

PERANCANGAN ANTENA DUAL CIRCULAR LOOP SEBAGAI PENERIMA SIARAN TELEVISI DIGITAL PADA RENTANG FREKUENSI UHF (ULTRA HIGH FREQUENCY)

Hanardi Satrio^{*)}, Imam Santoso, and Teguh Prakoso

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

^{*)}Email : agansatrio@gmail.com

Abstrak

Antena dual circular loop merupakan pengembangan dari antena loop lingkaran dengan tambahan beberapa elemen. Antena loop memiliki beberapa keunggulan yaitu berbentuk sederhana, mudah untuk dibuat, berpita lebar, gain yang relatif tinggi, memiliki polarisasi dan Front-to-Back Ratio (FBR) yang rendah. Parameter penting antena yang perlu diperhatikan seperti Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), frekuensi resonansi, frekuensi operasi, return loss, lebar pita, gain dan pola radiasi. Pada penelitian ini dilakukan perancangan antena dual circular loop dengan frekuensi resonansi 620,8 MHz. Fabrikasi antena berjari-jari 7,5 cm menggunakan aluminium pejal dengan ketebalan 10 mm. Berdasarkan optimasi pada CST Studio Suite 2011, pemilihan celah feed point 2 cm, panjang feed point 5 cm, ukuran reflektor 15 cm x 30 cm, dan jarak antena dengan reflektor 27 cm. Hasil pengujian antena dual circular loop didapatkan nilai VSWR sebesar 1,02 lebih baik dari antena pembanding PF Indoor HD 14 yang menghasilkan nilai VSWR 1,28. Pengolahan data uji didapatkan frekuensi resonansi 530 MHz dan 610 MHz, frekuensi operasi 480 MHz – 710 MHz, lebar pita 230 MHz, gain 7,05 dB, dan pola radiasi directional. Hasil pengujian sebagai penerima siaran televisi digital, kinerja antena dual circular loop lebih baik daripada antena pembanding PF Indoor HD 14 dan PF200 Indoor.

Kata kunci : antena, dual circular loop, VSWR, lebar pita, pola radiasi, TV digital

Abstract

Dual circular loop antenna is the development of an antenna loop with additional some elements. Loop antenna has some advantages including a simple shape, easy to be fabricated, wideband, gain is relatively high, has a polarization and Front-to-Back Ratio (FBR) is low. An important parameters to consider such as antenna Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), resonant frequency, operating frequency, return loss, bandwidth, gain and radiation patterns. In this research, design of the dual circular loop antenna with a resonant frequency of 620.8 MHz. Fabricated antenna of radius 7.5 cm using solid aluminium with a thickness of 10 mm. Based optimization in CST Studio Suite 2011, the selection of gap feed point 2 cm, 5 cm length of feed point, the size of reflector 15 cm x 30 cm, and the distance from antenna to reflector 27 cm. Test results of dual circular loop antenna obtained VSWR value 1.02 is better than the comparison antenna PF Indoor HD 14 which produce VSWR 1,28. Processing data test obtained resonance frequency 530 MHz and 610 MHz, operating frequency 480 MHz until 710 MHz, 230 MHz bandwidth, gain 7.05 dB, and directional radiation pattern. Test results as a digital television receiver, performance of dual circular loop antenna has better than the comparison antenna PF Indoor HD 14 and PF200 Indoor.

Keyword : antenna, dual circular loop, VSWR, bandwidth, radiation pattern, digital television

1. Pendahuluan

Antena *dual circular loop* merupakan salah satu jenis dari antena *loop*. Antena *loop* memiliki beberapa keunggulan diantaranya berbentuk sederhana, *wideband* dan mudah untuk dibuat. Selain itu antena *loop* juga memiliki *bandwidth* yang lebar, *gain* yang tinggi dan memiliki polarisasi serta *front-to-back ratio* (FBR) yang rendah. Untuk mendapatkan keuntungan-keuntungan tersebut, perlu memperhatikan beberapa parameter yang ada pada

antena *loop* seperti pola radiasi, *voltage standing wave ratio* (VSWR), bandwidth, return loss dan *front-to-back ratio* (FBR). Frekuensi, *gain* serta cakupan antena juga merupakan parameter yang penting untuk antena *loop*. Namun hal yang paling berpengaruh bagi performa antena *loop* adalah bentuk, ukuran antena dan strukturnya [1]–[4]. Sebelumnya telah ada penelitian antena yang diaplikasikan pada siaran televisi digital seperti antena mikrostrip bentuk trisula sebagai aplikasi penerima TV digital dengan frekuensi kerja 711,25 MHz [5].

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dibuat antenna *loop* kawat yaitu antenna *dual circular loop indoor* yang diaplikasikan sebagai penerima sinyal televisi digital dengan rentang frekuensi *Ultra High Frequency* (UHF) berbahan dasar aluminium. Adapun rancangan antenna *dual circular loop* akan memperhatikan beberapa parameter seperti *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *Return Loss*, dan pola radiasi. Perancangan ini akan disimulasikan dengan perangkat lunak CST Microwave Studio.

2. Metode

2.1. Dasar Perancangan Antena

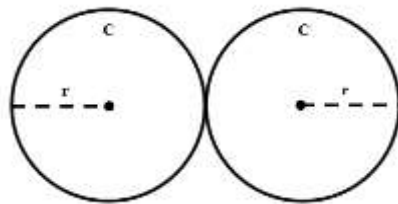
Antena *loop* secara umum dapat dibuat berdasarkan rumus keliling bentuk yang akan dibuat [4]. Berikut adalah rumus untuk antenna *dual circular loop*:

$$C \sim \lambda \quad (1)$$

$$\pi D \sim \lambda \quad (2)$$

$$2\pi r \sim \lambda \quad (3)$$

Dengan λ adalah panjang gelombang (*lambda*), C adalah keliling bangun ruang, D adalah diameter pada lingkaran, dan r adalah jari-jari pada lingkaran.



Gambar 1. Jari-jari pada antenna *dual circular loop*

Rumus (1) sampai (3) sudah sesuai dengan teori antenna *loop* dimana besar keliling sebuah bangun ruang harus mendekati atau sama besar dengan nilai panjang gelombang. Terdapat beberapa elemen tambahan pada perancangan antenna *dual circular loop* agar bisa mendapatkan nilai parameter yang sesuai dengan kriteria. Terdapat tambahan beberapa elemen yang diharapkan mampu meningkatkan kinerja antenna.

2.2. Simulasi dengan Software CST Studio Suite 2011

2.2.1. Perencanaan Bahan Konduktor

Sebelum merancang antenna *dual circular loop*, perlu ditentukan terlebih dahulu jenis logam konduktor yang akan digunakan. Logam konduktor yang digunakan adalah aluminium (Al) karena nilai-nilai parameter antenna yang dihasilkan pada hasil simulasi sama dengan bahan PEC (*Perfect Electric Conductor*), serta harganya yang murah dan mudah didapatkan. Logam konduktor yang digunakan dalam perancangan ini adalah dalam bentuk kawat aluminium berdiameter 10 mm untuk antenna dan plat aluminium tebal 2 mm untuk reflektor. Logam

tersebut terbukti cukup kokoh dan tidak mudah berubah bentuk apabila tertiuip angin atau jatuh pada saat pemakaian.

2.2.2. Perencanaan Pita Frekuensi Antena

Sebelum merencanakan pita frekuensi suatu antenna, harus ditentukan terlebih dahulu seperti apa antenna tersebut akan diimplementasikan. Dalam penelitian ini, antenna *dual circular loop* akan diimplementasikan untuk penerima siaran televisi digital UHF. Antenna *dual circular loop* ini dirancang pada frekuensi resonansi 620,8 MHz untuk UHF. Pemilihan frekuensi tersebut dikarenakan frekuensi 620,8 MHz merupakan daerah frekuensi operasi TV digital di Semarang.

2.2.3. Perancangan Dimensi Antena

Dimensi antenna yang akan dibuat mengacu pada desain frekuensi resonansi yang telah ditentukan yaitu 620,8 MHz. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, perancangan antenna *dual circular loop* didasarkan pada rumus antenna *loop* dimana keliling bentuk antenna (C) memiliki nilai yang mendekati nilai λ [4]. Frekuensi resonansi antenna *dual circular loop* dirancang pada kisaran frekuensi televisi digital UHF yaitu 620,8 MHz. Setelah dihitung menggunakan rumus $\lambda = c/f$, maka didapatkan nilai λ sebagai berikut.

$$\lambda = c/f$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{620,8 \cdot 10^6 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 0,48 \text{ meter atau } 48 \text{ cm}$$

Setelah mengetahui nilai λ , langkah selanjutnya adalah menghitung jari-jari pada setiap lingkaran yang akan digunakan untuk membuat antenna *dual circular loop* dengan menggunakan rumus keliling lingkaran sebagai berikut [4].

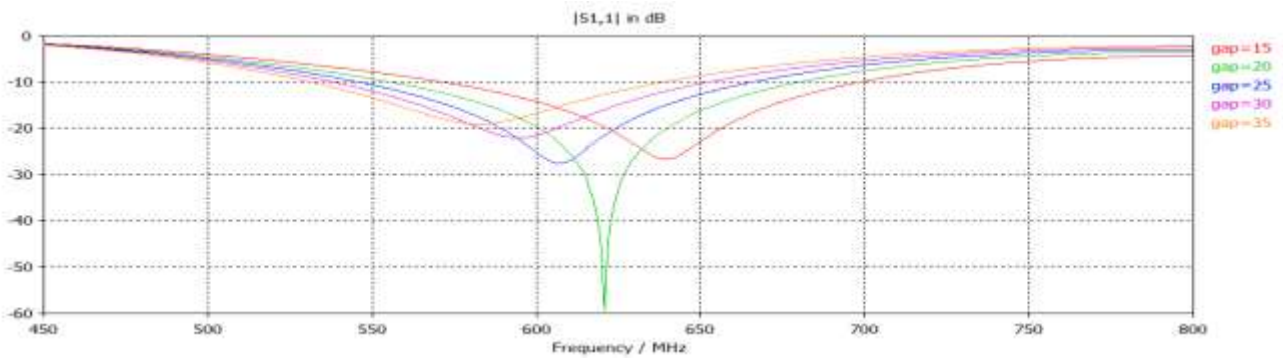
$$r = \lambda/2\pi$$

$$r = 48 \text{ cm}/2\pi$$

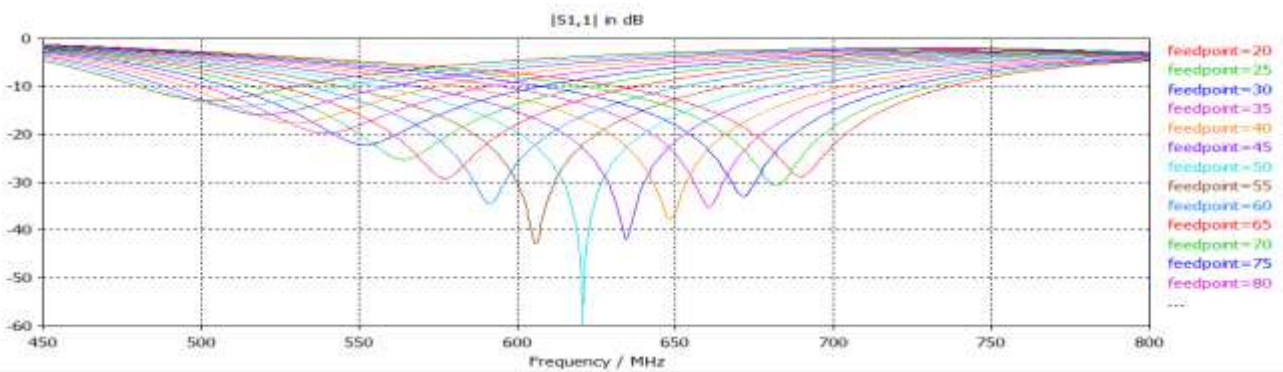
$$r = 7,5 \text{ cm}$$

Berdasarkan perhitungan λ dan keliling lingkaran, didapatkan jari-jari antenna *dual circular loop* untuk setiap lingkaran pada frekuensi UHF adalah 7,5 cm. Selain itu, melalui pengaturan *gap*, panjang *feed point*, ukuran reflektor, dan jarak reflektor pada antenna *dual circular loop* maka akan didapatkan kinerja antenna yang optimal pada frekuensi UHF 620,8 MHz.

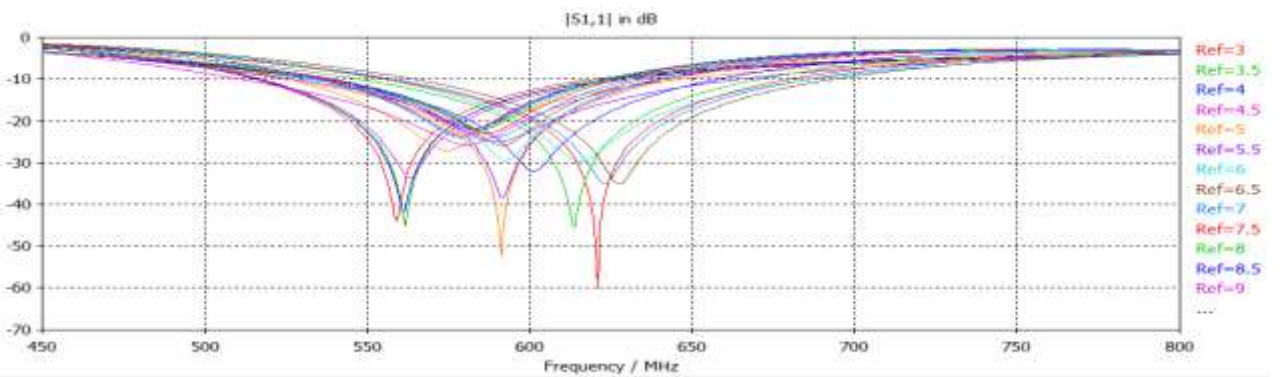
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat parameter *sweep* untuk variasi *gap feed point*. Parameter *sweep gap feed point* dimulai dari 15 mm sampai dengan 35 mm. Nilai *gap feed point* yang optimal adalah sebesar 20 mm atau 2 cm dikarenakan nilai $|S_{11}|$ pada *gap* tersebut merupakan nilai $|S_{11}|$ terendah dan memiliki lebar pita yang cukup lebar dibandingkan *gap feed point* yang lainnya.



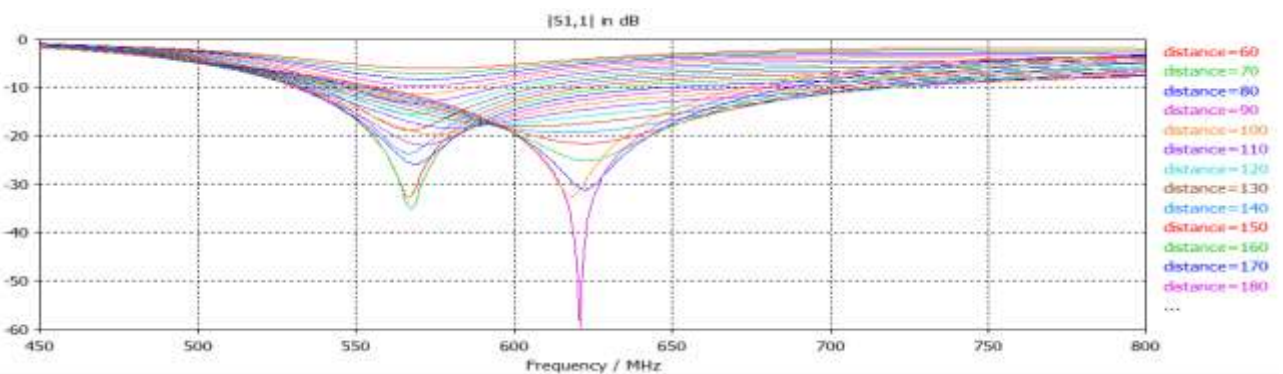
Gambar 2. Grafik parameter sweep gap feed point



Gambar 3. Grafik parameter sweep panjang feed point



Gambar 4. Grafik parameter sweep ukuran reflektor



Gambar 5. Grafik parameter sweep jarak antenna dengan reflektor

Pada Gambar 3 dapat dilihat variasi parameter *sweep* untuk variasi panjang *feed point*. Parameter *sweep* panjang *feed point* dimulai dari 20 mm sampai dengan 100 mm. Diperoleh untuk panjang *feed point* yang optimal adalah sebesar 50 mm atau 5 cm dikarenakan nilai $|S_{11}|$ yang dihasilkan terendah dan berpita lebar.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat variasi parameter *sweep* untuk ukuran reflektor dengan skala 2 : 4. Ukuran reflektor yang optimal adalah sebesar 7,5 cm. Dikarenakan skala 2 : 4 maka ukuran reflektor adalah 15 cm x 30 cm. Pemilihan nilai 7,5 cm berdasarkan nilai $|S_{11}|$ pada ukuran reflektor tersebut memiliki nilai terendah dan berpita lebar.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat parameter *sweep* untuk variasi jarak antara antena dengan reflektor. Parameter *sweep* jarak dimulai dari 60 mm sampai dengan 280 mm. Nilai jarak antena dengan reflektor yang optimal adalah sebesar 270 mm atau 27 cm dikarenakan nilai $|S_{11}|$ yang dihasilkan terendah dan berpita lebar.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan sebuah antena *dual circular loop* dengan spesifikasi yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi antena *dual circular loop*

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Jari-jari setiap lingkaran	7,5 cm
2	Gap <i>feed point</i>	2 cm
3	Panjang <i>feed point</i>	5 cm
4	Ukuran reflektor	15 cm x 30 cm
5	Jarak reflektor terhadap antena	27 cm

2.2.4. Fabrikasi Antena

Fabrikasi dari antena *dual circular loop* lengkap dengan penyangganya dapat dilihat pada Gambar 6.



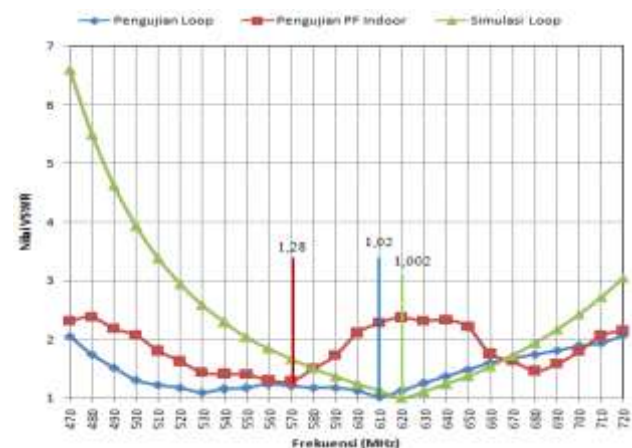
Gambar 6. Fabrikasi antena *dual circular loop* lengkap dengan penyangganya

3. Hasil dan Analisis

Parameter kinerja antena yang diujikan yaitu VSWR dan daya penerimaan antena. Dari kedua pengujian tersebut data dapat diolah untuk mendapatkan nilai $|S_{11}|$, frekuensi resonansi, frekuensi operasi, lebar pita, *gain*, pola radiasi, dan polarisasi antena. Hasil pengujian selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil simulasi CST *Studio Suite* 2011 dan antena pembanding.

3.1. Hasil Pengujian VSWR

Nilai VSWR simulasi antena *dual circular loop* didapatkan dari CST *Studio Suite* 2011, sedangkan nilai VSWR fabrikasi antena *dual circular loop* dan antena pembanding didapat dari hasil pengujian di laboratorium menggunakan alat ukur SWR meter SX Diamond 1000. Gambar 7 merupakan grafik hasil pengujian dan simulasi VSWR antena *dual circular loop* dibandingkan dengan hasil pengujian antena pembanding PF *Indoor* HD 14.



Gambar 7. Perbandingan nilai VSWR

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa nilai VSWR yang dihasilkan oleh antena *dual circular loop* menunjukkan bahwa sudah sesuai dengan tujuan perancangan antena dalam penelitian ini yaitu dapat digunakan dengan baik pada pita UHF untuk aplikasi televisi digital. Pada hasil simulasi dengan menggunakan CST *Studio Suite* 2011 dapat dilihat bahwa nilai VSWR terendah adalah 1,002 pada frekuensi 620,8 MHz. Sedangkan pada hasil pengujian nilai VSWR terendah adalah 1,02 pada frekuensi 610 MHz. Dan pada antena pembanding PF *Indoor* HD 14 nilai VSWR terendah adalah 1,28 pada frekuensi 570 MHz.

Berdasarkan hasil pengujian VSWR tersebut, terlihat bahwa antena *dual circular loop* dan antena pembanding PF *Indoor* HD 14 memiliki nilai VSWR yang mendekati nilai ideal VSWR yaitu 1:1 dan dapat diartikan bahwa kinerja kedua antena sama baiknya untuk digunakan

dalam penerimaan sinyal televisi digital pada rentang frekuensi UHF.

Setelah nilai VSWR diketahui langkah selanjutnya adalah mencari nilai $|S_{11}|$ dengan cara mencari terlebih dahulu koefisien refleksinya. Koefisien refleksi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4). Setelah didapatkan nilai koefisien refleksi, maka nilai $|S_{11}|$ dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5).

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (4)$$

$$|S_{11}| = 20 \log |\Gamma| \quad (5)$$

Langkah pertama dalam mencari nilai $|S_{11}|$ adalah menghitung nilai koefisien refleksinya. Berikut ini adalah contoh perhitungan koefisien refleksi pada antenna *dual circular loop*.

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$|\Gamma| = \frac{1,02 - 1}{1,02 + 1}$$

$$|\Gamma| = 0,0099$$

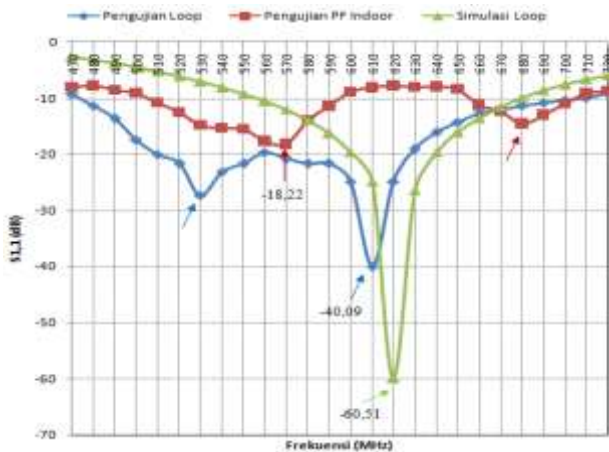
Setelah koefisien refleksinya diketahui, nilai $|S_{11}|$ dapat ditentukan dalam bentuk logaritmik menggunakan persamaan (4.2). Berikut adalah contoh perhitungan $|S_{11}|$ pada antenna *dual circular loop*.

$$|S_{11}| = 20 \log |\Gamma|$$

$$|S_{11}| = 20 \log |0,0099|$$

$$|S_{11}| = -40,09 \text{ dB}$$

Berdasarkan persamaan (4) dan persamaan (5), didapatkan nilai $|S_{11}|$ dari hasil pengujian antenna *dual circular loop* dan antenna pembanding yang ditampilkan dalam grafik seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan nilai $|S_{11}|$ untuk frekuensi resonansi

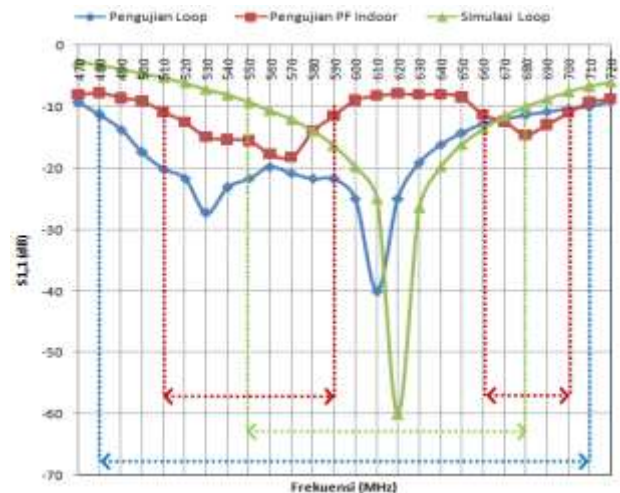
Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa antenna *dual circular loop* dan antenna pembanding PF Indoor HD 14 memiliki nilai $|S_{11}|$ di bawah -10 dB pada pita frekuensi UHF. Hal tersebut menunjukkan bahwa daya yang

diterima oleh antenna sebagian besar diradiasikan dan hanya sejumlah kecil daya yang dipantulkan kembali. Dari hasil pengujian dan perhitungan juga terlihat bahwa antenna *dual circular loop* memiliki nilai $|S_{11}|$ terendah yaitu -40,09 dB pada frekuensi 610 MHz. Sedangkan pada antenna pembanding PF Indoor HD 14 nilai $|S_{11}|$ terendah yaitu -18,22 dB pada frekuensi 570 MHz. Dan untuk hasil simulasi CST Studio Suite 2011 antenna *dual circular loop* memiliki nilai $|S_{11}|$ terendah yaitu -60,51 dB pada frekuensi 620,8 MHz.

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui frekuensi resonansi hasil pengujian antenna *dual circular loop* berada pada frekuensi 530 MHz dan 610 MHz. Sedangkan frekuensi resonansi dari hasil pengujian antenna pembanding PF Indoor HD 14 berada pada frekuensi 570 MHz dan 680 MHz. Hasil dari pengujian antenna *dual circular loop* berbeda dengan hasil simulasi karena frekuensi resonansi dari hasil simulasi berada pada frekuensi 620,8 MHz.

Diketahui setelah dilakukan pengujian ternyata frekuensi resonansi antenna *dual circular loop* tersebut bergeser sebesar -10 MHz dan -90 MHz. Bergesernya frekuensi resonansi antenna *dual circular loop* ini disebabkan oleh kurang akuratnya dalam merealisasikan ukuran bentuk dua lingkaran, dan juga adanya pengaruh interferensi dari sinyal lain.

Gambar 9 merupakan grafik hasil pengujian dan simulasi $|S_{11}|$ antenna *dual circular loop* dibandingkan dengan hasil pengujian antenna pembanding PF Indoor HD 14 untuk mengetahui frekuensi operasi dan lebar pita antenna *dual circular loop* dan pembanding PF Indoor HD 14.



Gambar 9. Perbandingan nilai $|S_{11}|$ untuk frekuensi operasi dan lebar pita

Pada simulasi dan hasil pengujian, nilai frekuensi operasi dan lebar pita ditentukan pada rentang frekuensi yang memiliki nilai $VSWR \leq 1,92$ atau $|S_{11}| \leq -10$ dB. Frekuensi

operasi antenna *dual circular loop* berdasarkan hasil pengujian adalah 480 MHz sampai 710 MHz. Sehingga lebar pita antenna *dual circular loop* hasil pengujian adalah sebesar 230 MHz. Sedangkan Frekuensi operasi antenna pembanding PF *Indoor HD 14* berdasarkan hasil pengujian adalah 510 MHz sampai 590 MHz dan 660 MHz sampai 700 MHz. Sehingga lebar pita antenna pembanding PF *Indoor HD 14* hasil pengujian adalah sebesar 120 MHz.

Hasil simulasi antenna *dual circular loop* memiliki nilai frekuensi operasi 550 MHz sampai 680 MHz. Sehingga lebar pita antenna *dual circular loop* menurut hasil simulasi adalah sebesar 130 MHz. Adanya perbedaan frekuensi operasi dan lebar pita antenna *dual circular loop* antara hasil simulasi dan hasil pengujian disebabkan oleh kurang akuratnya merealisasikan dimensi antenna *dual circular loop* terhadap dimensi antenna pada simulasi, sehingga menimbulkan adanya nilai-nilai dimensi baru yang tidak tercakup dalam hasil parameter *sweep* sebelumnya, yang dapat menghasilkan lebar pita frekuensi antenna yang lebih lebar dibandingkan simulasinya.

3.2. Hasil Pengujian Daya Penerimaan

Dari hasil pengujian daya penerimaan dapat diketahui nilai *gain*, dan pola radiasi. Pengujian data penerimaan di laboratorium menggunakan alat pembangkit sinyal Hewlett Packard 8656B yang merupakan perangkat pemancar (antena referensi) dan penganalisa modulasi Hewlett Packard 8901A yang merupakan perangkat penerima sinyal (antena uji).

Gain dari suatu antenna merupakan perbandingan antara intensitas radiasi maksimum dari suatu antenna dengan intensitas radiasi maksimum dari suatu antenna referensi dengan daya masuk yang sama. Nilai *gain* hasil simulasi antenna *dual circular loop* dengan menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite 2011* adalah sebesar 5,94 dB.

Dalam penelitian ini digunakan antenna *folded* dipol sebagai antenna referensi dengan *gain* yang tertera pada pita UHF sebesar 3,75 dB. Perhitungan *gain* antenna *dual circular loop* adalah sebagai berikut [6]:

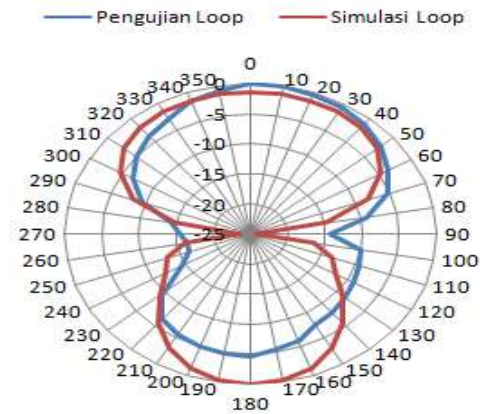
$$G \text{ (dBi)} = G_{\text{ref}} \text{ (dBi)} + P_U \text{ (dBm)} - P_R \text{ (dBm)}$$

$$P_U = 10 \log (2,708 \text{ mW}) = 4,33 \text{ dBm}$$

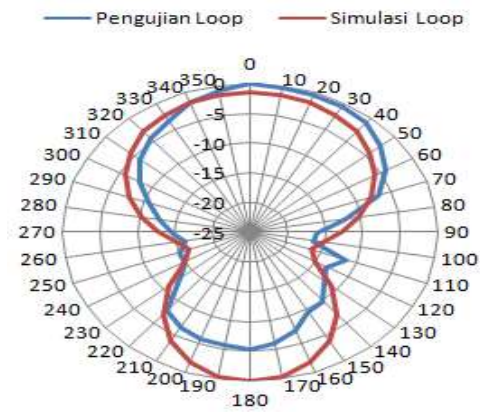
$$P_R = 10 \log (1,267 \text{ mW}) = 1,03 \text{ dBm}$$

$$G = 3,75 + 4,33 - 1,03 = 7,05 \text{ dB}$$

Simulasi pola radiasi yang digunakan pada penelitian ini adalah pola radiasi pada bidang azimuth $\phi = 0^\circ$ ($\theta = 0^\circ$ sampai dengan 360°) dan pada bidang elevasi $\phi = 90^\circ$ ($\theta = 0^\circ$ sampai dengan 360°).



Gambar 10. Hasil pengujian pola radiasi azimuth antenna *dual circular loop*



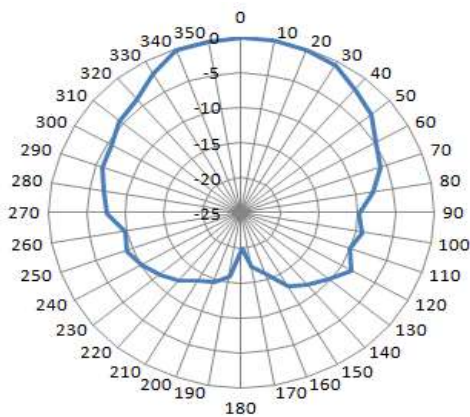
Gambar 11. Hasil pengujian pola radiasi elevasi antenna *dual circular loop*

Pengujian dan analisis pola radiasi ini bertujuan untuk mengetahui pola pancaran dari antenna *dual circular loop*. Dengan mengetahui pola radiasi dapat ditentukan jenis antenna berdasarkan pola radiasinya yaitu *directional* (memiliki arah) atau *omnidirectional* (memancar ke segala arah).

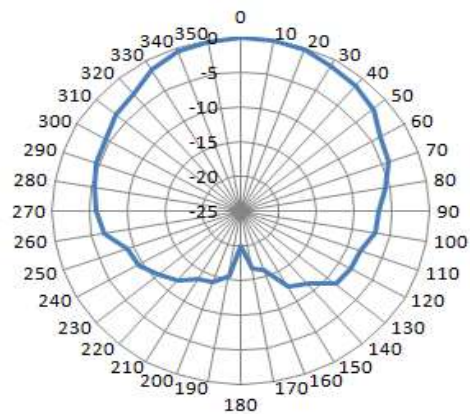
Dari pengujian pola radiasi pada Gambar 10 dan 11 antenna *dual circular loop* pada pita frekuensi UHF diperoleh bentuk pola radiasi dengan radiasi sinyal yang kuat pada bagian tertentu dan lebih lemah di bagian tertentu. Hal tersebut membuktikan bahwa antenna *dual circular loop* tersebut merupakan antenna *directional* (mempunyai arah). Pada semua antenna *directional* memiliki pola radiasi yang relatif terarah pada arah tertentu, oleh karena itu untuk menganalisa pola radiasi tersebut dilakukan pengamatan pola radiasi di sisi horizontal (azimuth) dan vertikal (elevasi) antenna *dual circular loop*.

Hasil pola radiasi antenna *dual circular loop* yang teruji hampir sama dengan simulasi yang dilakukan sebelumnya, walaupun bentuk pola radiasi saat pengujian tampak kasar. Hal tersebut disebabkan pengujian dilakukan secara manual dan pendataan hasil pengukuran dilakukan setiap kelipatan 10^0 .

Pengujian berikutnya dilakukan pada antenna pembanding.. Gambar 12 dan 13 merupakan tampilan pola radiasi dari antenna pembanding PF Indoor HD 14.



Gambar 12. Hasil pengujian pola radiasi azimuth antenna pembanding PF Indoor HD 14



Gambar 13. Hasil pengujian pola radiasi elevasi antenna pembanding PF Indoor HD 14

Gambar 12 dan 13 menunjukkan bahwa pola radiasi yang dipancarkan memiliki bentuk menyerupai lingkaran pada sudut tertentu, yang menunjukkan bahwa antenna televisi PF Indoor HD.14 memiliki pola radiasi berbentuk *directional*, yaitu memancar ke salah satu arah pada sudut tertentu. Dari hasil pengujian pola radiasi antara antenna *dual circular loop* dengan antenna PF Indoor HD.14, dapat disimpulkan bahwa antenna *dual circular loop* memiliki daya penerimaan yang lebih baik.

3.3. Analisis Hasil Pengujian Antena

Hasil dari pengujian akan dianalisis dan dibandingkan dengan spesifikasi antenna televisi dan antenna *dual circular loop* yang baik.

Tabel 2. Perbandingan spesifikasi antenna uji hasil simulasi, fabrikasi, dan antenna pembanding

Parameter	Antena Dual Circular Loop		Antena Pembanding
	Simulasi	Fabrikasi	
VSWR	1,002	1,02	1,28
$ S_{11} $ (dB)	-60,51	-40,09	-18,22
Fres (MHz)	620,8	530 & 610	570 & 680
Fop (MHz)	550-680	480-710	510-590 & 660-700
BW (MHz)	130	230	120
Gain (dB)	5,94	7,05	4,55
Pola radiasi	<i>Directional</i>		

Ket : Fres = frekuensi resonansi; Fop = frekuensi operasi; BW = lebar pita

Dari Tabel 2 dapat dilihat dari semua parameter antenna *dual circular loop* hasil fabrikasi memiliki hasil yang paling baik dibandingkan dengan antenna *dual circular loop* hasil simulasi dan antenna pembanding PF Indoor HD14. Perbedaan antara hasil simulasi dan fabrikasi diakibatkan oleh proses fabrikasi antenna karena terdapat beberapa parameter sensitif dimensi antenna, berbeda 5 mm saja dapat mengalami perubahan kinerja. Selain itu laboratorium yang digunakan sebagai tempat pengujian tidak bebas gema sehingga masih ada sinyal lain yang ada di sekitar medan pengujian yang dapat mengganggu proses pengujian dapat data hasil pengujian menjadi kurang ideal. Hasil pengujian antenna fabrikasi yang lebih baik daripada hasil simulasi disebabkan adanya penambahan komponen *balun* pada antenna hasil fabrikasi yang dapat meningkatkan kinerja antenna *dual circular loop*.

Tabel 3. Perbandingan spesifikasi antenna *dual circular loop* dengan spesifikasi minimum antenna

Parameter	Nilai Minimum Parameter	Antena Dual circular loop
VSWR	$\leq 1,92$	1,02
Return loss (dB)	≤ -10	-40,09
Frekuensi operasi (MHz)	530-658	480-710
Lebar pita (MHz)	128	230

Tabel 4. Penerimaan siaran TV digital

Siaran TV Digital	Kekuatan Sinyal (%)			Kualitas Sinyal (%)		
	Loop	PF HD 14	PF200	Loop	PF HD 14	PF200
TVRI Nasional	82	66	74	90	77	81
TVRI Jateng	82	74	79	86	81	86
TVRI Budaya	79	74	74	86	81	81
TVRI Olahraga	87	74	74	95	77	81
Metro TV HD	41	33	24	45	36	27

Spesifikasi antena *dual circular loop* yang telah difabrikasi juga akan dibandingkan dengan spesifikasi minimum sebuah antena penerima siaran televisi dan spesifikasi minimum yang harus dicapai oleh sebuah antena *dual circular loop*. Perbandingan spesifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Antena yang difabrikasi telah memenuhi spesifikasi sebuah antena televisi dan antena *dual circular loop*. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan adalah lebar pita. Syarat lebar pita minimal agar dapat memenuhi spesifikasi antena adalah 128 MHz sedangkan lebar pita antena *dual circular loop* hasil fabrikasi memiliki lebar pita 230 MHz sehingga telah memenuhi nilai minimum lebar pita. Pada parameter frekuensi operasi, antena hasil fabrikasi sudah mencakup semua rentang frekuensi yang ada pada frekuensi operasi siaran televisi digital di Kota Semarang. Sehingga antena *dual circular loop* akan menghasilkan kinerja yang baik karena di wilayah Kota Semarang hanya ada dua frekuensi siaran televisi digital yaitu pada frekuensi 530 MHz dan 610 MHz.

3.4. Pengujian Pada Televisi Digital

Pengujian pada siaran televisi digital UHF dilakukan di wilayah Mulawarman, Tembalang, Kota Semarang. Kanal saluran televisi digital yang dapat diterima di wilayah tersebut adalah kanal 28 (frekuensi 530 MHz) dan kanal 38 (frekuensi 610 MHz). Dua kanal tersebut berisi lima siaran televisi digital yaitu siaran TVRI Nasional, TVRI Jateng, TVRI Budaya, TVRI Olahraga dan Metro TV HD. Hasil pengujian siaran televisi digital TVRI Nasional ditampilkan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat disimpulkan antena uji memiliki hasil yang lebih baik dari antena pembanding secara kuantitas nilai kekuatan sinyal dan kualitas sinyal, namun dari segi kualitas gambar siarannya sama karena sifat TV digital yang selalu menghasilkan gambar yang jernih.

4. Kesimpulan

Antena *dual circular loop* merupakan antena *directional* yang memiliki nilai VSWR yang mendekati ideal yaitu 1,02, nilai $|S_{11}|$ yang sangat rendah sebesar -40,09 dB, frekuensi operasi 480 MHz – 710 MHz, dan *gain* 7,05 dB.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dapat disimpulkan bahwa antena *dual circular loop* memiliki kesesuaian impedansi yang baik. Pada penelitian ini, hasil perancangan antena *dual circular loop* terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan antena pembanding PF Indoor HD 14 dan PF200 Indoor setelah diuji sebagai penerima siaran televisi digital di Kota Semarang.

Adanya perbedaan antara hasil simulasi dan pengujian dalam perancangan antena ini dapat disebabkan karena kurang akuratnya dalam memodelkan dimensi-dimensi antena karena karakteristik dimensi antena *dual circular loop* yang sangat sensitif dapat dilihat pada *parameter sweep* di perangkat lunak CST Studio Suite 2011 dan dalam menentukan jarak ukur saat pengujian antena di laboratorium.

Antena *dual circular loop* ini masih dapat dikembangkan untuk penelitian mendatang dengan variasi material antena selain aluminium dan juga variasi bentuk antena *loop*. Selain itu pengujian antena sebaiknya dilakukan di ruangan khusus *anechoic chamber* agar data yang dihasilkan pada saat pengujian dapat mendekati hasil simulasi.

Referensi

- [1] Carr, Joseph J. *Practical Antenna Handbook 4th Edition*. McGraw-Hill. International. 2001.
- [2] Hall, Gerald L. *The ARRL Antenna Book*. The American Radio Relay League, Inc. Newington. Connecticut. 1980.
- [3] Kraus, John Daniel. *Antennas*. New York: McGraw-Hill International. 1988.
- [4] Balanis, Constantine A. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc. 2005.
- [5] Al Rizqy, M. Hidayat. Penelitian: Simulasi dan Implementasi Antena Mikrostrip Bentuk Trisula Sebagai Aplikasi Penerima TV Digital. Semarang. 2013.
- [6] Alaydrus, Mudrik. *Antena Prinsip & Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2011.