J-Pole-T1	148,5	148	456,14	454
J-Pole-T2	148,39	148	456,26	454
J-Pole-T3	148,24	146	454,97	452
RF-570	-	140	-	446

Tabel 2 menunjukkan bahwa frekuensi kerja antena J-Pole-T berdasarkan hasil pengujian tidak jauh berbeda dengan hasil simulasinya. Hal tersebut juga berarti bahwa antena J-Pole-T dapat digunakan untuk berkomunikasi secara dualband pada pita VHF dan UHF seperti pada hasil simulasinya. Selain menggunakan antena uji J-Pole-T, sebuah antena monopole dualband merek BRC RF-570 juga digunakan sebagai antena pembanding. Frekuensi

kerja dari antenna pembanding tersebut adalah 140 MHz pada pita VHF dan 446 MHz pada pita UHF. Perbedaan yang tidak terlalu jauh tersebut menunjukkan bahwa antenna J-Pole-T dapat digunakan sebagaimana antenna radio komunikasi yang ada di pasaran pada umumnya

3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

3.2.1 Simulasi VSWR Antena J-Pole-T

Pada proses simulasi, VSWR antenna J-PoleT ditentukan berdasarkan nilai VSWR terendah dari rentang frekuensi uji yang telah ditetapkan pada perancangan pita frekuensi sebelumnya. Nilai VSWR yang diharapkan adalah mendekati 1:1, yang menunjukkan kesesuaian impedansi antenna dengan saluran transmisinya. Hasil simulasi VSWR antenna J-Pole-T dapat dilihat pada **Tabel 3**.

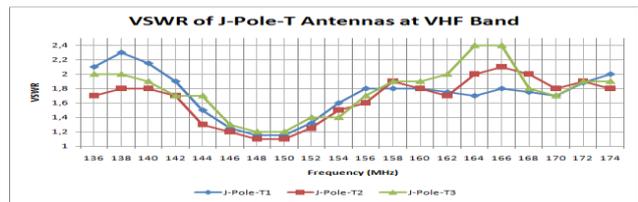
Tabel 3. Hasil simulasi VSWR antenna J-Pole-T

Antena	VHF (136 – 174 MHz)		UHF (430 – 468 MHz)	
	VSWR	Frekuensi (MHz)	VSWR	Frekuensi (MHz)
J-Pole-T1	1:1,009	148,5	1:1,051	456,14
J-Pole-T2	1:1,002	148,39	1:1,002	456,26
J-Pole-T3	1:1,013	148,24	1:1,031	454,97

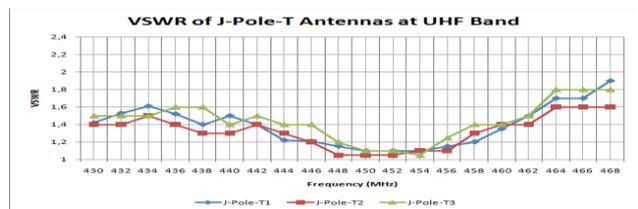
Dari Tabel 3 di atas, simulasi ketiga antenna J-Pole-T diketahui memiliki nilai VSWR yang mendekati nilai ideal 1:1. Nilai VSWR yang mencapai 1:1,002 menunjukkan bahwa impedansi antenna sudah sesuai dengan saluran transmisinya[2].

3.2.2 Pengujian VSWR Antena J-Pole-T

Alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengujian VSWR ini adalah SWR Meter merek Diamond SX-1000, sebuah radio handheld transceiver Firstcom FC-27, dan konektor secukupnya. Rentang frekuensi uji yang digunakan sama dengan yang digunakan pada pengujian frekuensi kerja, dengan kenaikan yang sama yaitu tiap 2 MHz. Hasil pengujian VSWR dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8 dalam bentuk grafik. Dari kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai VSWR ketiga antenna J-Pole-T mendekati nilai ideal 1:1. Nilai VSWR terendah dari antenna J-Pole-T terletak pada frekuensi 148 – 150 MHz pada pita VHF dan 448 – 452 MHz pada pita UHF. Frekuensi dengan nilai uji VSWR terendah tersebut masih berada di sekitar frekuensi yang sama dengan nilai VSWR terendah berdasarkan hasil simulasi. Hal tersebut berarti antenna J-Pole-T yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan awal perancangan antenna yaitu agar dapat digunakan dengan baik pada pita VHF dan UHF. Perbandingan nilai VSWR hasil simulasi dengan pengujiannya dapat dilihat pada **Tabel 4**.



Gambar 7. Grafik pengujian VSWR antenna J-Pole-T pada pita VHF



Gambar 8. Grafik pengujian VSWR antenna J-Pole-T pada pita UHF

Tabel 4. Hasil simulasi dan pengujian VSWR

Antena	VSWR			
	VHF		UHF	
	Simulasi	Pengujian	Simulasi	Pengujian
J-Pole-T1	1:1,009	1:1,15	1:1,051	1:1,1
J-Pole-T2	1:1,002	1:1,1	1:1,002	1:1,05
J-Pole-T3	1:1,013	1:1,2	1:1,031	1:1,05
RF-570	-	1:1,1	-	1:1,05

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai VSWR antenna J-Pole-T berdasarkan hasil simulasi dan pengujian sudah mendekati nilai ideal 1:1. Hal tersebut berarti daya yang dipantulkan kembali oleh antenna adalah sangat kecil yang sekaligus menunjukkan bahwa impedansi antenna dan saluran transmisi sudah sesuai. Selain menggunakan antenna uji J-Pole-T, sebuah antenna monopole dualband merek BRC RF-570 juga digunakan sebagai antenna pembanding. Nilai VSWR terendah dari antenna pembanding tersebut adalah 1:1,1 pada pita VHF dan 1:1,05 pada pita UHF. Adanya persamaan tersebut menunjukkan bahwa kinerja antenna J-Pole-T sama baiknya sebagaimana antenna radio komunikasi yang ada di pasaran pada umumnya

3.3 Return Loss

3.3.1 Simulasi Return Loss Antenna J-Pole-T

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang pantul terhadap gelombang yang dipancarkan [6]. Return loss dari suatu antenna dapat ditentukan berdasarkan nilai return loss terendah pada rentang frekuensi tertentu. Berdasarkan hasil simulasi pada CST Microwave Studio, return loss antenna J-Pole-T ditentukan berdasarkan nilai S_{1,1} terendah pada grafik S-Parameter. Hasil simulasi antenna J-Pole-T dapat dilihat di Tabel V. Dari hasil simulasi diketahui bahwa frekuensi dengan nilai return loss terendah juga merepresentasikan frekuensi kerja antenna.

3.3.2 Pengujian Return Loss Antena J-Pole-T

Sebelum menghitung return loss, pertama harus diketahui terlebih dahulu koefisien refleksinya[12] menggunakan Persamaan (2). Lalu nilai perhitungan return loss [12] dapat ditentukan menggunakan Persamaan (3). Hasil perhitungan return loss antena J-Pole-T disajikan dalam Gambar 9 dan 10. Hasil tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil simulasinya pada **Tabel 5**.

$$|\Gamma| = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} \quad (2)$$

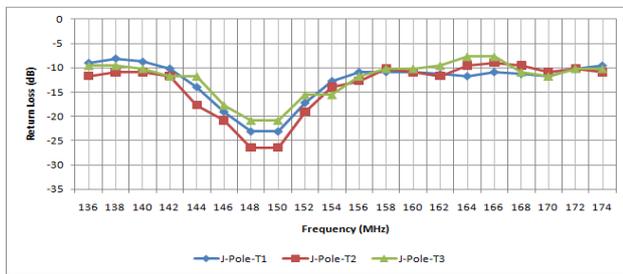
$$RL = 20\log|\Gamma| \quad (3)$$

di mana:

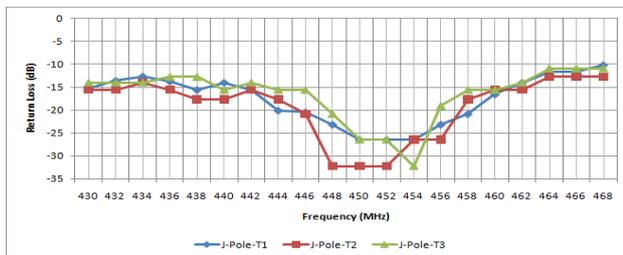
Γ : koefisien refleksi

VSWR : voltage standing wave ratio

RL : Return loss (dB)



Gambar 9. Grafik pengujian return loss antena J-Pole-T pada pita VHF



Gambar 10. Grafik pengujian return loss antena J-Pole-T pada pita UHF

Tabel 5. Hasil simulasi dan pengujian return loss

Antena	Return Loss (dB)			
	Simulasi		Pengujian	
	VHF	UHF	VHF	UHF
J-Pole-T1	-46,51	-31,99	-23,13	-26,44
J-Pole-T2	-58,39	-60,86	-26,44	-32,25
J-Pole-T3	-43,46	-36,41	-20,83	-32,25
RF-570	-	-	-26,44	-32,25

Pada Tabel 5 terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan perhitungannya. Namun dalam perbedaan tersebut terdapat persamaan yaitu keduanya menunjukkan nilai return loss antena J-Pole-T adalah di bawah -10 dB yang menunjukkan bahwa antena J-Pole-T memiliki kesesuaian impedansi yang bagus, di mana daya yang dipantulkan kembali memiliki rasio yang kecil terhadap daya

masukannya. Adanya perbedaan antara hasil simulasi dengan perhitungan dapat disebabkan karena kekurangakuratan saat mengatur posisi feedpoint. Selain menggunakan antena uji J-Pole-T, sebuah antena monopole dualband merek BRC RF-570 juga digunakan sebagai antena pembanding. Nilai return loss terendah dari antena pembanding tersebut adalah -26,44 dB pada pita VHF dan -32,25 dB pada pita UHF. Adanya persamaan tersebut menunjukkan bahwa kinerja antena J-Pole-T sama baiknya sebagaimana antena radio komunikasi yang ada di pasaran pada umumnya.

3.4 Lebar Pita

3.4.1 Simulasi Lebar Pita Antena J-Pole-T

Bandwidth atau lebar pita frekuensi adalah luas atau cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal dalam medium transmisi. Dalam hal ini *bandwidth* dapat diartikan sebagai perbedaan antara frekuensi terendah dan frekuensi tertinggi dalam rentang tertentu[1]. Pada simulasi, nilai *bandwidth* ditentukan pada rentang frekuensi yang memiliki nilai $VSWR < 1:1,5$. Batas atas adalah nilai tertinggi dari daerah frekuensi yang memiliki $VSWR < 1:1,5$, sedangkan batas bawah adalah nilai terendah dari daerah frekuensi yang memiliki $VSWR < 1:1,5$. Setelah batas atas dan bawahnya diketahui, selanjutnya digunakan persamaan (4) untuk menghitung lebar pitanya.

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (4)$$

di mana:

BW : lebar pita (%)

f_2 : frekuensi atas (MHz)

f_1 : frekuensi bawah (MHz)

f_c : frekuensi tengah (MHz)

Hasil simulasi pengukuran lebar pita frekuensi dari antena J-Pole dapat dilihat pada Tabel VI. Dari tabel tersebut nampak bahwa antena J-Pole-T memiliki bandwidth yang tidak terlalu lebar. Dari ketiga antena yang disimulasikan, antena J-Pole-T1 memiliki bandwidth terlebar yaitu sebesar 3,93 MHz atau 2,64% dari frekuensi kerjanya pada pita VHF, dan 8,08 MHz atau 1,77% dari frekuensi kerja pada pita UHF.

3.4.2 Pengujian Lebar Pita Antena J-Pole-T

Parameter antena yang digunakan untuk menentukan lebar pita antena uji J-Pole-T sama seperti pada simulasinya yaitu berdasarkan nilai $VSWR < 1:1,5$. Batas atas adalah nilai tertinggi dari daerah frekuensi yang memiliki $VSWR < 1:1,5$, sedangkan batas bawah adalah nilai terendah dari daerah frekuensi yang memiliki $VSWR < 1:1,5$. Data yang digunakan pada pengujian lebar pita frekuensi ini berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 tentang hasil pengujian VSWR antena J-Pole-T. Kemudian hasil pengujian lebar pita antena J-Pole-T

dapat diketahui menggunakan persamaan (4), disajikan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil simulasi dan pengujian lebar pita

Antena	Lebar Pita			
	Pita VHF		Pita UHF	
	Simulasi	Pengujian	Simulasi	Pengujian
J-Pole-T1	3,93 MHz (2,64%)	6 MHz (4,03%)	8,08 MHz (1,77%)	18 MHz (3,99%)
J-Pole-T2	3,9 MHz (2,63%)	8 MHz (5,4%)	7,9 MHz (1,73%)	26 MHz (5,79%)
J-Pole-T3	3,89 MHz (2,62%)	8 MHz (5,33%)	7,9 MHz (1,74%)	16 MHz (3,53%)
RF-570	-	38 MHz (24,52%)	-	38 MHz (8,46%)

Dari tabel 6 terlihat bahwa berdasarkan hasil pengujian antenna J-Pole-T memiliki lebar pita yang lebih lebar dibandingkan dengan hasil simulasinya. Adanya perbedaan tersebut dapat disebabkan karena kurang akuratnya merealisasikan dimensi antenna J-Pole-T terhadap dimensi antenna pada simulasi, sehingga menimbulkan adanya nilai-nilai dimensi baru yang tidak tercakup dalam hasil trial and error simulasi sebelumnya, yang dapat menghasilkan lebar pita antenna yang lebih lebar dibandingkan simulasinya. Selain menggunakan antenna uji J-Pole-T, sebuah antenna monopole dualband merek BRC RF-570 juga digunakan sebagai antenna pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antenna pembanding memiliki bandwidth sebesar 38 MHz atau mencakup seluruh frekuensi uji pada pita VHF dan UHF. Hal tersebut dikarenakan nilai VSWR antenna pembanding yang juga berada di bawah 1:1,5 di semua frekuensi uji. Walaupun memiliki lebar pita yang lebih sempit, namun kinerja antenna J-Pole-T ini juga tidak lebih buruk dibandingkan antenna pembandingnya jika dilihat dari parameter antenna yang lain.

3.5 Gain

3.5.1 Simulasi Gain Antena J-Pole-T

Gain dari suatu antenna dideskripsikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum dari antenna yang akan diuji gain-nya terhadap intensitas radiasi maksimum suatu antenna referensi dengan masukan daya yang sama[1]. Berdasarkan proses simulasi, didapatkan nilai gain antenna J-Pole-T seperti tertera pada Tabel VI. Tabel tersebut menunjukkan bahwa gain antenna dari antenna J-Pole-T adalah relatif kecil terhadap antenna isotropis. Hal tersebut membuktikan salah satu teori tentang antenna J-Pole yaitu memiliki nilai gain yang tidak terlalu besar.

3.5.2 Pengujian Gain Antena J-Pole-T

Metode yang paling simpel dan mudah untuk menentukan gain suatu antenna adalah menggunakan metode perbandingan gain (Gain Comparison Method). Metode

tersebut membutuhkan sebuah antenna uji yang akan dicari nilai gain-nya, dan sebuah antenna referensi yang sudah diketahui nilai gainnya. Pada penelitian ini digunakan sebuah antenna dualband BRC RF-570 sebagai antenna referensi yang memiliki nilai gain 2,15 dBi pada pita VHF dan 3,8 dBi pada pita UHF. Kedua antenna tersebut kemudian diukur daya terimanya. Setelah didapatkan daya maksimal dari masing-masing antenna, gain dari antenna uji J-Pole-T dapat dihitung menggunakan Persamaan (5)[1].

$$G = G_{ref} + P_T - P_R \tag{5}$$

di mana:

G : gain antenna yang diuji (dBi)

G_{ref} : gain antenna referensi (dBi)

P_T : level daya terima maksimum dari antenna yang diuji (dBm)

P_R : level daya terima maksimum dari antenna referensi (dBm)

Menggunakan Persamaan (5), dapat dihitung gain dari antenna J-Pole-T dan kemudian dibandingkan dengan hasil simulasinya, seperti tertera pada **Tabel 7** berikut:

Tabel 7 . Hasil simulasi dan pengujian gain

Antena	Gain (dBi)			
	Simulasi		Pengujian	
	VHF	UHF	VHF	UHF
J-Pole-T1	3,543	5,559	6,17	6,53
J-Pole-T2	3,561	5,628	6,67	8,09
J-Pole-T3	3,586	5,648	5,58	7,46

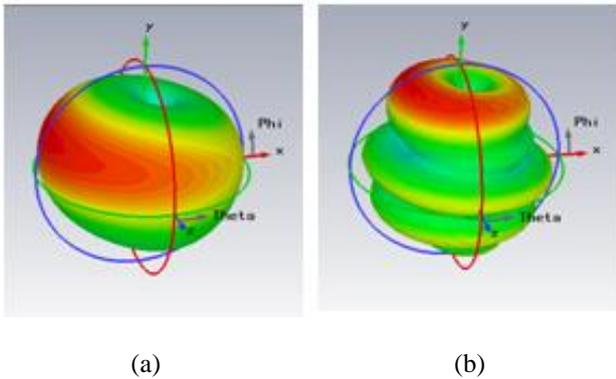
Tabel 7 menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengujian, antenna J-Pole-T memiliki gain yang relatif kecil, sesuai dengan teori tentang antenna J-Pole. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa nilai gain antenna J-Pole-T lebih besar daripada antenna referensinya yaitu BRC RF-570, yang menunjukkan bahwa kinerja antenna J-Pole-T lebih baik daripada antenna referensinya. Adapun perbedaan hasil simulasi dengan perhitungan disebabkan karena tidak idealnya kondisi ruang uji yang dapat mengakibatkan nilai level daya terima antenna uji maupun antenna referensi terlalu besar atau terlalu kecil.

3.6 Pola Radiasi

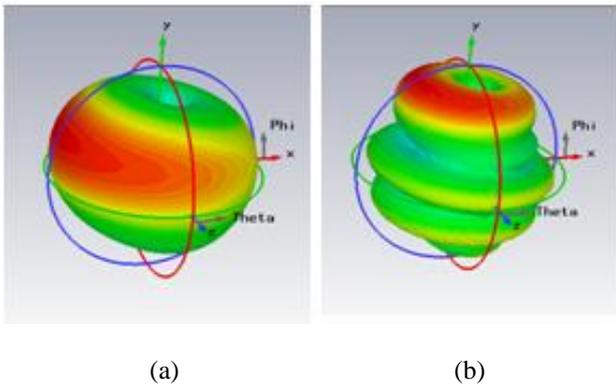
3.6.1 Simulasi Pola Radiasi Antena J-Pole-T

Pola radiasi dideskripsikan sebagai distribusi spasial kuat sinyal yang diterima oleh suatu antenna[11]. Pola radiasi yang disimulasikan pada penelitian ini adalah pola pada bidang elevasi $\varphi = 90^\circ$ ($\theta = 0^\circ - 360^\circ$) dan pada $\theta = 90^\circ$ ($\varphi = 0^\circ - 360^\circ$). Berdasarkan proses simulasi, didapatkan

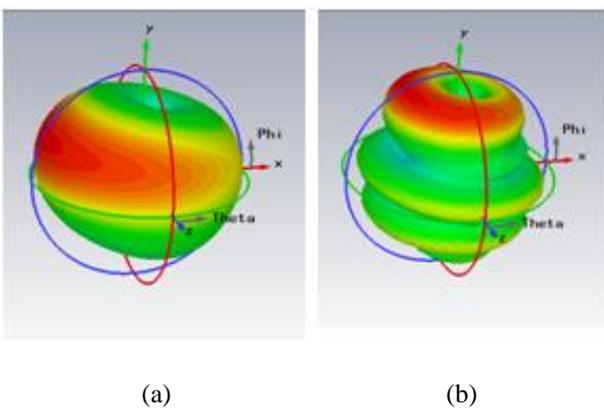
pola radiasi antenna J-Pole-T seperti terlihat pada **Gambar 11** sampai **Gambar 13**.



Gambar 11. Simulasi pola radiasi antenna J-Pole-T1 pada pita (a) VHF dan (b) UHF



Gambar 12. Simulasi pola radiasi antenna J-Pole-T2 pada pita (a) VHF dan (b) UHF



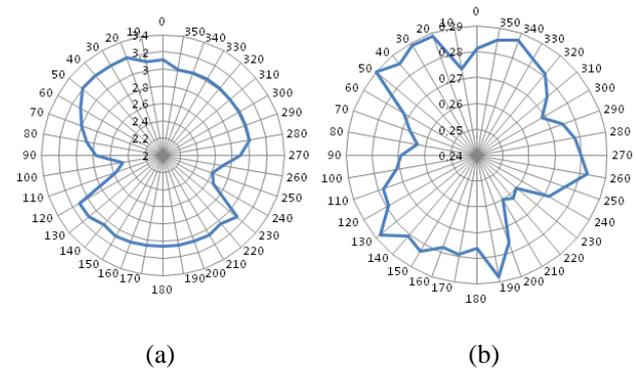
Gambar 13. Simulasi pola radiasi antenna J-Pole-T3 pada pita (a) VHF dan (b) UHF

Dari Gambar 11 sampai Gambar 13 di atas terlihat bahwa ketiga antenna J-Pole-T memiliki bentuk pola radiasi yang serupa pada kedua pita frekuensi VHF dan UHF. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna J-Pole-T beradiasi ke semua arah, namun level dayanya tidak sama pada tiap

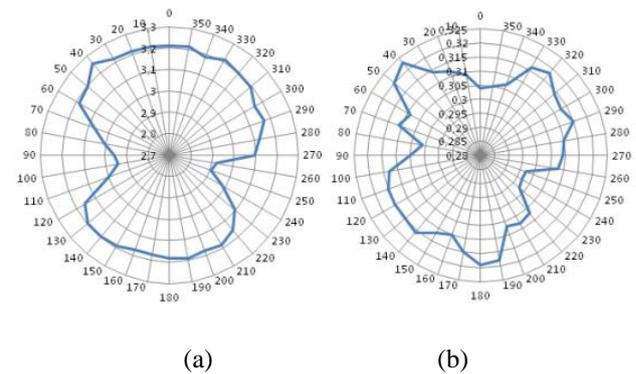
sudutnya. Hasil simulasi pola radiasi sudah sesuai dengan teori tentang antenna J-Pole yang mempunyai pola omnidirectional[3].

3.6.2 Pengujian Pola Radiasi Antena J-Pole-T

Alat ukur yang digunakan untuk pengujian pola radiasi ini adalah pembangkit sinyal *Hewlett Packard 8656B* sebagai pemancar, sebuah penganalisa modulasi *Hewlett Packard 8901A* sebagai penerima, antenna J-Pole-T sebagai antenna uji dan sebuah pola lingkaran dengan penanda sudut $0^{\circ} - 360^{\circ}$ dengan jeda tiap 10° . Antena J-Pole-T yang diuji difungsikan sebagai antenna penerima, sementara pada perangkat pemancar diatur frekuensi pancarnya pada level daya terima tertinggi yang dimiliki antenna pemancar pada pengujian daya terima sebelumnya. Hasil pengujian pola radiasi antenna J-Pole-T disajikan dalam **Gambar 14** sampai **Gambar 16**.



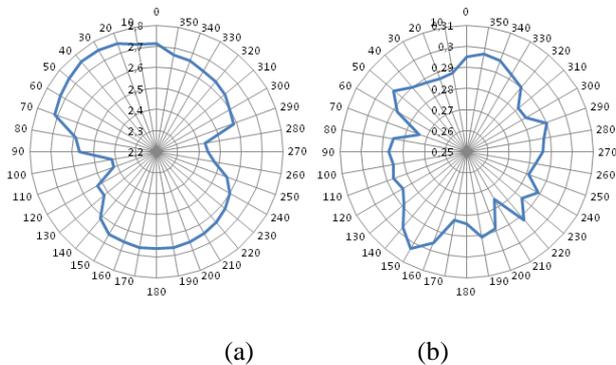
Gambar 14. Hasil pengujian pola radiasi antenna J-Pole-T1 pada pita (a) VHF dan (b) UHF



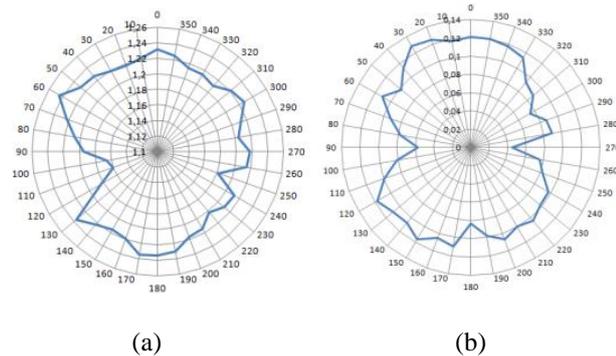
Gambar 15. Hasil pengujian pola radiasi antenna J-Pole-T2 pada pita (a) VHF dan (b) UHF

Dari Gambar 14 sampai 16 di atas, dapat diketahui bahwa hasil pengujian pola radiasi antenna J-Pole-T sudah mendekati pola radiasi berdasarkan hasil simulasinya, yaitu beradiasi ke segala arah pada bidang horizontal walaupun dengan level daya yang tidak sama pada tiap sudutnya. Hal tersebut sudah sesuai dengan teori tentang

antena J-Pole yang memiliki pola radiasi omnidirectional[3]. Selain menggunakan antenna uji J-Pole-T, sebuah antenna monopole dualband merek BRC RF-570 juga digunakan sebagai antenna pembanding. Hasil pengujian pola radiasi antenna pembanding dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 16. Hasil pengujian pola radiasi antenna J-Pole-T3 pada pita (a) VHF dan (b) UHF



Gambar 17. Pola radiasi antenna pembanding pada (a) pita VHF dan (b) pita UHF

Gambar 17 menunjukkan bahwa pola radiasi yang dipancarkan memiliki bentuk yang menyebar ke segala arah, yang menunjukkan bahwa antenna monopole BRC RF-570 juga memiliki pola radiasi omnidirectional, namun dengan nilai daya terima maksimal yang lebih kecil dibandingkan antenna uji J-Pole-T1, J-Pole-T2, dan J-Pole-T3. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja antenna J-Pole-T sudah setara dengan antenna radio komunikasi yang ada di pasaran.

Dari semua hasil pengujian ketiga antenna J-Pole-T di atas menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dari hasil simulasinya. Hal tersebut berarti pembuatan dan realisasi dimensi antenna J-Pole-T sudah mendekati perancangannya. Dari ketiga antenna J-Pole-T, kinerja yang paling baik dimiliki oleh antenna J-Pole-T2. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan panjang elemen pengkompensasi berbentuk “T” akan mempengaruhi nilai-nilai parameter antenna. Panjang optimal dari elemen

pengkompensasi ini adalah 10,5 cm, lebih atau kurang dari panjang tersebut akan membuat nilai-nilai parameter antenna turun. Setelah semua parameter antenna J-Pole-T disimulasikan dan diuji, dapat disimpulkan bahwa ketiga antenna tersebut dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan baik pada pita VHF dan UHF. Selanjutnya, diperlukan suatu pengujian secara kualitatif menggunakan radio transceiver untuk mengetahui kualitas antenna J-Pole-T berdasarkan jarak yang dapat dicakup saat melakukan pemancaran dan penerimaan. Radio transceiver yang digunakan dalam pengujian kualitatif ini adalah jenis handheld transceiver merek Firstcom FC-27. Hasil pengujian kualitatif ini menunjukkan bahwa jarak maksimum yang dapat dicakup oleh antenna J-Pole-T adalah 1470 meter pada pita VHF dan 930 meter pada pita UHF. Jarak tersebut dicapai tanpa menggunakan repeater maupun penguat daya pancar. Posisi antenna J-Pole-T yang digunakan sebagai antenna pemancar dan penerima adalah dalam keadaan tidak Line-of-Sight (LOS). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas antenna J-Pole-T dalam kondisi rata-ratanya. Jarak komunikasi yang dapat dicakup oleh antenna J-Pole-T ini lebih jauh apabila dibandingkan dengan menggunakan antenna pembanding monopole dualband BRC RF-570 yang hanya dapat mencakup sejauh 700 meter pada pita VHF dan 650 meter pada pita UHF. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja antenna J-Pole-T lebih baik daripada pembandingnya.

4. Kesimpulan

Antena J-Pole dengan variasi bentuk “T” adalah salah satu jenis antenna omnidirectional yang dapat digunakan untuk komunikasi dualband pada pita VHF dan UHF. Nilai return loss yang sangat rendah dan VSWR yang mendekati 1:1 menunjukkan bahwa antenna J-Pole-T ini memiliki kesesuaian impedansi yang bagus. Namun, antenna J-Pole-T ini juga memiliki kekurangan yaitu nilai gain-nya yang tidak terlalu besar terhadap antenna isotropis.

Perbedaan nilai parameter yang ada berdasarkan hasil simulasi dan pengujian terhadap antenna ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, di antaranya adalah kurang akuratnya dalam merealisasikan dimensi-dimensi antenna, baik itu dalam bidang gambar simulasi maupun saat merealisasikannya dalam bentuk prototip. Pengujian juga hendaknya dilakukan secara lebih teliti terutama saat mengukur jarak antar antenna.

Antena J-Pole-T ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu pengembangan terhadap antenna jenis ini sangatlah diperlukan. Pengembangan yang dimungkinkan adalah dalam hal variasi bentuk elemen pengkompensasi, jarak antar elemen, dan juga dimensi dari feedpoint antenna.

Referensi

- [1]. Balanis, Constantine A. Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2005
- [2]. Carr, Joseph J. Practical Antenna Handbook, 4th Edition. McGraw-Hill, Inc., 2001
- [3]. Fong, Edison. The DBJ-1: A VHF-UHF Dual-Band J-Pole. ARRL, 2003
- [4]. Griffith, Andrew S. A 146 and 445 MHz J-Pole Antenna. QST, 2000.
- [5]. Hall, Gerald L. The ARRL Antenna Book, 15th Edition. The American Radio Relay League, Inc., 1974.
- [6]. Kraus, John D. Antennas, 2nd Edition. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1988.
- [7]. Kubichek, Dale. The Simple 2m/440 Copper Pipe "J". 2008.
- [8]. Lesmana, Ridwan. Antena J-Pole untuk 70 cm Band atau 2 m Band. Jakarta, 2009.
- [9]. Onslow, David. Two-Way Radio Success: How to Choose Two-Way Radios and Other Wireless Communication Devices, 3rd Edition. IntercomsOnline.com, 2012.
- [10]. Reynante, Jim. An Easy Dualband VHF/UHF Antenna. San Diego, 1994.
- [11]. Sawyer, Jesse and Eugeny Sosnovsky, "Omnidirectional Horizontally Polarized UHF Antenna Design", Bachelor Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts, United States, Oktober. 2007.
- [12]. _____. Antenna Theory. <http://www.antenna-theory.com/definitions/vswr-calculator.php> diakses pada 18 September 2014.